

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Montedinove ai sensi
dell'ordinanza del Commissario Straordinario n°24 registrata
il 15 maggio 2017 al n°1065

MICROZONAZIONE SISMICA

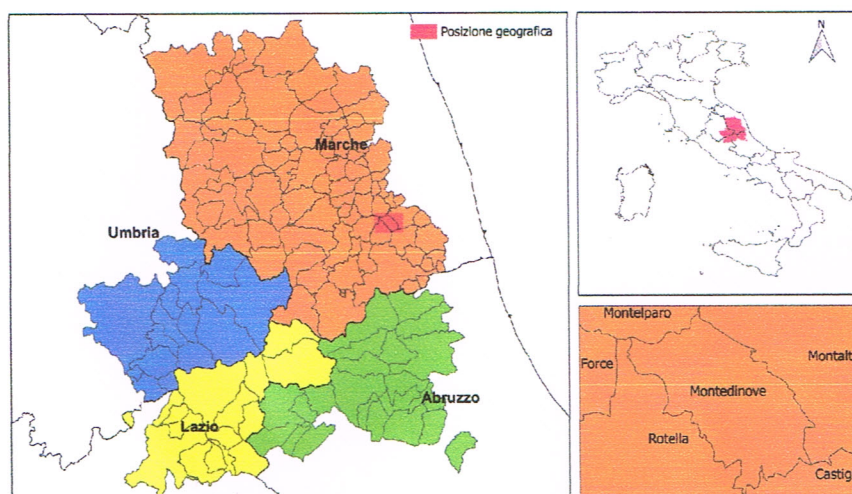
Relazione Illustrativa

Regione Marche

Comune di Montedinove

Regione Marche

Comune di Montedinove



Soggetto realizzatore:
Dott.ssa Geol. Alessandra Angelici

Data:



CENTROMS
CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

Indagini di Microzonazione Sismica di III° Livello del Territorio Comunale di Montedinove (AP) come previsto dall'art. 1 del Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017, convertito con modificazioni dalla Legge 7 aprile 2017, n. 45. Allegato 3, Ordinanza del Commissario straordinario n. 24 registrata il 15/05/2017 al n. 1065.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

INDICE

1	INTRODUZIONE	pag. 3
	1.1 FINALITA' DEGLI STUDI	pag. 3
	1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA COMUNALE	pag. 4
	1.3 DEFINIZIONE DEI DOCUMENTI DI BASE UTILIZZATI NELLO STUDI	pag. 6
	1.4 AREE DA SOTTOPORRE AGLI STUDI DI MS	pag. 7
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	pag. 8
	2.1 SISMICITA' STORICA DELL'AREA DI STUDIO	pag. 8
	2.2 SISMICITA' RECENTI DELL'AREA DI STUDIO	pag. 12
	2.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	pag. 15
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	pag. 17
	3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 17
	3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO	pag. 18
	3.3 ASSETTO STRATIGRAFICO	pag. 20
	3.4 ELEMENTI TETTONICI	pag. 25
	3.5 CONSIDERAZIONI FINALI SULL'ARCHITETTURA STRATIGRAFICA E SULL'ASSETTO MORFOLOGICO E STRUTTURALE	pag. 27
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	pag. 29
	4.1 DATI PREGRESSI	pag. 29
	4.2 DATI ACQUISITI EX-NOVO	pag. 30
	4.2.1 ESECUZIONE INDAGINI DI TIPO HVSR	pag. 30
	4.2.2 ESECUZIONE INDAGINI DI TIPO MASW	pag. 31
	4.2.3 ESECUZIONE PROVA SISMICA IN FORO DOWN-HOLE	pag. 33
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	pag. 36
	5.1 UNITA' GEOLOGICO TECNICHE: DEFINIZIONE E PARAMETRIZZAZIONE	pag. 36
	5.2 SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	pag. 40

6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	pag. 41
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	pag. 42
	7.1 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI	pag. 42
	7.1.1 SCELTA DELL'INPUT SISMICO	pag. 42
	7.1.2 SIMULAZIONI NUMERICHE	pag. 45
	7.1.3 RISULTATI	pag. 46
	7.2 ZONE INSTABILI	pag. 57
	7.2.1. FAGLIE ATTIVE E CAPACI (FAC)	pag. 57
	7.2.2. LIQUEFAZIONI (LQ)	pag. 57
	7.2.3 INSTABILITA' DI VERSANTE SISMOINDOTTE (FR)	pag. 57
8	ELABORATI CARTOGRAFICI	pag. 59
	8.1 CARTA DELLE INDAGINI	pag. 59
	8.2 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	pag. 61
	8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MS (CGT_MS)	pag. 61
	8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	pag. 71
	8.5 CARTADI MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI LIVELLO 3	pag. 82
	8.6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'	pag. 86
	8.7 STRUTTURA DEL DATABASE	pag. 86
	8.7.1 STRUTTURA DI ARCHIVIAZIONE DEI FILE	pag. 88
9	BIBLIOGRAFIA	pag. 92

ALLEGATI FUORI TESTO:

- Carta delle indagini in scala 1:6000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (F_0) in scala 1:5.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (F_T) in scala 1:5.000
- Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT_MS) in scala 1:5.000
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1:1.000 e scala 1:2000
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.1-0.5 s in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.4-0.8 s in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.7-1.1 s in scala 1:5.000

ALLEGATI NEL TESTO:

- ALLEGATO A – Analisi di Risposta sismica Locale 2D (a cura del Politecnico di Torino)

1 INTRODUZIONE

Su incarico del Comune di Montedinove (AP), di intesa con la Regione Marche e il Dipartimento della Protezione Civile, secondo quanto stabilito dall'Ordinanza del Commissario straordinario n. 24 registrata il 15/05/2017 al n. 1065, è stato eseguito lo studio di Microzonazione Sismica di Livello III del Comune di Montedinove all'interno del perimetro fornito dal Centro di MS (centro abitato, frazione Croce Rossa e Località Lapedosa di Montedinove) e concordato con l'ufficio tecnico comunale. Tra la scrivente e il Comune suddetto è stato stipulato un contratto di tipo b) perché il Comune di Montedinove aveva già uno studio di Microzonazione sismica di livello I eseguito dalla scrivente nel 2013, secondo quanto stabilito dall'art. n°11 della legge 24 giugno 2009 n°77, dall'OCDPC 52/2013 e della DGR 1470/2012 "Effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica". Nella MS di Livello I vennero prese in considerazione dallo studio le principali aree urbanizzate del territorio comunale (Centro Storico, la zona della Valle del Fiume Aso, la zona della Valle del Torrente Tesino e Zona località S. Basilio), le aree di futura espansione e un loro intorno significativo, al fine di realizzare la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di 1° livello. Lo studio di MS di Livello III di cui all'oggetto eseguito secondo quanto previsto nell' Ordinanza del Commissario straordinario n. 24 registrata il 15/05/2017 al n. 1065 è stato focalizzato in un areale più limitato rispetto a quello indicato nella MS di primo livello, in particolare è stato preso in considerazione il Centro storico del Comune di Montedinove, la Frazione Croce Rossa e la località Lapedosa di Montedinove (zona, quest'ultima, in corrispondenza della quale a seguito dello sciame sismico che ha interessato l'area in esame a partire dal 24 agosto 2016 a gennaio 2017, si sono registrati i maggiori danni alle strutture).

1.1 FINALITA' DEGLI STUDI

Lo studio di MS di livello 3 è finalizzato a quantificare la pericolosità sismica locale delle microzone, con particolare riferimento all'individuazione delle aree stabili, delle aree stabili suscettibili di amplificazioni locali e delle aree instabili. In particolare è volto alla realizzazione delle Carte di Microzonazione Sismica di livello 3 alla scala 1:5.000.

Lo studio di MS di livello 3 è stato eseguito attraverso un'analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) e bidimensionale (2D), effettuata su verticali e sezioni rappresentative, in numero adeguato per poter caratterizzare le tipologie di microzone individuate nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). I risultati delle analisi numeriche sono stati restituiti in termini di accelerogrammi calcolati in superficie ed elaborati in termini di fattori di amplificazione in pseudo-accelerazione determinati per prefissati intervalli di periodi, nonché di spettri di risposta in accelerazione al 5% di smorzamento.

L'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio di MS di livello 3 sono state eseguite dalla scrivente in coordinamento con il Centro per la Microzonazione Sismica costituito da referenti per la parte geologica appartenenti all'ISPRA di Roma e per la parte geofisica al POLITO Dipartimento di ingegneria edile del Politecnico di Torino, che hanno avuto funzioni di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Il CentroMS svolge, per conto del Commissario per la ricostruzione, attività di supporto tecnico-scientifico finalizzata alla predisposizione di criteri e al coordinamento degli studi di MS, secondo

quanto previsto dal Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017 (*Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017*) convertito, con modificazioni, dalla Legge 7 aprile 2017, n. 45.

La sottoscritta si è rapportata costantemente con il personale designato dal CentroMS per definire il piano delle indagini e per ottenere supporto tecnico-scientifico durante le varie fasi di realizzazione del servizio. Il CentroMS ha svolto le attività di formazione, ha fornito dati ed elaborazioni, coordinando lo svolgimento delle attività nell'ambito dei raggruppamenti di Comuni.

1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA DEL COMUNE

Il territorio del Comune di Montedinove, ha un estensione di circa 11.9 Km², è situato nella porzione meridionale della Regione Marche, ricade nella parte settentrionale della Provincia di Ascoli Piceno, confina infatti a nord con il territorio comunale di Montelparo (Fiume Aso) che ricade nella provincia di Fermo, mentre ad est confina con il territorio comunale di Montalto delle Marche, ad Ovest con il Comune di Rotella a Sud con il Comune di Castignano, ricadenti nella Provincia di Ascoli Piceno (vedi **Fig. 1.2.1**).

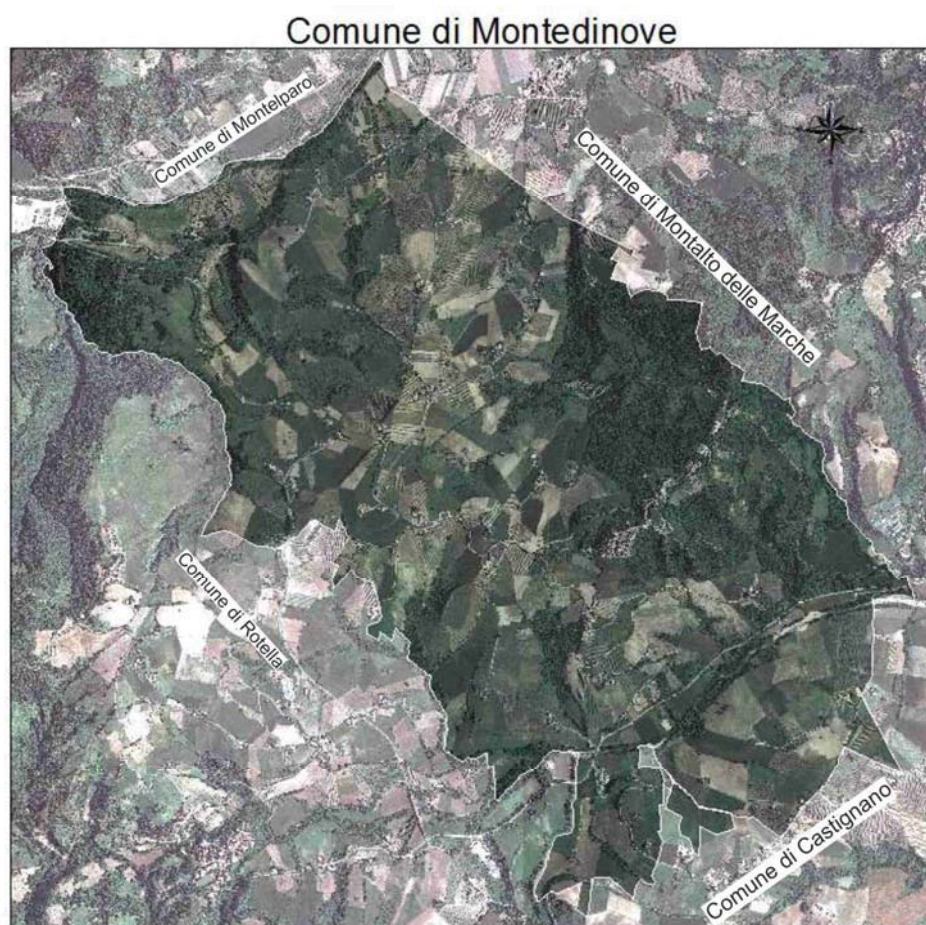


Fig.1.2.1 – Territorio del comune di Montedinove (Foto Aerea AGEA)

Il territorio del Comune di Montedinove si estende in corrispondenza dello spartiacque collinare tra il T.Tesino a sud ed il Fiume Aso a Nord. Oltre a tali corsi d'acqua, il reticolo idrografico è costituito da fossi minori, tributari dei precedenti, a carattere prettamente stagionale, che incidono ed articolano il rilievo. In particolare sul versante nord della dorsale collinare vi sono i Fossi Piè Lupino, Fosso Dragone e Fosso Lapedosa che drenano le acque verso il Fiume Aso, mentre il Fosso Laura e il Fosso dell'Inferno e altri piccoli affluenti risultano ubicati nel versante sud e drenano le acque verso il T.Tesino. Il confine sud-orientale del Comune ricade lungo i versanti argillosi che delimitano, in destra idrografica, la valle del T.Tesino, mentre il confine Nord-Occidentale coincide con l'alveo del F. Aso. Il Capoluogo insiste sulla zona di cresta di un rilievo collinare costituito essenzialmente da litotipi di natura conglomeratica, di età Pliocene inf.- Pleistocene inf., caratterizzati da nette rotture morfologiche, molto acclivi, che risaltano bruscamente sul paesaggio circostante (**Fig.1.2.2**) Foto Centro storico.



Fig.1.2.2 – Vista da sud del centro storico del Comune di Montedinove.

1.3 DEFINIZIONE DEI DOCUMENTI DI BASE UTILIZZATI NELLO STUDIO

Lo studio di Microzonazione sismica di livello 3 è consistito nella esecuzione ex-novo di indagini geognostiche e geofisiche unitamente ai dati preseti nella banca dati prodotta durante lo studio di primo livello eseguito nel 2013. Inoltre è stato eseguito un rilevamento di campagna che unitamente alla raccolta ed elaborazione dei dati esistenti di natura geologica, geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e sismica e alla realizzazione di nuove indagini eseguite in occasione del presente studio, hanno permesso di suddividere il territorio comunale studiato in microzone omogenee in prospettiva sismica. Il terzo livello risulta uno studio finalizzato alla valutazione della pericolosità sismica, guidando le scelte di pianificazione urbanistica nell'ottica di perseguire ed assicurare la riduzione del rischio sismico.

Per la redazione degli elaborati allegati al presente studio sono state utilizzate e prese in considerazione le seguenti cartografie tecniche e tematiche:

- Carta Tecnica Regione Marche in scala 1:10.000;
- Carta Geologica Regione Marche in scala 1:10.000 reperibile al seguente link: <http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000>;
- Piano Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche in aggiornamento al 2016: <http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Piano-assetto-idrogeologico/PAI-AdB-Marche-agg-2016/Cartografia>;
- Catalogo frane del progetto IFFI con poligoni forniti in formato shapefile dal Centro di MS;

Sono stati inoltre consultati gli studi geologici pregressi riferibili alla redazione del Piano Regolatore Comunale Generale, lo studio di MS di livello I oltre che indagini e lavori di natura geologico-tecnica, idrogeologica, e geofisica eseguiti dalla sottoscritta o altri colleghi nel territorio comunale e depositati nell'Archivio dell'Ufficio Tecnico del Comune di Montedinove sia riguardo ad opere di edilizia privata che pubblica.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con i quali sono stati realizzati gli elaborati cartografici per lo studio di Microzonazione Sismica di 3° livello sono i seguenti:

- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0b), approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907);
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (ICMS)- approvati il 13 novembre 2008 dalla conferenza delle Regioni e delle Province autonome.
- Note tecniche esplicative ed indicazioni fornite dal Centro di Microzonazione Sismica (CentroMS) nel corso degli incontri periodici tenutisi durante lo svolgimento delle indagini di Microzonazione Sismica.

Per quanto riguarda l'individuazione delle aree instabili è stata utilizzata la cartografia IFFI unitamente alla cartografia PAI (Piano di Riassetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI)) della regione Marche.

Infine quindi per la redazione delle cartografie è stata utilizzata la base C.T.R. della Regione Marche in scala 1:10000 (sez. 326040-326030), mentre nel corso dello studio sono stati anche utilizzati i dati derivati dalle basi cartografiche di maggior dettaglio e più recenti del Comune di Montedinove (PRG scala 1:2000). Per quanto riguarda gli elaborati grafici previsti, in considerazione della modesta estensione dell'area d'indagine è stata scelta una scala 1:5000 per la rappresentazione delle carte e 1:1000 per le sezioni geologico-tecniche (B-B' e C-C'), mentre la sezione A-A' è stata realizzata a scala 1:2000

1.4 AREE DA SOTTOPORRE AGLI STUDI DI MS

L'area oggetto dello studio di Microzonazione Sismica di 3° livello è stata individuata in relazione alla conformazione morfologica del territorio Comunale di Montedinove e soprattutto tenendo conto dell'articolazione urbanistica dell'edificato esistente e di quello di previsione, unitamente alle aree maggiormente danneggiate dagli eventi sismici verificatisi dal 24 agosto 2016 a gennaio 2017. L'area d'indagine è stata inoltre estesa ad un intorno significativo delle aree edificate o danneggiate dal sisma, sufficiente a fornire una migliore comprensione del locale contesto morfo-stratigrafico.

Pertanto vista la particolare concentrazione dell'edificato esistente e di progetto in corrispondenza della zona di cresta, la presenza di una frazione Crocce Rossa e di un area in cui i fabbricati a seguito dello sciame sismico sono risultati tutti inagibili ubicata nella Località Lapedosa di Montedinove, sono state individuate 3 aree di indagine che coprono una superficie di 0,153 km² su un totale di 11.9 Km² (vedi **Fig.1.4.1**).

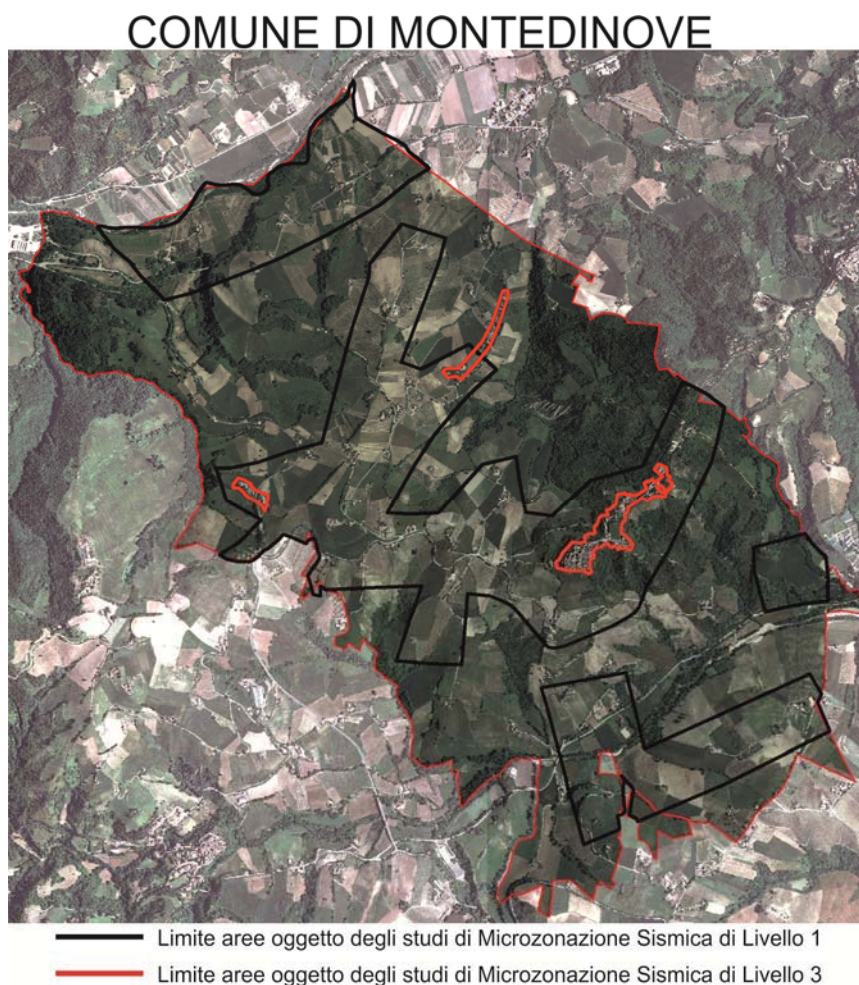


Fig.1.4.1 – Limite delle aree oggetto della MZS di livello 1 e livello 3

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 SISMICITA' STORICA DELL'AREA DI STUDIO

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione. Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

In basso (**Fig.2.1.1**) è riportata la zona sismica per il territorio di Montedinove, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003.

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
--------------------------	--

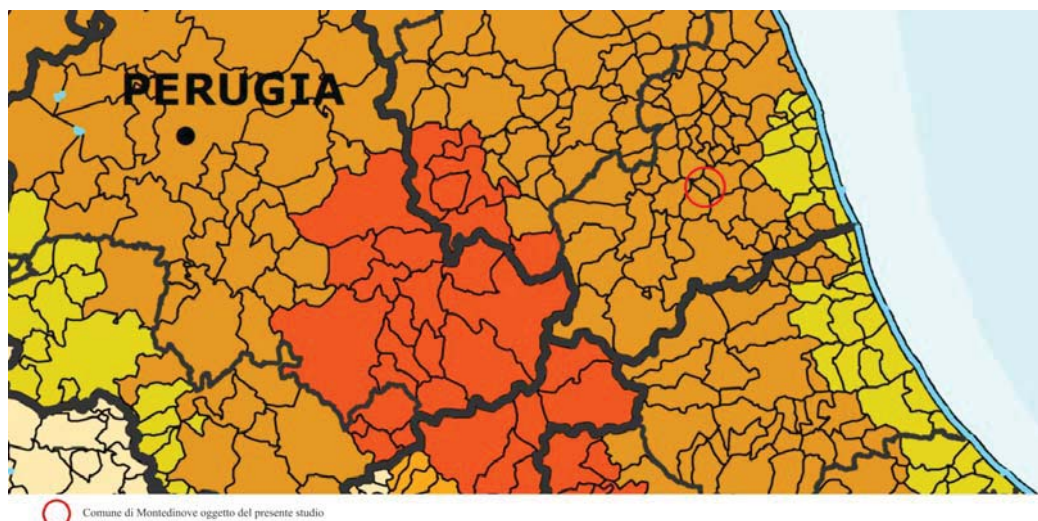


Fig.2.1.1 – Stralcio carta del rischio sismico indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del OPCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g = 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 = a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 = a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Fig.2.1.2 – Zone sismiche, in cui è stato suddiviso il territorio nazionale dall'OPCM n. 3519/2006, sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g

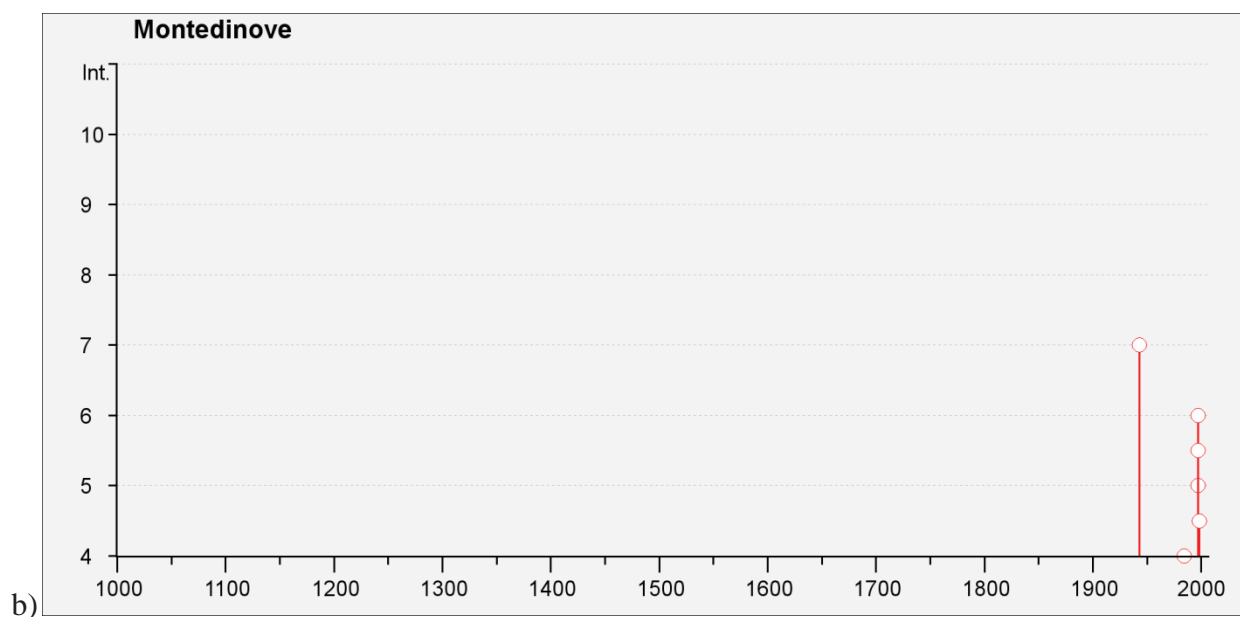
Dal Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (consultabile al seguente link: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/ è stato possibile individuare la seguente storia sismica del Comune di Montedinove (aggiornata sino all'anno 2015):

Montedinove

PlaceID	IT_52551
Coordinate (lat, lon)	42.970, 13.588
Comune (ISTAT 2015)	Montedinove
Provincia	Ascoli Piceno
Regione	Marche
Numero di eventi riportati	22

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
3	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86
3-4	1985	05	01	16	57	3	Ascolano	51	5	4.09
3-4	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
4	1987	09	04	16	42	4	Costa Marchigiana	75	6	4.66
NF	1989	09	11	02	46	2	Marche meridionali	60	5	4.04
NF	1991	11	12	21	45	5	Ascolano	19	5-6	3.54
NF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
NF	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	5	4.19
4	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6	4.20
2	1996	01	22	18	37	4	Fermano	76	5	3.96
2	1996	01	22	23	14	0	Maceratese	45	5	3.66
2	1996	07	09	10	23	0	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20
5	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
6	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5-6	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
3	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
NF	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5	4.11

a)



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Patrignone	1	2
Montalto delle Marche	50	3
Rotella	23	3
Rovetino	1	3
Porchia	2	4
Castignano	35	5
San Venanzo	1	5
Ripaberarda	2	5
Monte Rinaldo	6	6
Montelparo	22	7
Ortezzano	23	7
Force	37	8
Cossignano	19	8
Collina Nuova	1	9
Santa Vittoria in Matenano	41	9
Offida	43	9
Monte Vidon Combatte	27	10
Venagrande	1	10
Monteleone di Fermo	7	10

c)

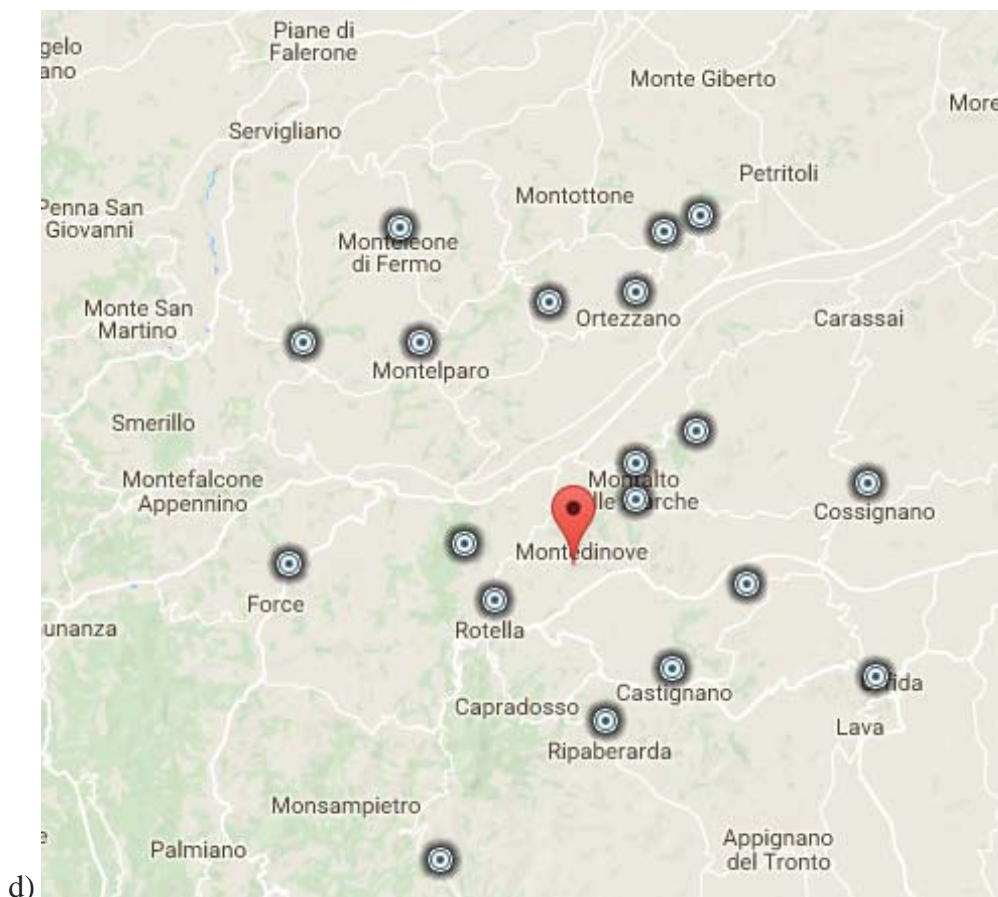


Fig.2.1.3 – Storia sismica del Comune di Montedinove estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV, immagini a), b), c), d).

2.2 SISMICITA' RECENTE DELL'AREA DI STUDIO

Dal database INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia <http://cnt.rm.ingv.it/>) è stato possibile ricercare gli ultimi eventi sismici con magnitudo superiore a 4.0 avvenuti dal 2006 ad oggi entro un intorno di 50 km dal Comune di Montedinove.

In particolare nel suddetto periodo si sono verificati n.64 eventi con una magnitudo $M < 5$, n.3 eventi con $5 \leq M < 6$ e n.2 eventi con $M \geq 6$, di seguito ubicati ed elencati.

Data e Ora (ITItalia)	Magnitudo	<u>Zona</u>	<u>Profondità</u>	Latitudine	Longitudine
2017-12-04 00:34:11	Mw 4.0	3 km E Amatrice (RI)	8	42.62	13.33
2017-07-22 04:13:08	Mw 4.0	4 km W Campotosto (AQ)	13	42.57	13.33
2017-04-27 23:19:42	Mw 4.0	4 km NW Visso (MC)	8	42.95	13.05
2017-04-27 23:16:58	Mw 4.0	5 km NW Visso (MC)	8	42.96	13.05
2017-02-03 05:10:05	Mw 4.2	1 km E Monte Cavallo (MC)	7	42.99	13.02
2017-02-03 04:47:55	Mw 4.0	1 km E Monte Cavallo (MC)	7	42.99	13.02
2017-01-18 16:16:10	Mw 4.3	3 km S Amatrice (RI)	9	42.60	13.29
2017-01-18 12:07:37	Mw 4.1	3 km W Amatrice (RI)	11	42.62	13.26
2017-01-18 11:24:14	ML 4.0	5 km W Campotosto (AQ)	9	42.58	13.31

<u>2016-12-11 13:54:52</u>	<u>ML 4.3</u>	<u>3 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>9</u>	<u>42.91</u>	<u>13.12</u>
<u>2016-11-14 02:33:43</u>	<u>ML 4.1</u>	<u>4 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>11</u>	<u>42.86</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-11-12 15:43:33</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>4 km NW Accumoli (RI)</u>	<u>10</u>	<u>42.72</u>	<u>13.21</u>
<u>2016-11-03 01:35:01</u>	<u>Mw 4.7</u>	<u>2 km S Pieve Torina (MC)</u>	<u>8</u>	<u>43.03</u>	<u>13.05</u>
<u>2016-11-01 19:03:07</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>5 km E Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.80</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-11-01 08:56:40</u>	<u>Mw 4.8</u>	<u>5 km N Ussita (MC)</u>	<u>8</u>	<u>42.99</u>	<u>13.13</u>
<u>2016-10-31 08:05:44</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>6 km NE Norcia (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.84</u>	<u>13.13</u>
<u>2016-10-31 04:27:40</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>4 km S Norcia (PG)</u>	<u>11</u>	<u>42.76</u>	<u>13.09</u>
<u>2016-10-30 19:21:09</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>5 km E Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.78</u>	<u>13.15</u>
<u>2016-10-30 14:34:54</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>6 km E Norcia (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.81</u>	<u>13.17</u>
<u>2016-10-30 13:07:00</u>	<u>Mw 4.5</u>	<u>5 km SE Preci (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.84</u>	<u>13.08</u>
<u>2016-10-30 12:58:17</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>4 km SE Preci (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.85</u>	<u>13.06</u>
<u>2016-10-30 12:21:08</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>2 km W Pievebovigliana (MC)</u>	<u>8</u>	<u>43.06</u>	<u>13.07</u>
<u>2016-10-30 09:35:58</u>	<u>Mw 4.3</u>	<u>5 km N Norcia (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.84</u>	<u>13.08</u>
<u>2016-10-30 08:38:59</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>7 km N Cittareale (RI)</u>	<u>11</u>	<u>42.68</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-10-30 08:34:47</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>2 km S Ussita (MC)</u>	<u>10</u>	<u>42.93</u>	<u>13.13</u>
<u>2016-10-30 08:13:05</u>	<u>ML 4.2</u>	<u>2 km W Accumoli (RI)</u>	<u>11</u>	<u>42.69</u>	<u>13.23</u>
<u>2016-10-30 08:08:35</u>	<u>ML 4.2</u>	<u>9 km W Accumoli (RI)</u>	<u>10</u>	<u>42.71</u>	<u>13.14</u>
<u>2016-10-30 08:07:53</u>	<u>ML 4.1</u>	<u>5 km W Accumoli (RI)</u>	<u>10</u>	<u>42.72</u>	<u>13.19</u>
<u>2016-10-30 08:06:45</u>	<u>ML 4.1</u>	<u>2 km E Preci (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.87</u>	<u>13.06</u>
<u>2016-10-30 08:05:56</u>	<u>ML 4.1</u>	<u>5 km E Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.80</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-10-30 08:01:32</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>6 km W Arquata del Tronto (AP)</u>	<u>9</u>	<u>42.78</u>	<u>13.22</u>
<u>2016-10-30 07:56:05</u>	<u>ML 4.2</u>	<u>1 km NE Norcia (PG)</u>	<u>11</u>	<u>42.80</u>	<u>13.11</u>
<u>2016-10-30 07:55:54</u>	<u>ML 4.1</u>	<u>6 km W Arquata del Tronto (AP)</u>	<u>11</u>	<u>42.75</u>	<u>13.23</u>
<u>2016-10-30 07:44:30</u>	<u>ML 4.4</u>	<u>5 km SE Preci (PG)</u>	<u>8</u>	<u>42.86</u>	<u>13.09</u>
<u>2016-10-30 07:43:08</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>5 km SE Norcia (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.77</u>	<u>13.14</u>
<u>2016-10-30 07:41:17</u>	<u>ML 4.3</u>	<u>4 km SE Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.77</u>	<u>13.14</u>
<u>2016-10-30 07:40:17</u>	<u>Mw 6.5</u>	<u>5 km NE Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.83</u>	<u>13.11</u>
<u>2016-10-29 18:24:33</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>2 km N Norcia (PG)</u>	<u>11</u>	<u>42.81</u>	<u>13.10</u>
<u>2016-10-27 19:22:22</u>	<u>Mw 4.2</u>	<u>5 km N Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.84</u>	<u>13.10</u>
<u>2016-10-27 10:21:45</u>	<u>Mw 4.3</u>	<u>5 km E Preci (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.87</u>	<u>13.10</u>
<u>2016-10-27 05:50:24</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>5 km NW Ussita (MC)</u>	<u>9</u>	<u>42.98</u>	<u>13.12</u>
<u>2016-10-27 05:19:27</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>6 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>9</u>	<u>42.84</u>	<u>13.14</u>
<u>2016-10-26 23:42:01</u>	<u>Mw 4.5</u>	<u>5 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>10</u>	<u>42.86</u>	<u>13.12</u>
<u>2016-10-26 21:18:05</u>	<u>Mw 5.9</u>	<u>3 km NW Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>8</u>	<u>42.91</u>	<u>13.13</u>
<u>2016-10-26 21:16:57</u>	<u>ML 4.3</u>	<u>2 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>8</u>	<u>42.88</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-10-26 19:10:36</u>	<u>Mw 5.4</u>	<u>3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>9</u>	<u>42.88</u>	<u>13.13</u>
<u>2016-10-16 11:32:35</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>8 km NW Accumoli (RI)</u>	<u>9</u>	<u>42.75</u>	<u>13.18</u>
<u>2016-09-03 12:18:51</u>	<u>Mw 4.3</u>	<u>6 km SE Castelsantangelo sul Nera (MC)</u>	<u>8</u>	<u>42.86</u>	<u>13.22</u>
<u>2016-09-03 03:34:12</u>	<u>Mw 4.2</u>	<u>4 km SE Norcia (PG)</u>	<u>9</u>	<u>42.77</u>	<u>13.13</u>

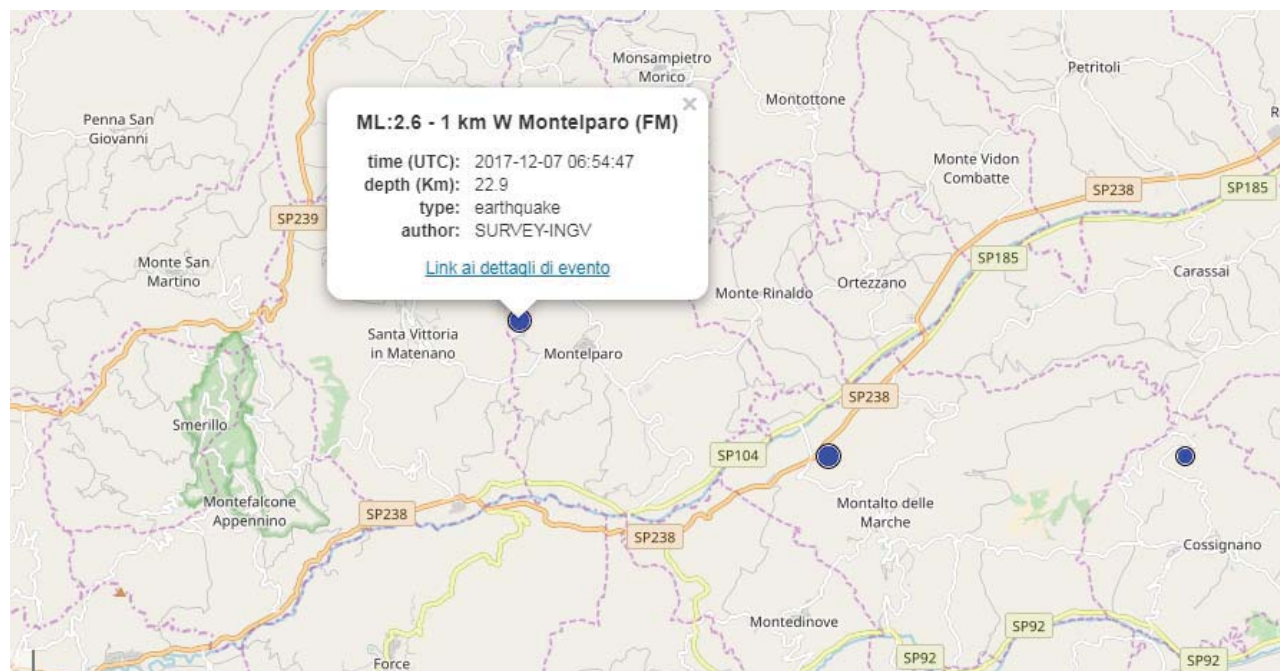
<u>2016-08-28 17:55:35</u>	<u>Mw 4.2</u>	<u>8 km NW Arquata del Tronto (AP)</u>	<u>9</u>	<u>42.82</u>	<u>13.23</u>
<u>2016-08-27 04:50:59</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>8 km W Montegallo (AP)</u>	<u>8</u>	<u>42.84</u>	<u>13.24</u>
<u>2016-08-26 06:28:25</u>	<u>Mw 4.8</u>	<u>3 km S Amatrice (RI)</u>	<u>9</u>	<u>42.61</u>	<u>13.29</u>
<u>2016-08-25 14:36:05</u>	<u>Mw 4.4</u>	<u>3 km S Amatrice (RI)</u>	<u>8</u>	<u>42.60</u>	<u>13.28</u>
<u>2016-08-25 05:17:16</u>	<u>Mw 4.3</u>	<u>7 km NW Accumoli (RI)</u>	<u>9</u>	<u>42.75</u>	<u>13.19</u>
<u>2016-08-25 01:22:05</u>	<u>Mw 4.0</u>	<u>6 km NE Cittareale (RI)</u>	<u>12</u>	<u>42.65</u>	<u>13.21</u>
<u>2016-08-24 19:46:09</u>	<u>Mw 4.2</u>	<u>5 km SW Accumoli (RI)</u>	<u>10</u>	<u>42.66</u>	<u>13.22</u>
<u>2016-08-24 13:50:30</u>	<u>Mw 4.5</u>	<u>6 km E Norcia (PG)</u>	<u>10</u>	<u>42.82</u>	<u>13.16</u>
<u>2016-08-24 06:06:50</u>	<u>Mw 4.4</u>	<u>3 km SE Norcia (PG)</u>	<u>6</u>	<u>42.77</u>	<u>13.12</u>
<u>2016-08-24 05:40:10</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>4 km W Amatrice (RI)</u>	<u>11</u>	<u>42.61</u>	<u>13.24</u>
<u>2016-08-24 04:33:28</u>	<u>Mw 5.3</u>	<u>5 km E Norcia (PG)</u>	<u>8</u>	<u>42.79</u>	<u>13.15</u>
<u>2016-08-24 03:56:00</u>	<u>Mw 4.3</u>	<u>3 km SW Amatrice (RI)</u>	<u>8</u>	<u>42.60</u>	<u>13.28</u>
<u>2016-08-24 03:37:26</u>	<u>ML 4.5</u>	<u>2 km N Accumoli (RI)</u>	<u>9</u>	<u>42.71</u>	<u>13.25</u>
<u>2016-08-24 03:36:32</u>	<u>Mw 6.0</u>	<u>1 km W Accumoli (RI)</u>	<u>8</u>	<u>42.70</u>	<u>13.23</u>
<u>2012-12-05 02:18:20</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>2 km N Appignano del Tronto (AP)</u>	<u>18</u>	<u>42.92</u>	<u>13.66</u>
<u>2010-01-12 14:35:45</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>3 km W Montappone (FM)</u>	<u>18</u>	<u>43.14</u>	<u>13.43</u>
<u>2010-01-12 09:25:11</u>	<u>Mw 4.1</u>	<u>2 km NW Falerone (FM)</u>	<u>17</u>	<u>43.12</u>	<u>13.45</u>
<u>2010-01-10 09:33:35</u>	<u>ML 4.0</u>	<u>3 km W Falerone (FM)</u>	<u>17</u>	<u>43.12</u>	<u>13.45</u>
<u>2009-09-20 05:50:17</u>	<u>Mw 4.5</u>	<u>2 km SW Montefano (MC)</u>	<u>38</u>	<u>43.40</u>	<u>13.42</u>

Tab. 2.2.1 – Lista degli eventi di $M > 4.0$ avvenuti dal 2006 al 31/12/2017 entro un raggio di 50 km dal Comune di Montedinove.

Negli ultimi anni 2016-2017 oltre alle scosse sismiche verificatesi nelle vicinanze dell'area in esame, a partire dal 24 agosto 2016 e SS, si è registrata una scossa sismica la cui ubicazione viene riportata nell'immagine sottostante il 21 Febbraio 2017 alle ore 16:50 2 Km a NW di Montalto delle Marche, località che confina a ovest con il territorio Comunale di Montedinove.



Un'altra scossa sismica nelle vicinanze dell'area in esame si è registrata a Montelparo località che confina a sud con il Comune di Montedinove.



Le scosse sismiche riportate nelle immagini sono relative ad eventi singoli con magnitudo comprese tra 2.6 e 2.9, il cui ipocentro risulta ubicato tra i 20 e i 30 Km di profondità.

2.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Per il Comune di Montedinove il valore a_g è compreso fra $0,175 \leq a_g < 0,20$ g <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

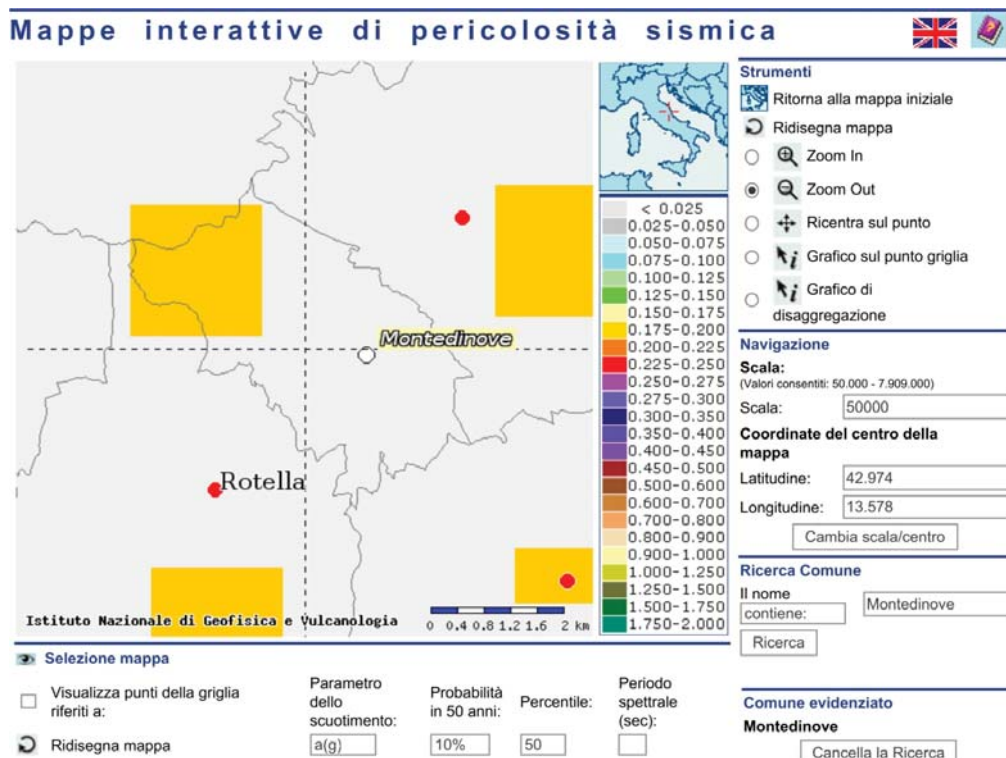


Fig. 2.3.1 – Mappa della pericolosità sismica di base del Comune di Montedinove.

Lo spettro di risposta di riferimento per il Comune di Montedinove è rappresentato nell'immagine seguente.

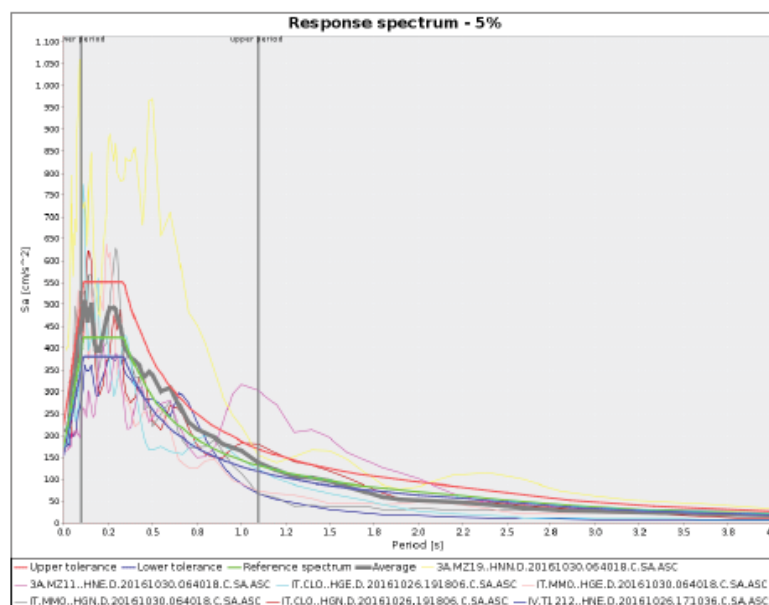


Fig. 2.3.2 – Spettro di risposta di riferimento per il Comune di Montedinove.

Consultando il portale ITACA (release 2.2), gestito dall'INGV, non sono presenti nel territorio del Comune di Montedinove registrazioni accelerometriche.

Dal database delle faglie sismogenetiche DISS *version 3* (Basili et. al, 2008) redatto dall'INGV il territorio comunale di Montedinove non risulta incluso né nelle aree di interesse delle risorse sismogenetiche composite né in quelle di faglie singole.

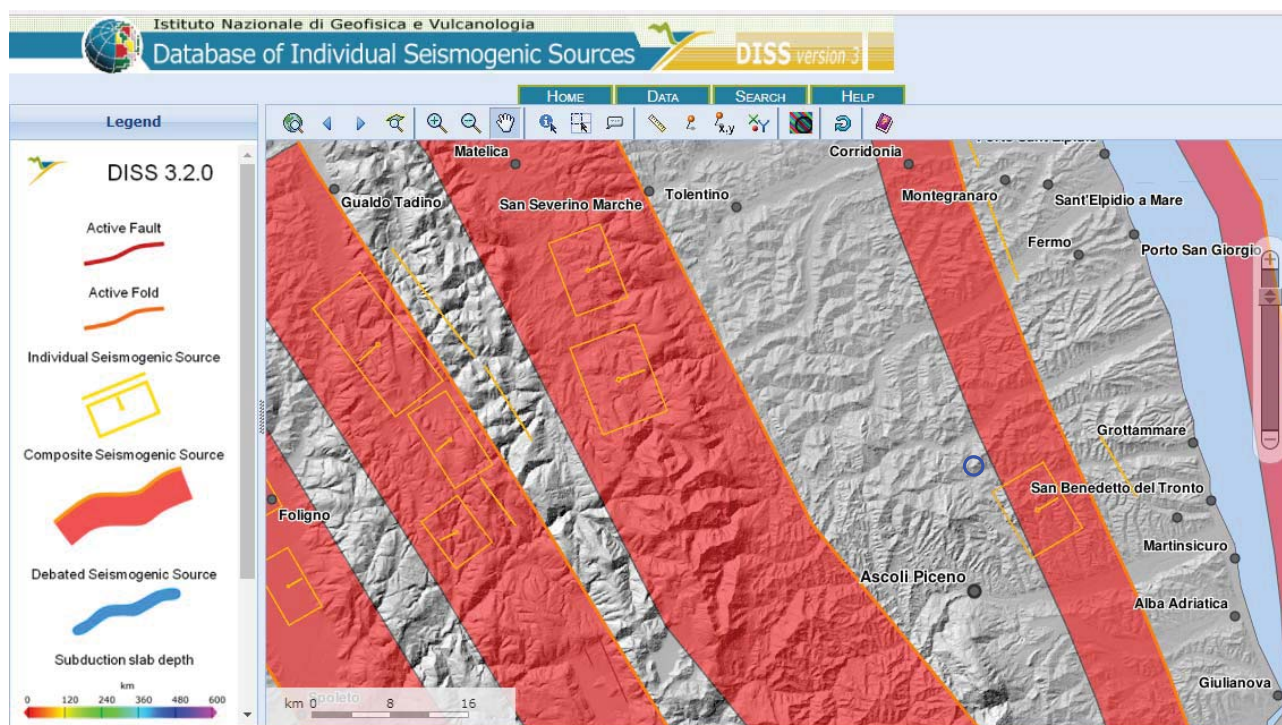


Fig. 2.3.3 – Mappa delle faglie sismogenetiche individuate dall'INGV nel progetto DISS versione 3

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Montedinove, è situato nella porzione meridionale della Regione Marche, ricade nella parte settentrionale della Provincia di Ascoli Piceno, si estende su di una superficie complessiva di circa 11.9 Km² su cui risiedono circa 492 abitanti (41,3 Ab/km²), confina infatti a nord con il territorio comunale di Montelparo (attraverso l'alveo del Fiume Aso) che ricade nella provincia di Fermo, mentre ad est confina con il territorio comunale di Montalto delle Marche, ad Ovest con il Comune di Rotella a Sud con il Comune di Castignano, ricadenti nella Provincia di Ascoli Piceno (Fig. 1.2.1).

Il territorio comunale in esame risulta ubicato geograficamente nelle Carte Tecniche Regionali (CTR) in scala 1:10.000 delle Regione Marche sezioni n°326040-n°326030

Orograficamente il territorio comunale si estende su di una superficie prevalentemente collinare e solo marginalmente pianeggiante in corrispondenza delle pianure alluvionali dei Fiumi Aso a Nord e Tesino a Sud, compresa tra le quote topografiche assolute di 561 mt (zona centro storico) e 240.0 mt. sopra il livello medio del mare (pianura alluvionale Fiume Aso zona confine con il Comune di Montalto delle Marche).

Geologicamente nella regione marchigiana in cui ricade il territorio comunale di Montedinove è presente al di sopra di in basamento ercinico una successione sedimentaria e marina pressochè continua dal Trias superiore al Neogene; nell'area più orientale tale successione è ricoperta in discordanza ancora da sedimenti marini, depositatisi tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore. Tali successioni, che corrispondono a due distinti cicli sedimentari, si sono sviluppate su un elemento di crosta continentale in continua evoluzione dal Trias al Pleistocene e la tettonica sinsedimentaria ha condizionato in maniera determinante gli ambienti di sedimentazione.

Nel dettaglio il territorio comunale di Montedinove risulta ubicato nel settore Sud-orientale del Bacino Marchigiano Esterno, il quale risulta colmato da sedimenti terrigeni del ciclo marino plio-pleistocenico. Tali sedimenti nella parte più occidentale risultano trasgressivi e discordanti sui depositi torbiditici della Formazione della Laga, mentre nella parte più orientale del bacino, poggiano in discordanza sui depositi del Pleistocene inferiore. Utilizzando la classificazione del Progetto Carg della Regione Marche al di sopra del substrato piegato ed eroso della Formazione della Laga con evidente unconformity, la sequenza continua con la deposizione delle Argille Azzurre (Pliocene e Pleistocene inferiore) di ambiente di scarpata e/o piattaforma continentale e si chiude più ad Est in prossimità della costa con i depositi litoranei della Formazione di Fermo (Pleistocene Inferiore).

In particolare, nell'area del territorio Comunale, sono rinvenibili terreni appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre costituita da sedimenti prevalentemente pelitici nei quali si intercalano a varie altezze stratigrafiche orizzonti costituiti dalle seguenti associazioni: Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico-Arenacea, Peliti Lamine. Al di sopra del substrato marino nel territorio comunale in esame si rinvencono le coperture continentali del Quaternario come i depositi eluvio-colluviali, ed i depositi alluvionali antichi (Pleistocene) e recenti (Olocene).

3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto geomorfologico dell'area risulta condizionato dalla natura litologica dei terreni presenti, la loro distribuzione nello spazio, nonché dall'azione combinata della tettonica trasversale avvenuta a partire dal Pleistocene (Coltorti & Nanni, 1986) e l'erosione lineare esercitata dalle acque correnti superficiali. Ciò ha determinato un rapido approfondimento dell'intero sistema idrografico, con la formazione quindi di numerosi impluvi e/o vere e proprie valli fluviali. Infatti le aree in cui si rinvencono le unità arenaceo-conglomeratiche meno erodibili risultano caratterizzate da una maggiore acclività e/o dalla presenza di scarpate sub-verticali, mentre in corrispondenza di litologie argillose più facilmente erodibili (unità pelitica) le aree presentano una morfologia più blanda.

In particolare l'area in esame può essere divisa in due principali aree a diversa morfologia:

- **aree di fondovalle:** dominate da zone alluvionali a morfologia sub-pianeggiante e da scarpate di erosione fluvio-torrentizia;
- **aree collinari:** nelle quali sono maggiormente presenti forme legate alla erosione selettiva, ad elevata pendenza, derivanti dalle condizioni strutturali e di cementazione dei litotipi del substrato (scarpate strutturali) e forme e processi morfogenetici legati all'azione della gravità (corone ed accumuli di frana, di varia genesi, tipologia e stato di attività):

Risulta evidente, infatti, come i rilievi che mostrano marcati risalti morfologici corrispondono agli affioramenti dei litotipi a maggior componente arenaceo-conglomeratica (più resistenti all'erosione); viceversa, le aree a morfologia più "dolce" si rinvengono in corrispondenza di litologie prevalentemente argillose, molto sensibili all'azione degli agenti esogeni (litofacies pelitica e pelitico-arenacea, più facilmente erodibili).

Sotto l'aspetto morfostrutturale il territorio è caratterizzato da una dorsale collinare avente asse di allungamento NE-SW, la cui sommità raggiunge i 561 m.s.l.m. si presenta con superfici immergenti verso Nord-Est. Tale dorsale, risulta molto incisa dai corsi d'acqua principali con direzione circa W-E (fiumi Aso, che rappresenta il confine Nord e il T. Tesino a Sud), nonché da numerosi fossi secondari con andamento circa perpendicolare alle aste principali. In particolare sul versante nord della dorsale collinare vi sono i Fossi Piè Lupino, Fosso Dragone e Fosso Lapedosa che drenano le acque verso il Fiume Aso, mentre il Fosso Laura e il Fosso dell'Inferno e altri piccoli affluenti risultano ubicati nel versante sud e drenano le acque verso il T. Tesino. L'erosione concentrata esercitata dai rami superiori di affluenti in destra idrografica del Fiume Aso e in sinistra idrografica del T. Tesino ha dato origine a dorsali secondarie le quali presentano un asse di allungamento disposto secondo la direzione NO-SE.

Nel corso del rilevamento geologico-geomorfologico sono state distinte le diverse forme e processi morfologici dovuti a:

- azione della forza di gravità;
- azioni antropiche;

Movimenti gravitativi

I fenomeni gravitativi di maggior rilievo presenti sul territorio, classificabili come "frana per scorrimento" risultano quelli posti a Sud del centro abitato di Montedinove, in contrada Franile e a Nord in Contrada Lapedosa. Si tratta di movimenti franosi cartografati dal PAI con pericolosità media (P2) e rischio medio (R2), interessano entrambi vaste aree. I movimenti, che da informazioni acquisite, risultano piuttosto lenti, con evidenti riattivazioni in alcune zone, in occasione di eventi meteorici eccezionali (infatti dai rilievi di campagna si è visto che tali dissesti si sono localmente riattivati in occasione dell'ultimo ciclo stagionale).

Infine aree interessate da estesi fenomeni gravitativi di tipo plastico, classificati come scorrimenti superficiali, che interessano principalmente i depositi eluvio-colluviali, i quali conferiscono ai versanti la tipica forma ondulata si rinvencono lungo i pendii a nord e a sud dell'abitato di Montedinove. I fenomeni suddetti classificabili tutti come attivi, poiché tali dissesti si sono localmente riattivati in occasione dell'ultimo ciclo stagionale o in concomitanza sempre di eventi meteorici eccezionali.

Altro fenomeno gravitativo riscontrato nell'area in esame sono i calanchi dovuti ad una serie di concause: in primis la presenza di un substrato argilloso con discreta componente sabbiosa, un regime climatico caratterizzato da una lunga estate secca e piogge intense concentrate in determinati periodi dell'anno, esposizione meridionale dei versanti, elevata acclività del pendio che favorisce il rapido deflusso dell'acqua, esistenza di un livello meno erodibile alla sommità del versante.

Unitamente a quanto sopra riportato altri fenomeni riscontrati nell'area in esame sono quelli classificati come “frane di crollo” estremamente localizzati e di tipo superficiale, che hanno interessato in passato e che interessano attualmente esclusivamente i depositi di alterazione più superficiale, costituiti sempre da materiale medio-grossoano in matrice medio-fine, trattenuti dagli apparati radicali della vegetazione arbustiva e arborea dislocata lungo la superficie della scarpata stessa, nonché la porzione più superficiale alterata del sub-strato conglomeratico stesso. In particolare tali fenomeni si rinvencono principalmente alle pendici del centro storico del Comune di Montedinove in cui affiorano i sedimenti conglomeratici, tali fenomeni presentano un rischio molto elevato data la presenza di edifici di civile abitazione ubicati al disopra delle scarpate suddette.

Forme antropiche

Frequenti sono i riporti e gli sbancamenti effettuati per urbanizzazioni e costruzioni di fabbricati, come pure è frequente la presenza in prossimità delle abitazioni di muri di sostegno relativamente alti.

Numerose sono le scarpate antropiche, coincidenti spesso con i limiti di proprietà e/o di coltivazione. In alcuni casi tali scarpate possono coincidere con antiche nicchie di distacco e/o gradini di frana rimodellati dall'attività agricola, nonché con antiche scarpate di erosione fluviale inattive.

3.3 ASSETTO STRATIGRAFICO

In particolare utilizzando la classificazione del Progetto Carg Marche, vengono di seguito descritti i principali caratteri litologici delle varie unità della copertura e del substrato:

UNITA' DELLA COPERTURA

DEPOSITI CONTINENTALI

Unitamente ai depositi marini all'interno delle aree investigate ricadenti nel territorio comunale di Montedinove sono presenti depositi di origine continentale di estensione differente ed ubicati a quote topografiche assolute diverse derivanti da processi alluvionali antichi (Pleistocene medio-superiore) e recenti (Olocene) dei fiumi Aso a Nord e Tesino a Sud (Alluvioni terrazzate), nonché a

processi di alterazione e disgregazione con successiva risedimentazione dei terreni appartenenti al substrato (coltri eluvio-colluviali).

I terreni continentali che sono stati distinti nel corso del rilevamento di campagna, utilizzando la classificazione del Progetto Carg Marche, possono essere schematicamente descritti, passando dai depositi più recenti ai depositi più antichi, nel modo seguente:

Depositi gravitativi- (MUSa1) depositi rimaneggiati e/o mobilitati a seguito di movimenti gravitativi in atto e/o quiescenti dello spessore variabile ubicati lungo i versanti composti da sedimenti limoso-argillosi e/o argilloso-sabbiosi dalla struttura caotica con intercalati livelli e/o orizzonti saturi plastici.

Depositi eluvio colluviali- (MUSb2) costituiti prevalentemente da limi-argillosi, limi-sabbiosi e sabbie limose, con rari inclusi calcarei ed arenacei eterometrici e inglobanti talora concrezioni carbonatiche unitamente a noduli organici nerastri. Nell'area i depositi suddetti costituiscono il riempimento di piccole valli ma generalmente si rinvencono lungo i versanti principali a quote topografiche diverse e con spessori piuttosto variabili compresi tra 3-4 mt. e 10-15 mt..

Depositi alluvionali attuali - (MUSb) unità ubicate lungo i talweg attuali dei fiumi Aso e Tesino contraddistinte da sedimenti sciolti prevalentemente grossolani di natura calcarea e subordinatamente silicea ed arenacea, con debole matrice sabbiosa dello spessore variabile e di estensione areale piuttosto limitata e comunque variabile nello spazio e nel tempo in relazione alle variazioni delle portate fluviali talora confinati all'interno dei sistemi di arginatura esistenti.

Depositi alluvionali recenti -terrazzi IV ordine- (MUSbn) depositi ubicati all'interno delle pianure alluvionali dei fiumi Tesino e Aso caratterizzati da spessori variabili compresi tra 5-20 mt e da estensione laterale compresa fra 240 mt. (Valle T. Tesino) e 500 mt. (valle F. Aso). I depositi suddetti, sono costituiti principalmente nella porzione superiore dell'unità da un'alternanza di livelli sabbiosi, limoso-siltosi e sabbioso-argillosi, mentre nella porzione medio-inferiore da corpi ghiaioso sabbiosi generalmente massivi di dimensioni anche decimetriche. Unità deposte in tempi diversi a partire dall'Olocene sino verosimilmente in epoca romana.

Depositi alluvionali antichi -terrazzi II e III ordine- (ACbn-MTlbn) nel territorio comunale di Montedinove si distinguono, in particolare le unità terrazzate alluvionali dei fiumi Aso e Tesino, si susseguono a quote topografiche diverse formando tre ordini principali di terrazzi. I terrazzi del II ordine (Pleistocene Medio finale) appartenenti al Supersistema Colle Ulivo (AC) affiorano ad una quota massima di circa 310 mt. s.l.m. ad una quota sul fondovalle compresa tra 40 e 50 mt. principalmente nella valle del Fiume Aso e sono costituiti da ciottoli poligenici e granulometria variabile, fino alle dimensioni di 10-15 cm, in matrice sabbioso-limosa e rare intercalazioni argilloso-limose. I clasti appaiono ben arrotondati e sono costituiti soprattutto da elementi calcarei della successione carbonatica Umbro-Marchigiana. I terrazzi del III ordine (Pleistocene Superiore) appartenenti al Sistema di Matelica (MTlbn), invece, si distinguono dai precedenti in quanto affiorano a quote topografiche inferiori, ovvero a quote intorno ai 10-15 mt rispetto al fondovalle attuale. Tali terrazzi risultano particolarmente sviluppati in destra e in sinistra idrografica del Fiume Aso, mentre risultano presenti solo in sinistra idrografica del Fiume Tesino. La composizione

litologica è prevalentemente calcarea, mentre le caratteristiche tessiturali risultano simili a quelle descritte per i depositi più antichi. La genesi dei depositi alluvionali terrazzati antichi suddetti (II e III ordine) è da attribuire all'interferenza tra il sollevamento tettonico e le diverse fasi climatiche che si sono succedute durante il Quaternario. I materiali alluvionali si sono depositi durante periodi freddi quando l'intensa erosione sui versanti, dovuta alla scarsità di copertura vegetale, produceva enormi quantità di materiali detritici, che si accumulavano nelle valli sovraccaricando i corsi d'acqua e favorendo i processi di sedimentazione. Condizioni climatiche migliori associate al popolamento vegetale dei versanti, attivarono successivamente l'erosione verticale dei depositi alluvionali e del sottostante substrato che nel frattempo aveva continuato a sollevarsi.

UNITA' DEL SUBSTRATO

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIAGIANA-ROMAGNOLA

Formazione delle Argille Azzurre - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAA)

Si tratta di una alternanza di argille moderatamente marnose dalla colorazione grigio-avana tendente ad azzurrognola e di peliti siltose in strati sottili e sottilissimi, con intercalati livelli sabbiosi in strati sottili e sottilissimi, con straterelli fittamente laminati limoso-sabbiosi, ocracei, raramente sabbiosi, a granulometria molto fine. La stratificazione delle peliti è generalmente poco visibile e la frattura è concoide. A profondità via via crescenti il deposito tende ad assumere una struttura massiva e quindi una stratificazione poco visibile. Frequenti all'interno del deposito risultano essere i frustoli vegetali e i frammenti di Molluschi. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf. p.p.

Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Peliti Lamine - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAf)

L'associazione delle peliti laminate è costituita da argille siltose bluastre e grigio-azzurre generalmente ben stratificate; a volte esse presentano intercalazioni millimetriche di sabbie fini grigiastre anche in forma lenticolare. Tali sedimenti sono riconducibili a tipici fanghi emipelagici. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf. p.p.

Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Pelitico-Arenacea - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAe)

L'Associazione Pelitico Arenacea è costituita in genere da peliti fittamente stratificate con intercalazioni sabbiose di spessore variabile da 2-3 cm fino a 25 cm. Il rapporto sabbia/argilla è prevalentemente molto basso, solo a luoghi le intercalazioni sabbiose sono più spesse. La frazione pelitica è costituita prevalentemente da silt argilloso e più raramente, da solo silt o argilla. La frazione sabbiosa è data per lo più da sabbia gialla e talora grigiastra, a granulometria da media a fine. Le strutture sedimentarie che interessano le peliti sono rare e si limitano alla sola laminazione piano-parallela, mentre nelle sabbie si trova spesso laminazione ondulata, incrociata e a volte piano-parallela. La geometria degli strati sabbiosi più sottili è generalmente ondulata e tabulare; gli strati più spessi, invece, danno luogo, alla scala dell'affioramento, ad una stratificazione piano-parallela. La base degli orizzonti sabbiosi, comunque, è netta ed erosiva sulle peliti, il tetto è ondulato. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore - Pleistocene inf. p.p.



Fig.3.3.1 – Affioramento Litoface Pelitico-Arenacea rinvenuto in c/da S.Francesco

Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Arenaceo-Pelitica - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAd)

L'Associazione Arenaceo Pelitica è costituita da alternanze di strati, da sottili a medio spessi di sabbie e peliti con un rapporto sempre maggior di uno. Le sabbie hanno un colore giallo ocraceo, a granulometria da medio a fine, più raramente grossolana; a luoghi contengono livelli di tritume organogeno. Gli strati hanno geometria generalmente tabulare e mostrano una laminazione piano-parallela che passa, verso l'alto, a laminazione incrociata a scala ripples. La frazione pelitica, che può presentare spessore degli strati fino a 50 cm, è costituita da materiale argilloso siltoso e sottili livelli di sabbie a base erosiva e geometria lenticolare. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf. p.p.



Fig.3.3.2 – Affioramento Litoface Arenaceo- Pelitica rinvenuto in Località S. Tommaso

Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Arenacea - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAc)

L'Associazione Arenacea è caratterizzata da strati spessi e subordinatamente molto spessi di arenarie giallastre a granulometria grossolana e media, a luoghi ben cementata, intervallati da sottili strati pelitici (1-3 cm). Gli strati arenacei presentano spesso una geometria lenticolare o tabulare a scala dell'affioramento, una base erosiva con frequenti amalgamazioni, come evidenziato dai livelli pelitici discontinui. Sono spesso presenti una gradazione diretta e strutture sedimentarie trattive, quali laminazioni piano-parallele e incrociate (scala ripples), che caratterizzano flussi gravitativi con sequenza di Bouma. All'interno dell'associazione in esame si osservano pacchi di strati, non cartografabili, delle associazioni arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea. L'associazione in esame si sfrangia nelle associazioni arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf. p.p.



Fig.3.3.3 – Affioramento Litoface Arenacea rinvenuto lungo la S.P 433

Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Conglomeratica - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAa)

L'Associazione Conglomeratica presenta strati lenticolari medi, spessi e molto spessi di conglomerati poligenici, eterometrici, di dimensioni anche decimetriche, con matrice sabbiosa, da grossolana a fine, presente in quantità variabili. La stratificazione non è ben definita, tuttavia si notano accenni di gradazione normale ed embriciatura nei ciottoli allungati; il tetto è leggermente ondulato, la base è sempre erosiva. I clasti, prevalentemente calcarei e subordinatamente selciferi e arenacei, sono attribuibili ai litotipi della serie mesozoica Umbro-Marchigiana. Tale Litofaces è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf. p.p.



Fig.3.3.4 – Affioramento Litofaces Conglomeratica rinvenuto nella zona del Centro Storico

3.4 ELEMENTI TETTONICI

La struttura delle unità litostratigrafiche del substrato sopra descritte è caratterizzata da una estesa monoclinale con immersione generale verso Nord-Est, con un'inclinazione media degli strati generalmente piuttosto modesta che non supera i 5-10 gradi. L'area in esame ricade nel bacino marchigiano esterno il quale assume nel Messiniano i caratteri di avanfossa torbidity, colmata dalla potente successione silicostatica della Formazione della Laga, coinvolto successivamente (Messiniano-Pliocene) nella strutturazione del sistema thrust appenninico. Infatti nel Pliocene inferiore il dominio di avanfossa raggiunge il settore più orientale del bacino marchigiano esterno che quindi risulta caratterizzato da una sedimentazione in mare profondo prevalentemente pelitica., mentre nella parte alta del Pliocene inferiore l'area viene raggiunta dalla tetto-genesi appenninica con la formazione di thrusts. Nel corso del Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore l'attività tettonica condiziona l'assetto morfologico del bacino marchigiano esterno articolandolo in cinque distinti settori principali caratterizzati da una diversa evoluzione, ovvero il settore anconetano, settore maceratese, settore fermano ovvero quello più depresso che si caratterizza per una successione pelitica più continua e di maggior spessore (circa 3000 mt.), di ambiente generalmente batiale, settore teramano e settore chietino.

Dal Pliocene medio sino al Pleistocene si registra una sedimentazione argillosa di mare profondo, a cui segue una ripresa dell'attività compressiva con la riattivazione dei thrusts infrapliocenici. Con la fine del Pleistocene inferiore quindi tutta la fascia periadriatica emergeva per effetto di un fenomeno di sollevamento generalizzato che ha fatto assumere ai depositi marini plio-pleistocenici il loro caratteristico assetto monoclinale con immersione verso est.

Dalla consultazione dei dati disponibili in merito alle ricerche in campo sismotettonico condotte dal GNDT nel progetto denominato “Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili”, che rappresenta una raccolta ed una sorta di sistematizzazione delle informazioni disponibili sulle

faglie attive del territorio nazionale, si evince l'assenza di faglie ritenute attive nell'area in cui ricade il territorio comunale di Montedinove. Dalla carta di sintesi sotto riportata si evince una fitta rete di faglie attive concentrate nel settore centrale dell'Appennino, faglie che vengono cartografate e distinte in base ai differenti tipi di cinematica che caratterizzano le strutture. In particolare sono state riportate in rosso le espressioni superficiali di faglie con chiare evidenze geologiche e geomorfologiche di attività nel corso del Pleistocene superiore-Olocene e quindi di sicura importanza ai fini sismotettonici. In base a quanto osservato precedentemente le faglie rappresentate sono responsabili della dislocazione di depositi e/o forme riferibili o successivi all'ultimo massimo glaciale. In celeste invece sono riportate le faglie per le quali è nota l'attività nel corso del Pleistocene. Non sono disponibili dati di superficie sull'attivazione delle faglie nel corso del Pleistocene superiore-Olocene, strutture queste comunque cartografate in previsione di un confronto con dati sismologici che potrebbero gettare luce sull'attività delle faglie stesse. Con il colore giallo sono riportate faglie sulla cui attività recente non c'è omogeneità di vedute tra i ricercatori. Casi di questo tipo spesso derivano dal diverso valore attribuito ad elementi geomorfologici indiziari di attività recente. Infine con il colore rosa è rappresentata un'ampia categoria di strutture fragili comprendente tutto ciò che è di dubbia interpretazione, in termini cinematici, geometrici o addirittura in rapporto all'origine (tettonica o gravitativa) degli elementi osservati (**Fig.3.4.1**).

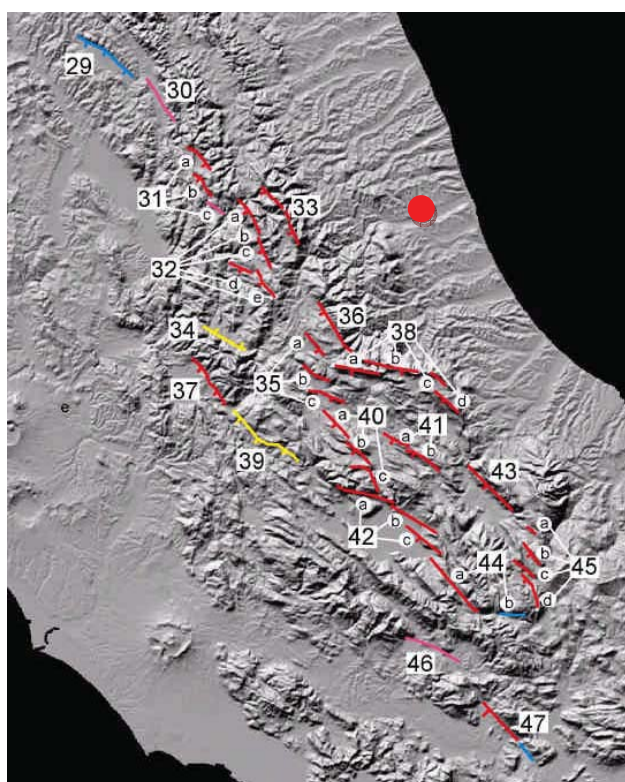


Fig.3.4.1 –Carta delle faglie attive dell'Appennino centrale (elementi geologici di superficie). Il punto rosso indica il Comune di Montedinove.

La carta suddetta mostra, soprattutto se paragonata con le cartografie riguardanti gli altri settori appenninici (settentrionale e meridionale), l'elevato grado delle conoscenze per l'Appennino centrale. Infatti la maggior parte delle faglie e dei sistemi di faglia sono evidenziati dal colore rosso,

a testimonianza delle chiare evidenze di attività nel corso del Pleistocene superiore-Olocene lungo l'espressione superficiale delle faglie stesse. Per queste strutture sono in genere disponibili anche parametri come il rateo di movimento o il tempo di ricorrenza di eventi responsabili di fagliazione di superficie, grazie ad analisi paleosismologiche condotte fin dalla seconda metà degli anni ottanta da vari enti di ricerca (es., Blumetti, 1995; Giraudi e Frezzotti, 1995; ecc.)

Notevole risulta la quantità di dati sull'evoluzione tettonica quaternaria e la successione di paleoeventi sismici responsabili di fagliazione di superficie per quanto riguarda le strutture che bordano la Piana del Fucino (42), mentre risulta lacunosa per quanto riguarda le aree di Gualdo Tadino (30) e Sora (46). Dati non conclusivi riguardano anche le faglie di Leonessa (34) e della Valle del Salto (39), per le quali alcuni ricercatori sostengono un'ipotesi di attività nel Pleistocene superiore-Olocene (es. Bosi, 1975; Michetti e Serva, 1990) mentre altri ipotizzano che tale attività debba riferirsi ad un intervallo ampio del Quaternario precedente al Pleistocene superiore (Chiarini et al., 1997; ecc.) Infine i dati sull'attività nel Pleistocene superiore-Olocene sono carenti anche per quanto riguarda la faglia di Gubbio (29), cui è comunque riferibile attività quaternaria responsabile della strutturazione del bacino da essa bordato verso Est (per esempio, Menichetti, 1992).

In ottemperanza con quanto richiesto dagli ICMS si è provveduto altresì alla consultazione del catalogo delle Faglie Capaci del progetto ITHACA dell'ISPRA, dal quale si evince come nell'area in esame e un suo intorno significativo non sono state individuate Faglie Capaci ovvero faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio.

Faglie capaci sono presenti, aventi direzione prevalente NW-SE, esclusivamente lungo il settore appenninico.

3.5 CONSIDERAZIONI FINALI SULL'ARCHITETTURA STRATIGRAFICA E SULL'ASSETTO MORFOLOGICO E STRUTTURALE

Dall'assetto stratigrafico sopra descritto il centro storico del Comune di Montedinove risulta caratterizzato da una estesa monoclinale con immersione generale verso Nord-Est, con un'inclinazione media degli strati generalmente piuttosto modesta che non supera i 5-10 gradi. L'area in esame ricade nel bacino marchigiano esterno il quale assume nel Messiniano i caratteri di avanfossa torbidity, colmata dalla potente successione siliclastica della Formazione della Laga, coinvolto successivamente (Messiniano-Pliocene) nella strutturazione del sistema thrust appenninico. Infatti nel Pliocene inferiore il dominio di avanfossa raggiunge il settore più orientale del bacino marchigiano esterno che quindi risulta caratterizzato da una sedimentazione in mare profondo prevalentemente pelitica, mentre nella parte alta del Pliocene inferiore l'area viene raggiunta dalla tettonogenesi appenninica con la formazione di thrusts. Nel corso del Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore l'attività tettonica condiziona l'assetto morfologico del bacino marchigiano esterno articolandolo in cinque distinti settori principali caratterizzati da una diversa evoluzione, ovvero il settore anconetano, settore maceratese, settore fermano ovvero quello più depresso che si caratterizza per una successione pelitica più continua e di maggior spessore (circa 3000 mt.), di ambiente generalmente batiale, settore teramano e settore chietino.

L'assetto stratigrafico dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di sedimenti marini **Formazione delle Argille Azzurre - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAA), Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Peliti Lamine - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAf), Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Pelitico-Arenacea - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAe), Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Arenacea - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAc), Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Arenaceo-Pelitica - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAd), Formazione delle Argille Azzurre - Litofaces Conglomeratica - Pliocene-Pleistocene inferiore (sigla Carg -FAAa).** Unitamente ai depositi marini all'interno delle aree investigate ricadenti nel territorio comunale di Montedinove sono presenti depositi di origine continentale di estensione differente ed ubicati a quote topografiche assolute diverse derivanti da processi alluvionali antichi (Pleistocene medio-superiore) e recenti (Olocene) dei fiumi Aso a Nord e Tesino a Sud (Alluvioni terrazzate), nonché a processi di alterazione e disaggregazione con successiva risedimentazione dei terreni appartenenti al substrato (coltri eluvio-colluviali) e depositi di Glacis.

L'attuale assetto geomorfologico dell'area risulta condizionato dalla natura litologica dei terreni presenti, la loro distribuzione nello spazio, nonché dall'azione combinata della tettonica trasversale avvenuta a partire dal Pleistocene (Coltorti & Nanni, 1986) e l'erosione lineare esercitata dalle acque correnti superficiali. Ciò ha determinato un rapido approfondimento dell'intero sistema idrografico, con la formazione quindi di numerosi impluvi e/o vere e proprie valli fluviali. Infatti le aree in cui si rinvenivano le unità arenaceo-conglomeratiche meno erodibili risultano caratterizzate da una maggiore acclività e/o dalla presenza di scarpate sub-verticali, mentre in corrispondenza di litologie argillose più facilmente erodibili (unità pelitica) le aree presentano una morfologia più blanda.

In particolare l'area in esame può essere divisa in due principali aree a diversa morfologia:

- **aree di fondovalle:** dominate da zone alluvionali a morfologia sub-pianeggiante e da scarpate di erosione fluvio-torrentizia;
- **aree collinari:** nelle quali sono maggiormente presenti forme legate alla erosione selettiva, ad elevata pendenza, derivanti dalle condizioni strutturali e di cementazione dei litotipi del substrato (scarpate strutturali) e forme e processi morfogenetici legati all'azione della gravità (corone ed accumuli di frana, di varia genesi, tipologia e stato di attività):

Risulta evidente, infatti, come i rilievi che mostrano marcati risalti morfologici corrispondono agli affioramenti dei litotipi a maggior componente arenaceo-conglomeratica (più resistenti all'erosione); viceversa, le aree a morfologia più "dolce" si rinvenivano in corrispondenza di litologie prevalentemente argillose, molto sensibili all'azione degli agenti esogeni (litofacies pelitica e pelitico-arenacea, più facilmente erodibili).

Sotto l'aspetto morfostrutturale il territorio è caratterizzato da una dorsale collinare avente asse di allungamento NE-SW, la cui sommità raggiunge i 561 m.s.l.m. si presenta con superfici immergenti verso Nord-Est. Tale dorsale, risulta molto incisa dai corsi d'acqua principali con direzione circa W-E (fiumi Aso, che rappresenta il confine Nord e il T. Tesino a Sud), nonché da

numerosi fossi secondari con andamento circa perpendicolare alle aste principali. In particolare sul versante nord della dorsale collinare vi sono i Fossi Piè Lupino, Fosso Dragone e Fosso Lapedosa che drenano le acque verso il Fiume Aso, mentre il Fosso Laura e il Fosso dell'Inferno e altri piccoli affluenti risultano ubicati nel versante sud e drenano le acque verso il T. Tesino. L'erosione concentrata esercitata dai rami superiori di affluenti in destra idrografica del Fiume Aso e in sinistra idrografica del T. Tesino ha dato origine a dorsali secondarie le quali presentano un asse di allungamento disposto secondo la direzione NO-SE. La struttura delle unità litostratigrafiche del substrato sopra descritte è caratterizzata da una estesa monoclinale con immersione generale verso Nord-Est, con un'inclinazione media degli strati generalmente piuttosto modesta che non supera i 5-10 gradi. L'area in esame ricade nel bacino marchigiano esterno il quale assume nel Messiniano i caratteri di avanfossa torbidity, colmata dalla potente successione siliciclastica della Formazione della Laga, coinvolto successivamente (Messiniano-Pliocene) nella strutturazione del sistema thrust appenninico.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 DATI PREGRESSI

Durante lo studio di MS di livello I (anno 2014) non sono state reperite indagini di laboratorio quindi per quanto riguarda i parametri geotecnici sono stati inseriti i parametri relativi alle prove in sito reperite (prove penetrometriche, SPT). Tali dati vengono riassunti nella tabella seguente per quanto possibile raggruppati per unità geologico-tecniche omogenee (**Tabella 4.1.1**).

			DEPOSITI DI COPERTURA							SUBSTRATO		
			Depositi eluvio - colluviali (ec)			Depositi alluvionali (tf)				COS	ALS	GRS
			ML	SM	GM	GW	GM	SM	ML			
Prove in sito	SPT	NSPT	25							44		
	Prova penetrometrica dinamica	NSPT equiv.	3-25	9-13	30-70	30-70	15-70	27-34	9-13	27->40		
		Densità relativa (%)	18-57	31-40	66->80	>80	43->80	60-67	31-40	60-80	>70	>80
		Coesione non drenata (Kg/cm ²)	0.1-1.5	0.5-0.8					0.6-0.8	>2	1.4->2	
		Modulo di elasticità (Kg/cm ²)		260-300	>400	>400	123->400	219-272			140-330	>400
		Modulo edometrico (Kg/cm ²)	45-300						74-292	142->400		
		Angolo d'attrito (°)	18-34	29-31	>35	>35	29->35	27-33	27-31	28-30	>30	>35

Tabella 4.1.1 Parametri geotecnici rappresentativi delle unità geologico-tecniche.

*I valori relativi al GRS sono stati desunti da prove eseguite su terreni simili.

Le indagini geofisiche reperite durante la MS di livello I (anno 2014) sono per lo più concentrate nella zona del centro storico del Comune di Montedinove. Più precisamente sono state reperite n°3 prove sismiche attive di superficie (MASW), n° 1 base sismica a rifrazione (misura velocità onde P), n°5 misure sismiche passive a stazione singola (HVSr).

4.2 DATI ACQUISITI EX-NOVO

Per lo studio in esame sono state eseguite indagini ex-novo come indicato nel piano delle indagini approvato in data 03 Agosto 2017, in particolare sono stati realizzati:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per l'esecuzione di prova Down Hole della profondità di 35 mt da p.c.;
- n. 5 indagini sismiche del tipo MASW;
- n.24 indagini HVSr.

Il sito di esecuzione del carotaggio continuo è stato individuato in modo tale da riuscire a caratterizzare sia la litofacies arenaceo-pelitica (FAAd) che la sottostante litofacies conglomeratica (FAAa). In prossimità del foro è stata eseguita un'indagine HVSr e una indagine sismica del tipo MASW.

L'ubicazione delle indagini MASW è stata pianificata per posizionare gli stendimenti in modo da caratterizzare le diverse formazioni geologiche rinvenibili nel territorio oggetto di indagine.

Durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo è stato prelevato un campione dello spessore di 30 cm dalla profondità di 2.6 a 2.9 mt in corrispondenza dei sedimenti della coltre SM-ec (sabbie limose). Il campione successivamente è stato spedito presso il laboratorio geotecnico del Politecnico di Torino. Sul campione suddetto sono state eseguite diverse analisi (vedi risultati delle analisi di laboratorio in allegato) tra le quali la prova di colonna risonante che è stata utilizzata nello studio in esame.

4.2.1. Esecuzione di indagini di tipo HVSr

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (SARA GEOBOX 3CH 24 bit – SS45PACK, Sara Electronic Instruments s.r.l) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri), da 4,5 Hz, orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 200 Hz, per una durata di 20 minuti.

Allo scopo di garantire un'effettiva confrontabilità dei risultati ottenuti, a tutte le registrazioni di rumore ambientale è stata applicata, tramite il software Geopsy, la stessa procedura di post-processing basata su una finestra di 30 sec, lisciamiento su finestre triangolari proporzionali con

ampiezza pari al 10% della frequenza centrale e $b=10$. In alcuni casi si è proceduto alla rimozione dei transienti più problematici.

Le misure sono state elaborate in modo tale da garantire stime dei valori spettrali nell'intervallo di frequenza 0,2-20 Hz e con 200 valori equi-spaziati in scala logaritmica.

Nella cartella "Indagini/Documenti/Dati originali" sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .saf), i valori medi dei rapporti spettrali ottenuti a seguito della procedura di elaborazione (file formato ASCII) e i report descrittivi dei risultati comprensivi dei fogli di campagna per le acquisizioni HVSR forniti dal Centro di MS e debitamente compilati.

La scelta della densità e della distribuzione dei punti di misura è stata effettuata in base al livello di eterogeneità messo in evidenza dal modello geologico del sottosuolo. L'ubicazione delle indagini HVSR eseguite è visibile nella Carta delle Indagini allagata alla presente relazione (da P129 a P151 e P154).

4.2.2. Esecuzione di indagini di tipo MASW

Per ogni sito individuato di comune accordo con il Centro di Microzonazione Sismica si è provveduto ad effettuare uno stendimento MASW. Le indagini MASW sono state eseguite dalla ditta GECO srl Indagini Geofisiche e Geotecniche di Falconara Marittima (AN) per mezzo della seguente strumentazione:

- 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.

In particolare (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.

Allo scopo di determinare i profili di Vs relativi a ciascuna misura delle curve di dispersione sono state applicate procedure di inversione numerica. I dati numerici delle Masw e dell'HVSR in formato txt, sono stati caricati nel software di elaborazione HV-Inv, unitamente alla parametrizzazione stratigrafica desunta sia da indagini geognostiche pregresse che da sondaggi geognostici Down-Hole specifici.

Al fine di permettere una migliore valutazione dei risultati delle inversioni in rapporto ai vincoli geologici, sono state opportunamente effettuate valutazioni del livello di incertezza che caratterizza il profilo di Vs ottenuto per una singola zona. Questa incertezza è legata sia dalla mancata univocità del modello di sottosuolo sia alle eventuali variazioni laterali nella stessa microzona. Allo scopo di valutare questa incertezza è stata opportunamente ripetuta la procedura di inversione più volte 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 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.

Sulla base dei dati pregressi o di nuova acquisizione riguardanti ogni sito studiato (di natura geologica, stratigrafica e sismica) si è provveduto ad effettuare una modellazione diretta dei dati al fine di ottenere un modello sismostratigrafico del sottosuolo il più plausibile possibile, compatibilmente con i dati di nuova acquisizione.

Nella pratica si è proceduto ipotizzando dei modelli sismostratigrafici del sottosuolo (spessori – Vs); per ogni modello si sono ricavati, mediante appositi software, le curve modali relative, gli spettri di velocità sintetici e la curva HVSR teoriche; per quanto riguarda l'analisi HVSR si è provveduto a tenere conto sia delle Onde di Corpo che delle Onde Superficie, nonché del contributo di eventuali modi superiori).

Il risultato è stato confrontato con i dati di campagna al fine di validare il modello sismostratigrafico ottenuto.

Nella cartella “Indagini/Documenti/Dati originali” sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .sgy e .sg2) sia in onde Love che Rayleigh, i fogli di campagna delle varie misure debitamente compilati e le letture delle curve di dispersione.

Le indagini MASW sono state ubicate in modo tale di caratterizzare i diversi litotipi rinvenuti nel territorio del Comune di Montedinove e sono visibili nella Carta delle Indagini allegata alla presente relazione (da L5, L6, L7, L8 e L9).

4.2.3. Esecuzione prova sismica in foro Downhole

La prova sismica in foro di tipo Downhole è stata eseguita ed elaborata dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG) del Politecnico di Torino nel foro predisposto dalla sottoscritta mediante carotaggio continuo spinto sino alla profondità di 35,0 metri dal piano campagna (indagine P128, ubicata nella Carta delle Indagini). Nella cartella “Indagini/Documenti/Dati originali” sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .txt) e il report predisposto dal Politecnico di Torino. Di seguito viene riportata la stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo eseguito e alcuni stralci del report dell’indagine geofisica Down Hole redatto dal Politecnico di Torino.

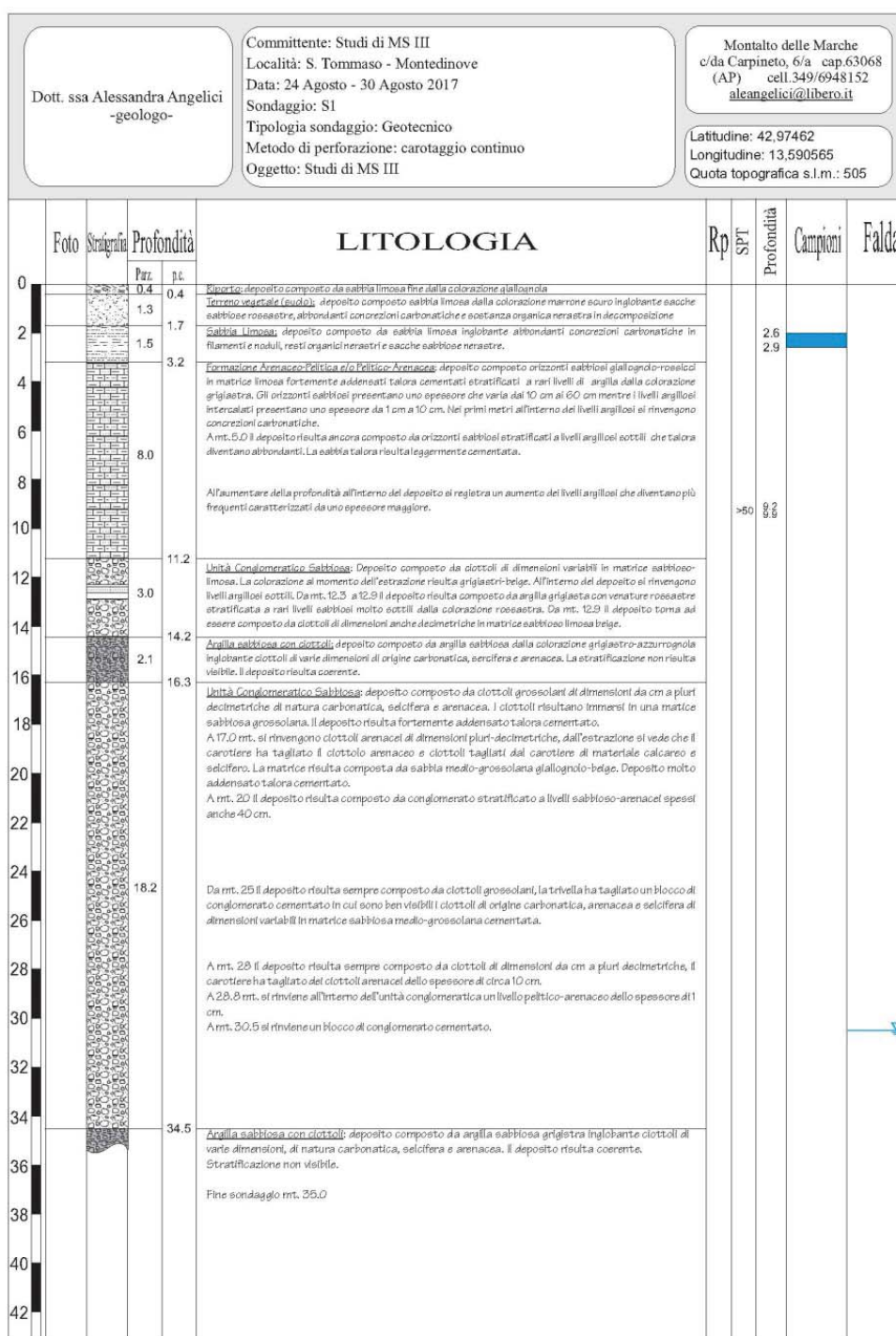
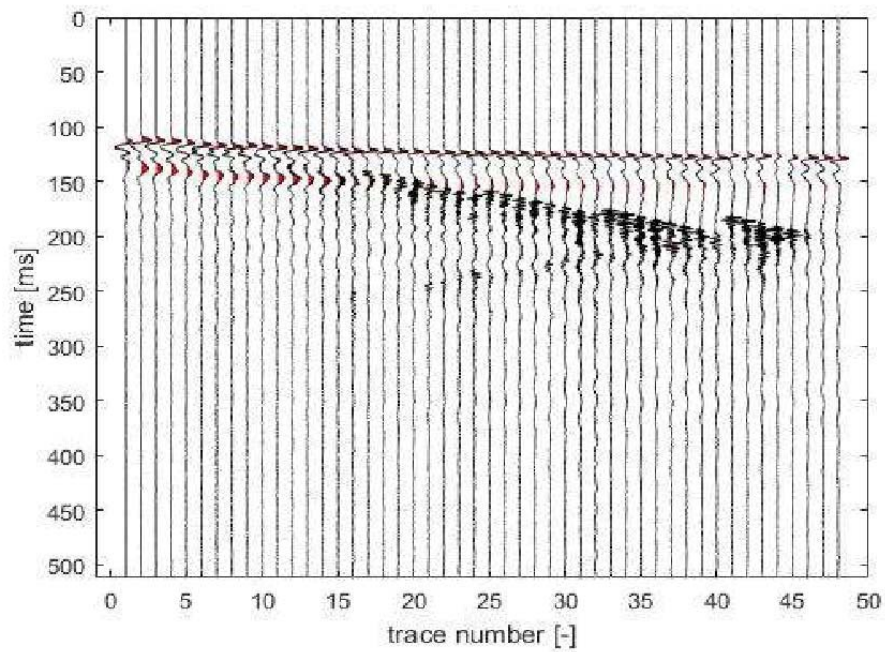
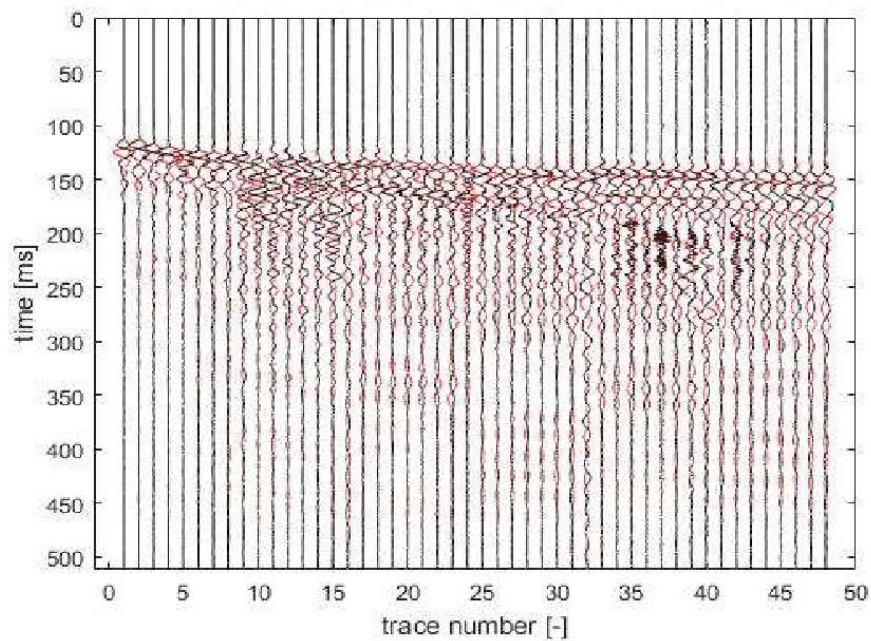
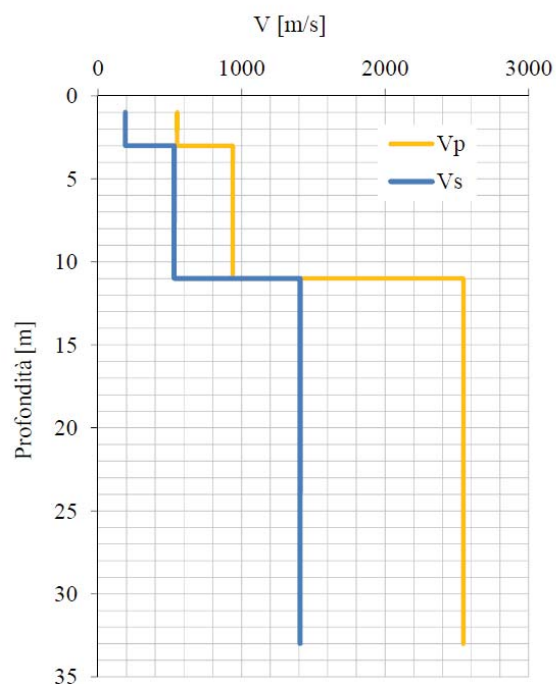


Fig. 4.2.3.1 – Stratigrafia del carotaggio continuo eseguito da 0.0 a 35.0 m.

Sismogramma onde P**Fig. 4.2.3.2** – Sismogramma in onde P registrato dal POLITO in data 13/10/2017**Sismogramma onde S****Fig. 4.2.3.3** – Sismogramma in onde S registrato dal POLITO in data 13/10/2017



Montedinove		
Stringa da 8 geofoni – Sovrapposizione 1 m		
Distanza bocca foro – sorgente: 1.5 m		
Interasse tra i ricevitori: 1 m		
Intervalli di profondità [m]	V _s [m/s]	V _p [m/s]
1 - 3	191	552
3 - 11	532	940
11 - 33	1408	2545

Fig. 4.2.3.4 – Profilo delle velocità risultante dalla prova Down Hole.

5 MODELLO DI SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

5.1. Unità geologico tecniche: definizione e parametrizzazione

Il modello del sottosuolo rappresenta lo strumento fondamentale per attingere le informazioni necessarie alla realizzazione della Carta delle Microzone a Comportamento Sismico Omogeneo e alla modellazione della risposta sismica locale. Per la ricostruzione ci si è basati sui dati bibliografici a disposizione (reperiti dallo studio di MS di I livello e presso l'archivio comunale), sui dati geognostici, geofisici e prove di laboratorio eseguite nel carotaggio P128 (appositamente redatto per lo studio di MS di livello III) e da indagini geofisiche (Down Hole) e di laboratorio eseguite nei comuni limitrofi in litologie simili a quelle individuate nel territorio di Montedinove.

Come già descritto precedentemente, nel territorio comunale di Montedinove, sono rinvenibili terreni appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre costituita da sedimenti prevalentemente pelitici nei quali si intercalano a varie altezze stratigrafiche orizzonti costituiti dalle seguenti associazioni: Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico-Arenacea, Peliti Lamine. Al di sopra del substrato marino nel territorio comunale in esame si rinvengono le coperture continentali del Quaternario come i depositi eluvio-colluviali, ed i depositi alluvionali antichi (Pleistocene) e recenti (Olocene).

Per ricostruire l'assetto geologico e stratigrafico che caratterizza l'area di studio è necessario considerare che la successione plio-pleistocenica del Bacino Periadriatico Marchigiano-Abbruzzese si è depositata in un bacino satellite sviluppatosi sulla parte più esterna e recente della Catena Appenninica. La base della successione è caratterizzata da depositi sabbioso-conglomeratici di ambiente neritico-litorale, cui segue una potente successione pelitica (Argille Azzurre) all'interno della quale si intercalano, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti sabbioso-conglomeratici o

sabbioso-argillosi a geometria tabulare o lenticolare. Infatti nell'area in esame affiora la Formazione delle Argille Azzurre con intercalati a varie altezze stratigrafiche orizzonti sabbioso-conglomeratici o sabbioso argillosi. In particolare nell'area in esame il substrato geologico è rappresentato dalla formazione delle Argille Azzurre costituita da diverse litofaces: Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico-Arenacea e Pelitica. Nelle zone di cresta il substrato risulta in affioramento mentre lungo i versanti al di sopra del substrato geologico vi è uno spessore variabile compreso tra 3 e 15 mt. di materiale costituente la coltre eluvio-colluviale di natura limoso-sabbiosa o ghiaioso-sabbiosa derivante dal disfacimento del substrato geologico retrostante. I modelli di sottosuolo emersi dalle sezioni geologiche realizzate possono essere quindi di 2 tipi:

- substrato affiorante composto dalle Litofaces Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico Arenacea e Pelitica con una copertura di materiale eluvio-colluviale < 3.0 mt
- coltre eluvio colluviale di natura limoso-sabbiosa, sabbioso-limosa o ghiaioso-sabbiosa di spessore variabile compreso tra 3-15 mt. su substrato composto dalle Litofaces Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico-Arenacea e Pelitica;
- depositi alluvionali di natura ghiaioso-sabbiosa e sabbioso-limosa di spessore variabile tra 5-20 mt. su substrato composto dalle Litofaces Conglomeratica, Arenacea, Arenaceo-Pelitica, Pelitico Arenacea e Pelitica.

Al fine di rappresentare graficamente il modello del sottosuolo del comune di Montedinove sono state realizzate n.3 sezioni litostratigrafiche schematiche (Sezione A-A' in scala 1:2.000, Sezioni B-B' in scala 1:1.000, sezione C-C' in scala 1:1000, sezione D-D' in scala 1:1000, sezione E-E' in scala 1:1000) riportate nella tavola Sezioni Geologiche allegata al presente studio.

I modelli di sottosuolo vengono meglio esplicitati nel paragrafo 8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) all'interno del quale vengono descritte nel dettaglio le zone in cui risulta suddiviso il territorio comunale in base alle caratteristiche geologico-stratigrafiche e sismiche.

Pertanto sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche reperite ed eseguite ad hoc per la redazione del presente studio sono stati individuati i parametri geotecnici e geofisici riassunti nella seguente tabella (**Tabella 5.1.1**).

Tab. 5.1 – Parametri geotecnici e geofisici delle litologie rinvenute									
Parametri	Depositi della Copertura								
	ML (ec)	SM (ec)	GM (ec)	GM (cz)	ALS	SF_GRS	GRS	COS	
								alterato	integro
Vs (m/s)	252	191	340	356	532	500	1408	264	560-650
Peso volume (KN/m ³)	18,6	19,8	17,6	17,6	19,6	19,6	22	19,6	19,6
SPT	3--25	9--13	30--70	15--70	---	---	---	27-40	35->50
Coesione non drenata (kPa)	10-150	50-80	--	--	140-200	---	---	100-150	290-350
Indice di plasticità	15-20	---	---	--	15-20	---	---	15-30	15-30
Coesione efficace (kPa)	10--15	10--15	---	--	15-25	---	---	20-40	20-50
G modulo rigidezza al taglio (Mpa)	---	7,12-58,38	---	---	---	---	---	---	---
Coeff. Poisson	0,35	0,35	0,35	0,35	0,27	0,35	0,28	0,46	0,46
Modulo di Elasticità (Mpa)	---	25-30	>30	12--34	14-32	14-40	14-40	---	---
Modulo edometrico (MPa)	4,5-30	---	---	---	---	---	---	14-40	14-40
Angolo d'attrito (°)	18-34	29-32°	>35	29-32°	>30	>30	>35	22	25

*I valori relativi al GRS sono stati desunti da prove eseguite su terreni simili.

Per l'esecuzione delle modellazioni di risposta sismica locale 1D sono state utilizzate le seguenti curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio (G/G_0) e smorzamento (D):

Litotipo ML-ec e Litotipo ALS			
Strain (%)	G/G_0	Strain (%)	Damping (%)
1.00e-04	1.000	1.00e-04	1.000
3.16e-04	1.000	3.16e-04	1.000
1.00e-03	0.990	1.00e-03	1.000
3.16e-03	0.940	3.16e-03	2.600
1.00e-02	0.810	1.00e-02	4.500
3.16e-02	0.640	3.16e-02	7.500
1.00e-01	0.410	1.00e-01	11.600
3.16e-01	0.220	3.16e-01	16.000
1.00e+00	0.100	1.00e+00	20.000
<i>Vucetic & Dobry, $PI = 15$</i>			

Litotipo SM-ec			
Strain (%)	G/G₀	Strain (%)	Damping (%)
2.90e-04	1.000	2.90e-04	2.620
5.90e-04	0.992	5.90e-04	2.620
1.40e-03	0.960	1.40e-03	3.240
2.60e-03	0.898	2.60e-03	3.480
4.65e-03	0.820	4.65e-03	4.260
1.02e-02	0.678	1.02e-02	6.100
1.54e-02	0.588	1.54e-02	7.160
2.12e-02	0.517	2.12e-02	8.280
3.35e-02	0.423	3.35e-02	9.730
4.79e-02	0.344	4.79e-02	11.720
6.93e-02	0.264	6.93e-02	13.840
1.03e-01	0.188	1.03e-01	16.110
1.96e-01	0.110	1.96e-01	21.430
<i>Da prova di Colonna Risonante Campione prelevato a Montedinove CI-SIDH (DISEG) del Politecnico di Torino</i>			

Litotipo GM-ec, GM-cz e Litotipo SF_GRS			
Strain (%)	G/G₀	Strain (%)	Damping (%)
1.00e-04	0.997	1.00e-04	0.949
5.00e-04	0.983	5.00e-04	1.239
1.00e-03	0.967	1.00e-03	1.498
2.00e-03	0.937	2.00e-03	1.905
5.00e-03	0.862	5.00e-03	2.805
1.00e-02	0.773	1.00e-02	3.894
2.00e-02	0.662	2.00e-02	5.454
3.00e-02	0.589	3.00e-02	6.605
4.00e-02	0.535	4.00e-02	7.523
5.00e-02	0.490	5.00e-02	8.282
7.50e-02	0.404	7.50e-02	9.737
1.00e-01	0.341	1.00e-01	10.793
2.00e-01	0.207	2.00e-01	13.229
5.00e-01	0.094	5.00e-01	15.758
7.50e-01	0.065	7.50e-01	16.555
1.00e+00	0.050	1.00e+00	17.009
<i>Rollins (1998)</i>			

Litotipo COS			
Strain (%)	G/G₀	Strain (%)	Damping (%)
1.00e-04	1.000	1.00e-04	2.570
1.00e-04	1.000	1.00e-04	2.570
4.00e-04	1.000	4.00e-04	2.570
7.00e-04	1.000	7.00e-04	2.570
1.40e-03	0.991	1.40e-03	2.570
3.40e-03	0.964	3.40e-03	3.890
5.00e-03	0.933	5.00e-03	4.110
6.40e-03	0.909	6.40e-03	4.380
9.00e-03	0.851	9.00e-03	4.880
1.16e-02	0.804	1.16e-02	5.440
1.47e-02	0.742	1.47e-02	6.060
1.72e-02	0.703	1.72e-02	6.550
2.22e-02	0.643	2.22e-02	7.890
2.78e-02	0.581	2.78e-02	8.990
3.57e-02	0.512	3.57e-02	10.350
4.53e-02	0.449	4.53e-02	11.400
5.50e-02	0.407	5.50e-02	12.340
6.77e-02	0.359	6.77e-02	13.250
<i>Da prova di Colonna Risonante Campione prelevato a Monterinaldo (DISEG) del Politecnico di Torino</i>			

Litotipo GRS			
Strain (%)	G/G₀	Strain (%)	Damping (%)
1.00e-04	1.000	1.00e-04	0.500
1.00e-02	1.000	1.00e-02	0.500
1.00e+00	1.000	1.00e+00	0.500
<i>Lineare Elastica</i>			

5.2. Sezioni geologico-tecniche

Al fine di rappresentare graficamente il modello del sottosuolo del comune di Montedinove sono state realizzate n.3 sezioni litostratigrafiche schematiche riportate nella tavola Sezioni Geologiche allegata al presente studio.

L'obiettivo delle sezioni eseguite è stato quello di mettere in evidenza la morfologia, l'assetto strutturale e la geometria fra copertura e substrato geologico.

Il profilo A-A' evidenzia la morfologia a cresta molto accentuata che caratterizza la porzione del centro storico dell'abitato di Montedinove, in cui affiora il substrato granulare stratificato cementato (GRS), il quale nella porzione superiore risulta alterato. Lungo le sezioni B-B' e C-C' è stata eseguita l'analisi di risposta sismica locale bidimensionale.

Nella sezione A-A', è possibile osservare la presenza del substrato GRS in affioramento nell'area del centro storico mentre spostandoci verso est, si osserva l'approfondimento di tale litotipo, il quale si rinviene al di sotto di uno spessore crescente da ovest verso est di sedimenti appartenenti al litotipo ALS.

Dalle indagini HVSR è stato possibile osservare una diminuzione delle frequenze di picco spostandoci verso est, correlabile con un aumento dello spessore del substrato ALS che poggia sul substrato GRS caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche molto elevata ($V_s=1408$ m/s).

Dalla sezione B-B' e C-C' sono state individuate diverse microzone omogenee in prospettiva sismica in relazione ai diversi spessori delle litologie rinvenute e ai diversi substrati che affiorano nell'area (MOPS 2002 e 2003).

In fine dalla sezione A-A' emerge, nella porzione più ad est, la presenza di sedimenti costituenti la coltre GM-cz poggianti su substrato ALS che a sua volta poggia su substrato GRS, aventi uno spessore variabile da 3 a 15 mt. (MOPS 2006).

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini geologiche e geofisiche eseguite ex-novo non hanno permesso la caratterizzazione diretta di tutti i litotipi rinvenuti nell'area oggetto di analisi di MS di livello III. Il carotaggio continuo spinto alla profondità di 35 metri dal p.c. (indagini P128) e successivamente attrezzato per la realizzazione della prova DownHole ha permesso di caratterizzare direttamente i litotipi ALS e GSR. In fase di modellazione 1D sono state utilizzate curve G/G_0 e D di bibliografia per i litotipi ML e ALS (Vucetic & Dobry, $PI = 15$) e GM-ec, GM-cz e GRS (Rollins et al. 1998), per il litotipo SM-ec sono state utilizzate le curve di laboratorio determinate dal POLITO sul campione prelevato a Montedinove (AP) mentre per il litotipo COS ci si è basati sulle curve di laboratorio determinate dal POLITO sul campione prelevato in litologie simili per lo studio di MS livello III del Comune di Monterinaldo (FM).

Per le VS del litotipo ALS, GRS e SM_ec, sono stati utilizzati i valori ottenuti dalla prova DownHole eseguita nel foro di sondaggio realizzato per lo studio di MS di livello III nel Comune di Montedinove, mentre per il COS è stata utilizzata la velocità emersa dalla prova DownHole eseguita nel Comune di Montalto delle Marche eseguita dal CNR di Napoli, per i litotipi GM-ec, GM-cz e ML-ec ci si è basati sulle velocità emerse dalle prove MASW eseguite ex-novo in occasione del presente studio in corrispondenza dei suddetti litotipi (L5, L6, L8 e L9).

Per la porzione più superficiale del substrato geologico granulare stratificato (GRS), la velocità è stata caratterizzata dal punto di vista geofisico attraverso l'indagine sismica MASW eseguita nel centro storico dell'abitato di Montedinove (L7).

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione

7.1.1. Scelta dell'input sismico

Si specifica che l'input sismico di riferimento per il Comune di Montedinove è stato fornito dal Centro di MS. Nel grafico della Figura 7.1 sono messi a confronto gli spettri degli accelerogrammi selezionati, lo spettro medio degli accelerogrammi selezionati, lo spettro di riferimento da normativa comprensivo dei livelli di tolleranza minimo e massimo. Sono inoltre riportati i criteri utilizzati dal centro di MS per la selezione degli accelerogrammi di input.

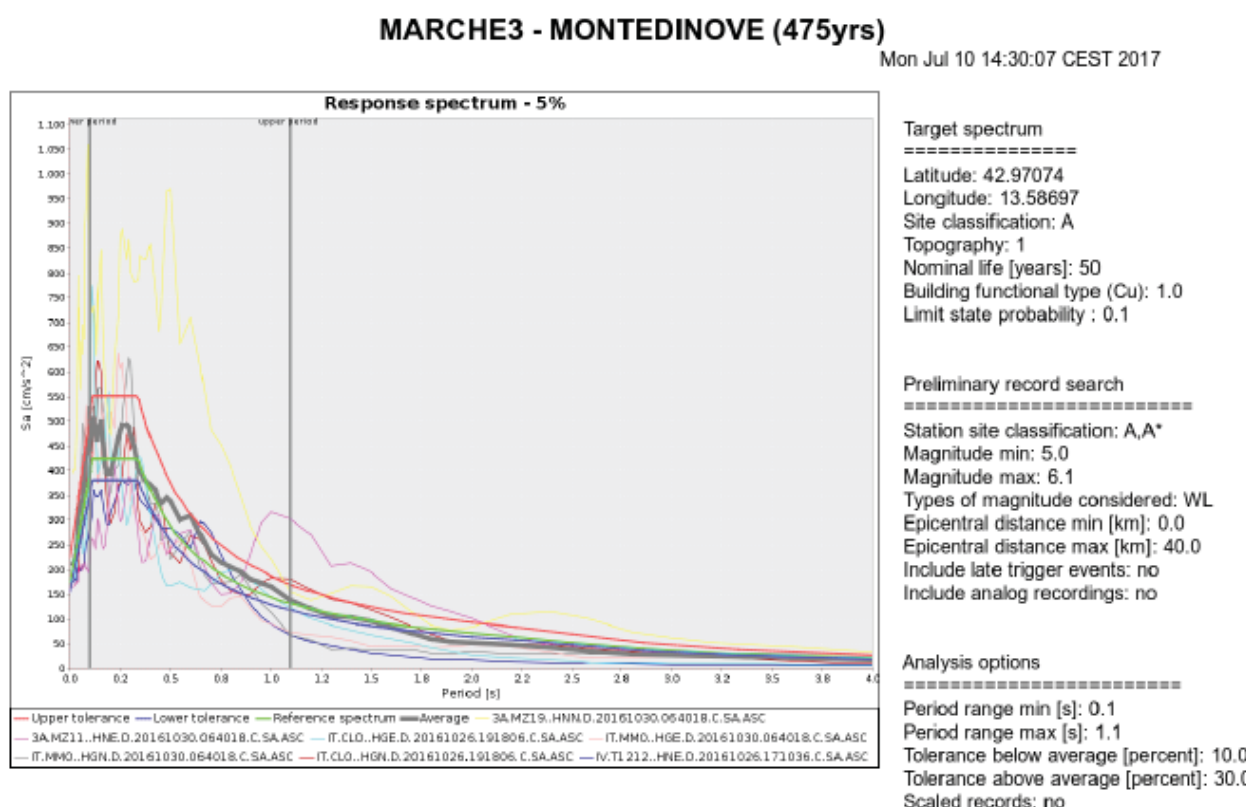
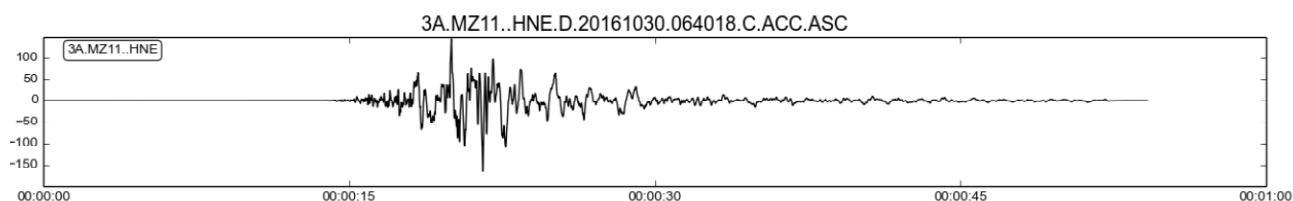


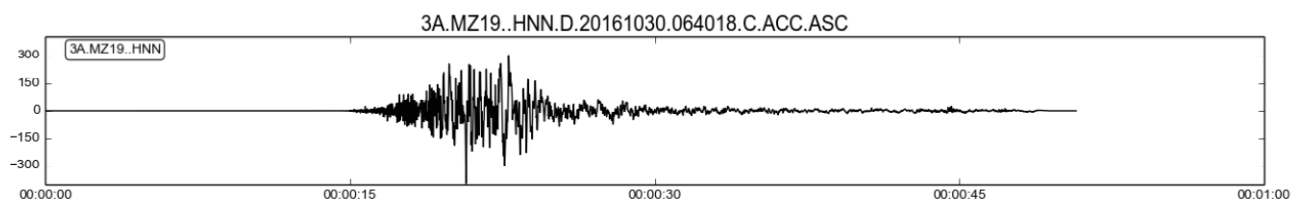
Fig. 7.1.1.1 – Criteri di selezione degli accelerogrammi di input con relativi spettri singoli, medi e di riferimento normativo.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche degli accelerogrammi selezionati.

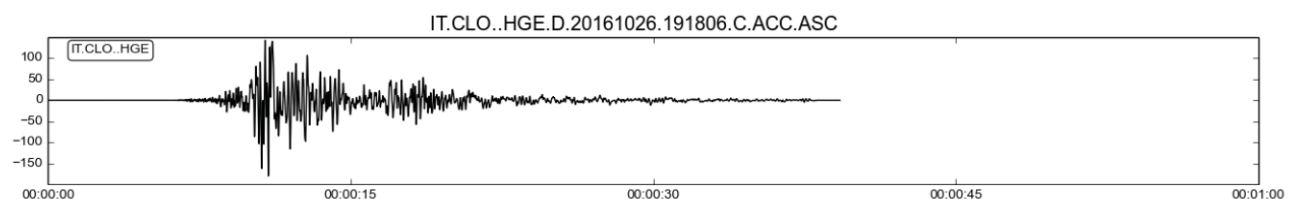
ID evento: EMSC-20161030_0000029 Data: 30/10/2016 Ora:06:40:18
Latitudine evento: 42.8322 Longitudine evento: 13.1107
Profondità evento: 9.2 km Mw: 6.5 MI: 6.1
Stazione di registrazione: bedrock nord Sant'Angelo – INGV
Latitudine stazione: 42.662910 Longitudine stazione: 13.307648 Altezza: 1.231 m.s.l.m
Distanza epicentrale: 24.8 km



ID evento: EMSC-20161030_0000029 Data: 30/10/2016 Ora:06:40:18
Latitudine evento: 42.8322 Longitudine evento: 13.1107
Profondità evento: 9.2 km Mw: 6.5 MI: 6.1
Stazione di registrazione: Pasciano cimitero - INGV
Latitudine stazione: 42.641090 Longitudine stazione: 13.206917 Altezza: 1.107 m.s.l.m
Distanza epicentrale: 22.6 km



ID evento: EMSC-20161026_0000095 Data: 26/10/2016 Ora:19:18:06
Latitudine evento: 42.9087 Longitudine evento: 13.1288
Profondità evento: 7.5 km Mw: 5.9 MI: 5.9
Stazione di registrazione: Castelluccio di Norcia
Latitudine stazione: 42.829399 Longitudine stazione: 13.206000 Altezza: 1.456 m.s.l.m
Distanza epicentrale: 10.8 km



ID evento: EMSC-20161026_0000095 Data: 26/10/2016 Ora:19:18:06

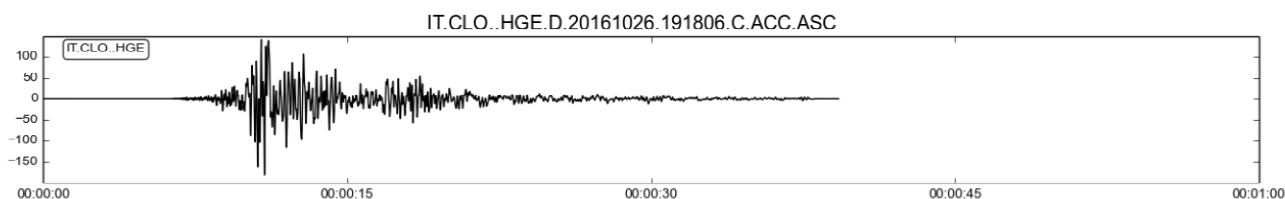
Latitudine evento: 42.9087 Longitudine evento: 13.1288

Profondità evento: 7.5 km Mw: 5.9 MI: 5.9

Stazione di registrazione: Castelluccio di Norcia

Latitudine stazione: 42.829399 Longitudine stazione: 13.206000 Altezza: 1.456 m.s.l.m

Distanza epicentrale: 10.8 km



ID evento: EMSC-20161030_0000029 Data: 30/10/2016 Ora:06:40:18

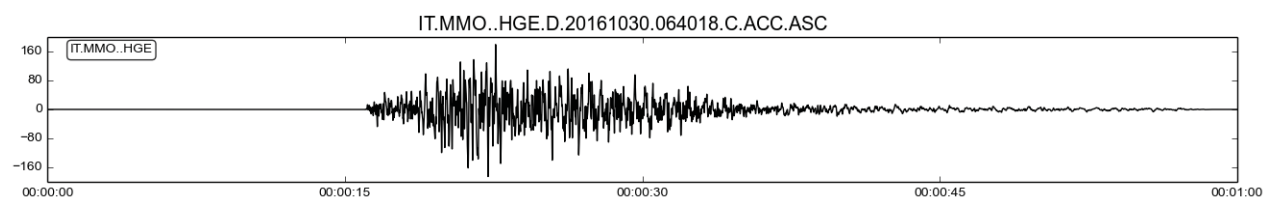
Latitudine evento: 42.8322 Longitudine evento: 13.1107

Profondità evento: 9.2 km Mw: 6.5 MI: 6.1

Stazione di registrazione: Montemonaco

Latitudine stazione: 42.899300 Longitudine stazione: 13.326800 Altezza: 1.030 m.s.l.m

Distanza epicentrale: 19.2 km



ID evento: EMSC-20161030_0000029 Data: 30/10/2016 Ora:06:40:18

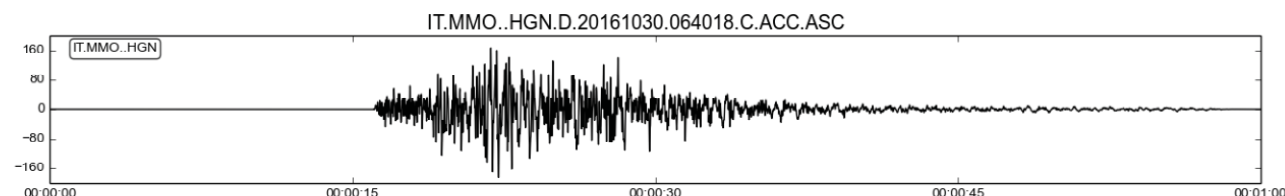
Latitudine evento: 42.8322 Longitudine evento: 13.1107

Profondità evento: 9.2 km Mw: 6.5 MI: 6.1

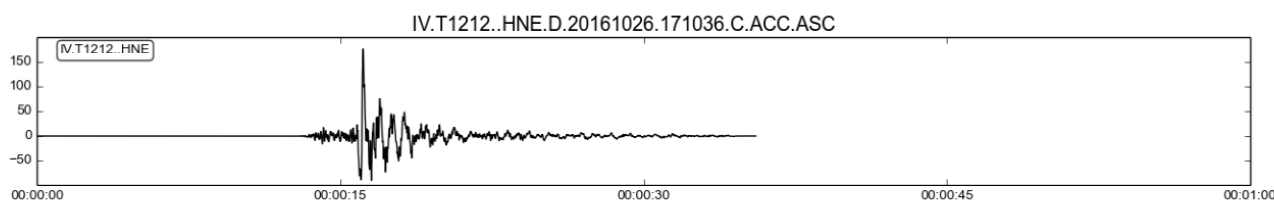
Stazione di registrazione: Montemonaco

Latitudine stazione: 42.899300 Longitudine stazione: 13.326800 Altezza: 1.030 m.s.l.m

Distanza epicentrale: 19.2 km



ID evento: EMSC-20161026_0000077 Data: 26/10/2016 Ora: 17:10:36
 Latitudine evento: 42.8802 Longitudine evento: 13.1275
 Profondità evento: 8.7 km Mw: 5.4 MI: 5.4
 Stazione di registrazione: Avendita PG
 Latitudine stazione: 42.751556 Longitudine stazione: 13.044636 Altezza: 869 m.s.l.m
 Distanza epicentrale: 15.8 km



7.1.2. Simulazioni numeriche

Le simulazioni numeriche monodimensionali sono state eseguite in ottemperanza a quanto previsto nei “*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*” e per le sole zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ad esclusione, quindi, delle zone instabili come previsto nel punto 3 dei suddetti protocolli.

Le analisi monodimensionali sono state realizzate con il codice di calcolo Strata (versione: alpha, revision: 381). In prima analisi è stata eseguita una calibrazione del modello del sottosuolo con applicazione del metodo Lineare Elastico e raffronto tra le frequenze fondamentali di sito registrate mediante indagine diretta HVSR (f_0) e quelle determinate numericamente (f_{calc}) utilizzando il profilo Vs desunto dalle prove MASW o DownHole eseguite.

A calibrazione avvenuta è stata eseguita la modellazione nel metodo Lineare Equivalente ai modelli di sottosuolo individuati. Al fine di garantire l’accuratezza numerica, le dimensioni massime degli elementi sono state scelte in funzione della frequenza massima di interesse per la quale deve essere garantita la corretta condizione di trasmissione delle onde. Facendo riferimento alla minima lunghezza d’onda d’interesse è stata quindi definita la dimensione massima degli elementi per ogni materiale modellato:

$$h_{max} = \lambda_{min}/6 = VS / (6 \cdot \div 8) f_{max}$$

dove:

- f_{max} : massima frequenza di interesse, posta pari a 20 Hz;
- VS : velocità di propagazione delle onde di taglio nel materiale.

Inoltre come parametri di calcolo sono stati selezionati i seguenti valori: error tolerance 2,0%, numero massimo di iterazioni pari a 10 e effective strain ratio pari a 0,65.

Per le MOPS oggetto di studio di livello III sono state condotte sette analisi differenti, corrispondenti ai sette accelerogrammi selezionati. Per ogni analisi condotta sono quindi state determinate le deformazioni massime a convergenza, caratteristiche di ogni elemento e i corrispondenti parametri equivalenti, in termini di decadimento del modulo di rigidezza a taglio e fattore di smorzamento.

I risultati delle analisi consistono quindi in sette accelerogrammi e i corrispondenti sette spettri di risposta in superficie per ogni MOPS.

L'elaborazione dei risultati è stata effettuata come indicato nei "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".

Per ogni MOPS sono quindi stati determinati, considerando l'insieme dei risultati ottenuti, i Fattori di Amplificazione (FA) relativi ai tre campi di periodi oggetto di studio (0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s), secondo le seguenti relazioni:

$$FA_{T_a-T_b} = \frac{O_{T_a-T_b}}{I_{T_a-T_b}}$$

$$I_{T_a-T_b} = \frac{1}{T_a - T_b} \cdot \int_{T_b}^{T_a} PSA_i(T) dT$$

$$O_{T_a-T_b} = \frac{1}{T_a - T_b} \cdot \int_{T_b}^{T_a} PSA_o(T) dT$$

I valori di FA medi relativi ad ogni MOPS sono poi stati ottenuti mediante media logaritmica dei sette FA relativi all'analisi di ogni singolo accelerogramma selezionato. Per mezzo, quindi, del foglio di calcolo Excel fornito dal Centro di MS è stata applicata la seguente formula:

$$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$$

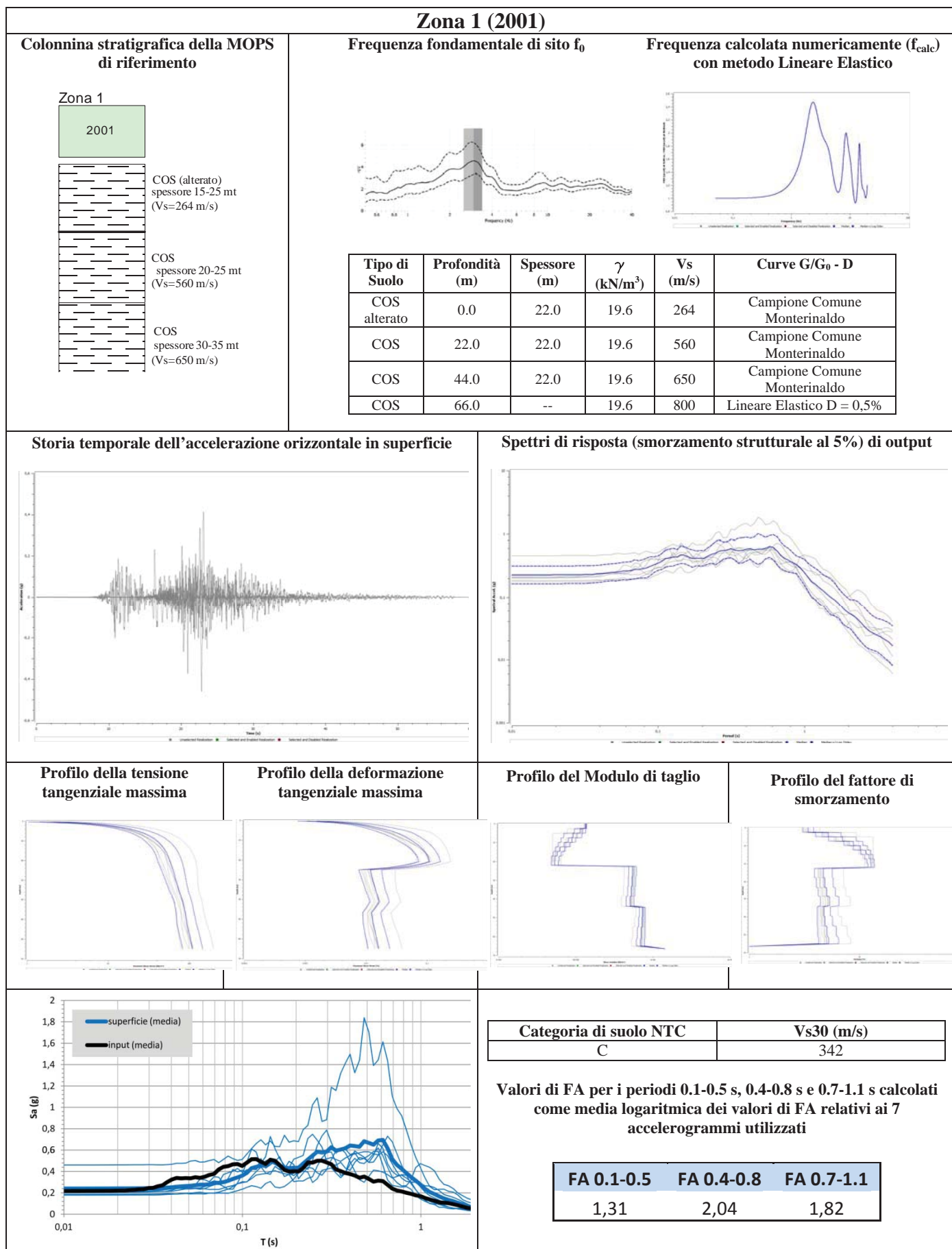
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

Per una descrizione delle simulazioni numeriche 2D eseguite dal Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG), si rimanda alla relazione tecnica a firma del Prof. Ing. Sebastiano Foti e Ing. Andrea Ciancimino riportata nell'**Allegato A** della presente relazione.

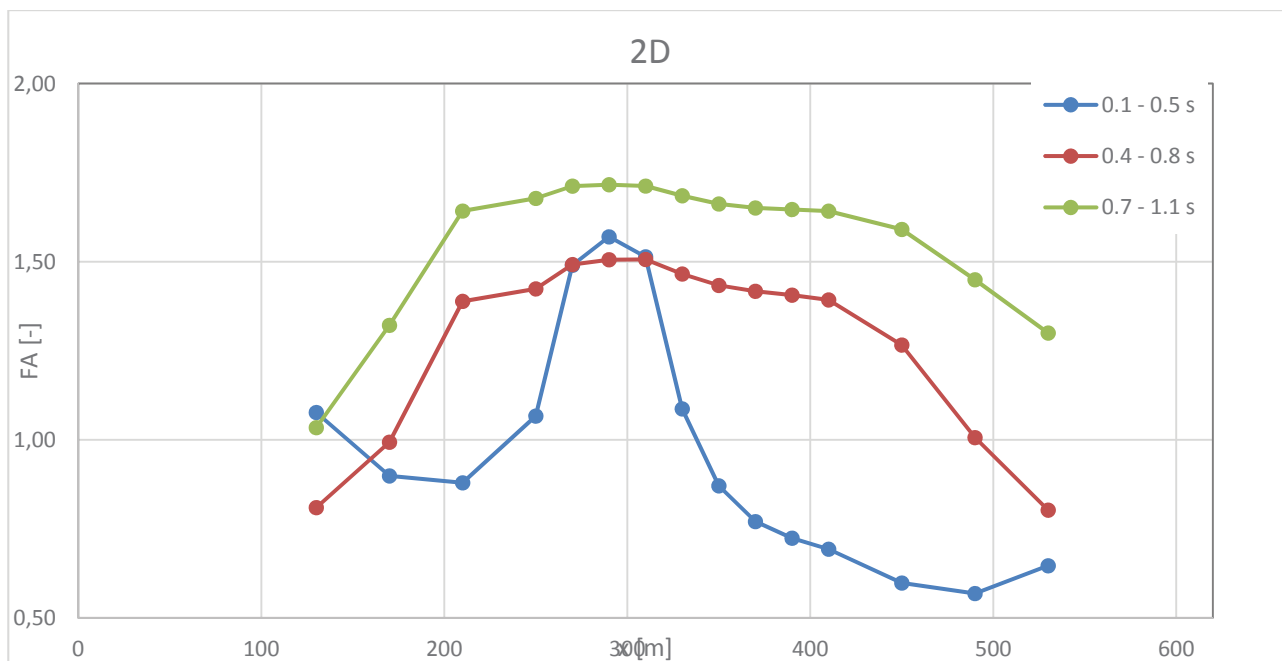
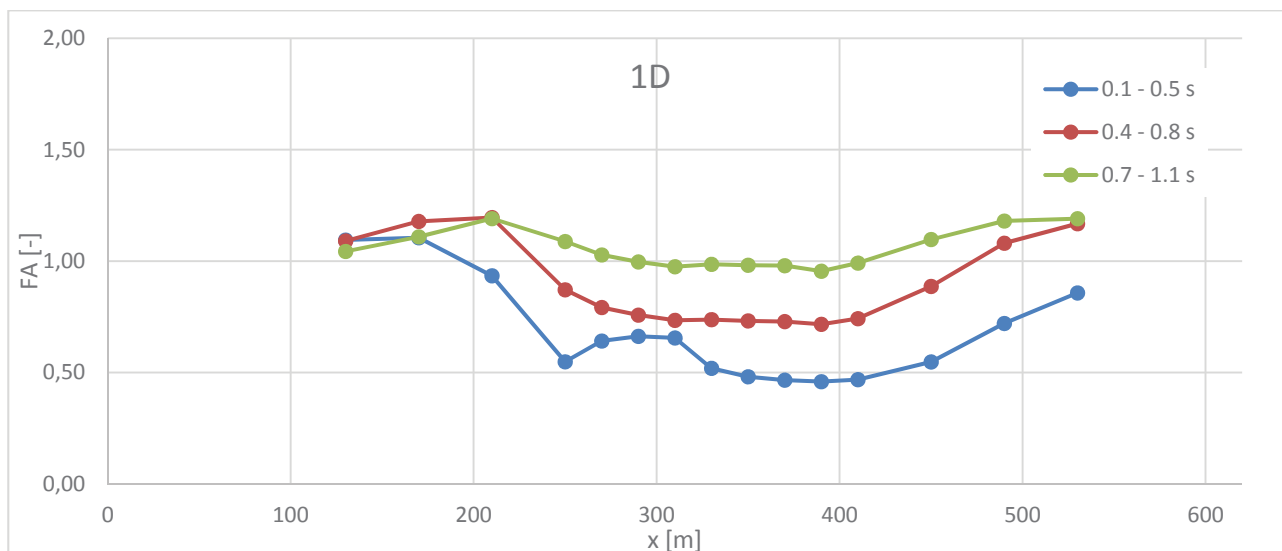
Si specifica che la modellazione 2D è stata redatta lungo i profili geologici B-B' e C-C' e applicata alla MOPS numero 2002 e 2003.

7.1.3. Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi numeriche monodimensionali (1D) per ognuna delle MOPS ricadenti nel perimetro di analisi di MS di livello III fornito dal Centro di MS.



Nella MOPS 2002 (sezione C-C') è stata eseguita una modellazione numerica bidimensionale (2D), la quale ha fornito risultati più gravosi rispetto ai modelli 1D. Quindi di seguito si riporta l'analisi 2D eseguita dal Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG), poiché oltre agli effetti stratigrafici si tiene conto degli effetti topografici non modellabili da analisi monodimensionali.



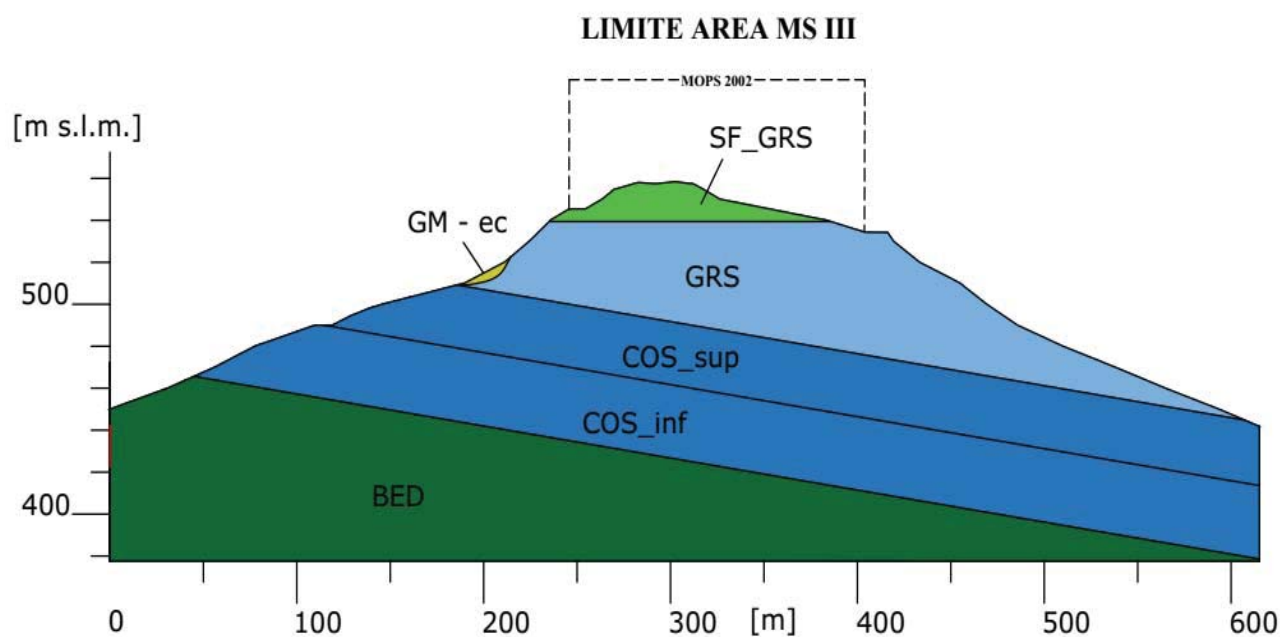
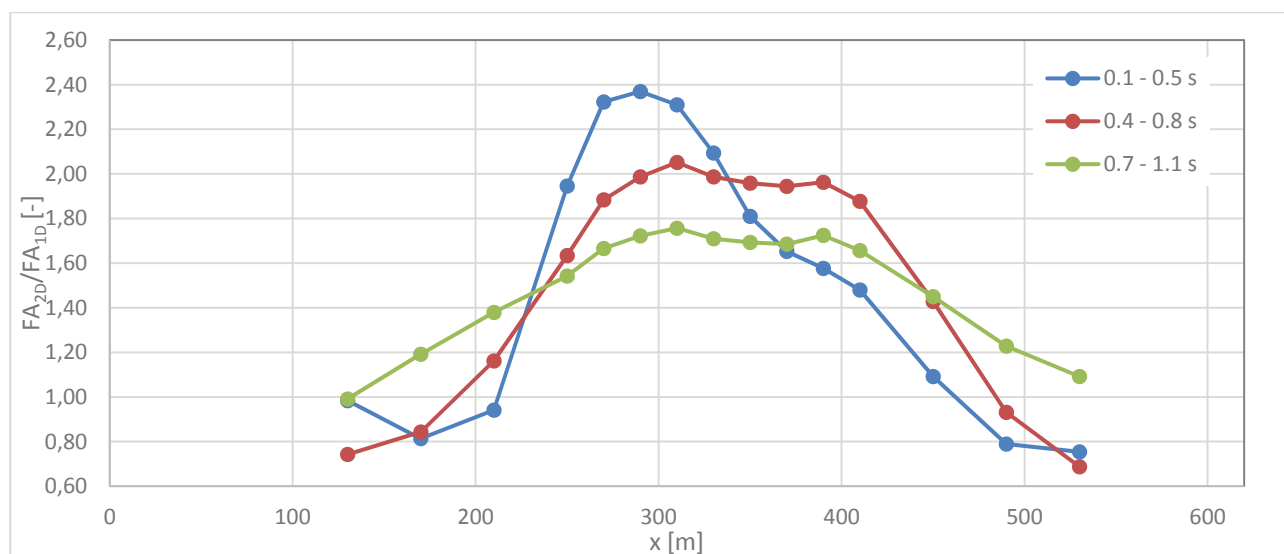
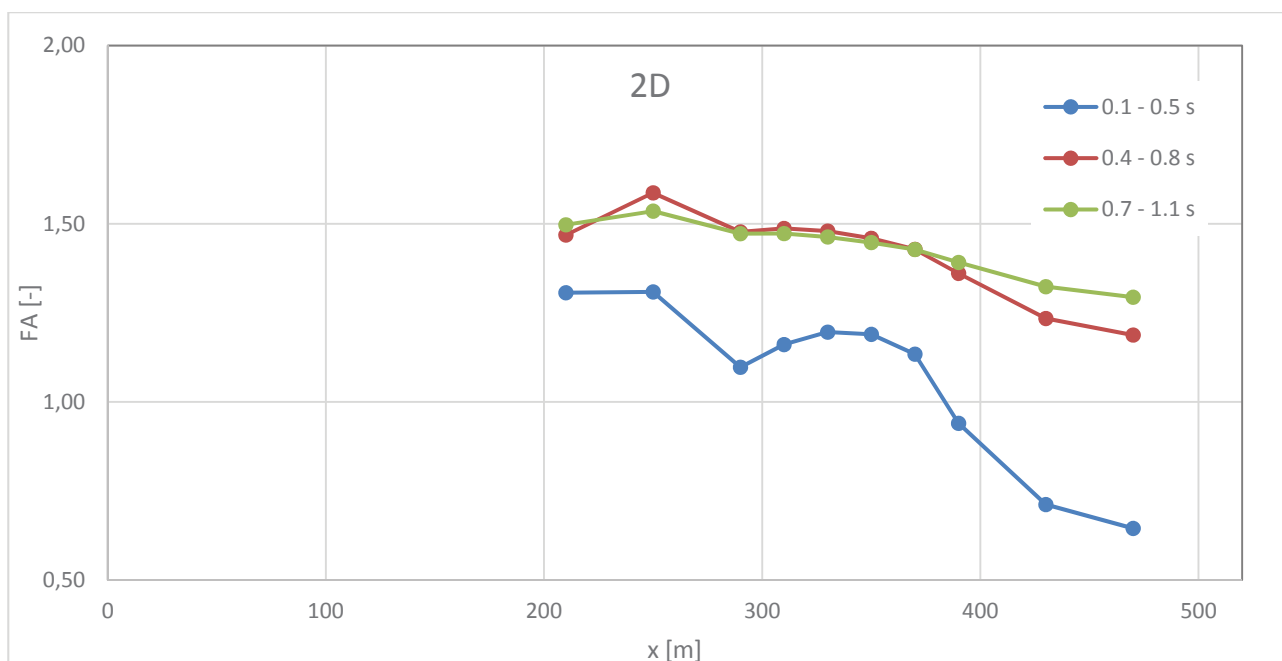
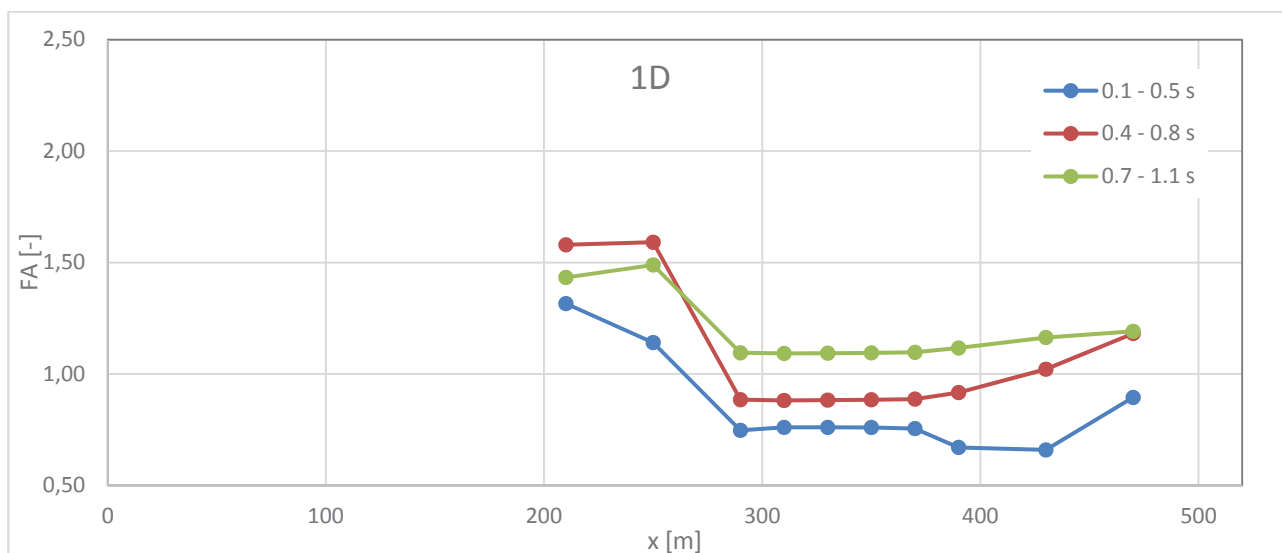


Fig. 7.1.3.1 - Fattori di amplificazione medi delle analisi a) monodimensionali e b) bidimensionali; c) rapporto tra i fattori di amplificazione 2D e 1D; passo 10 m – Sezione CC' calcolati dal POLITO (All.A).

Risultati 2D - MOPS 2002				
X_i (m)	X_f (m)	FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
245	405	1,57	1,51	1,72

Nella MOPS 2003 (sezione B-B') è stata eseguita una modellazione numerica bidimensionale (2D), la quale ha fornito risultati più gravosi rispetto ai modelli 1D. Quindi di seguito si riporta l'analisi 2D eseguita dal Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG), poiché oltre agli effetti stratigrafici si tiene conto degli effetti topografici non modellabili da analisi monodimensionali.



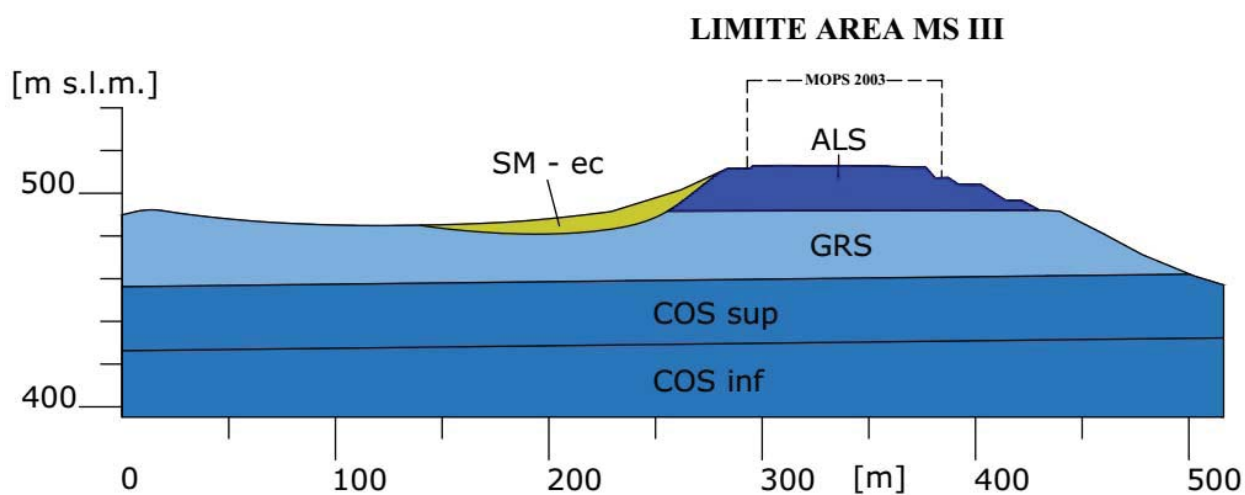
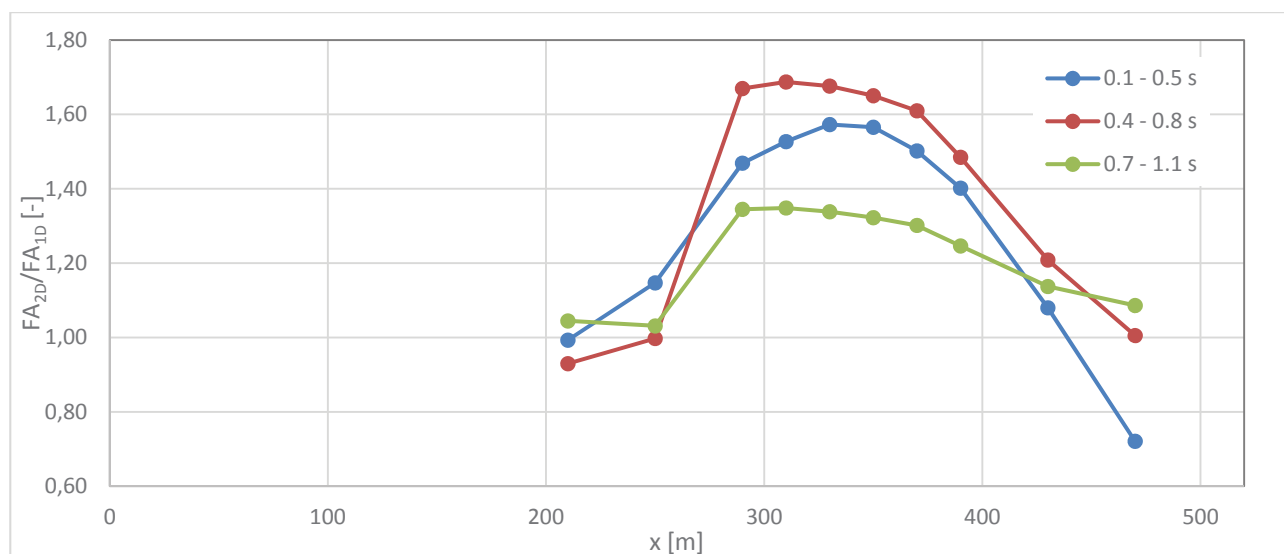


Fig. 7.2 - Fattori di amplificazione medi delle analisi a) monodimensionali e b) bidimensionali; c) rapporto tra i fattori di amplificazione 2D e 1D; passo 10 m – Sezione BB' calcolati dal POLITO (AII.A).

Risultati 2D - MOPS 2003				
X _i (m)	X _f (m)	FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
290	400	1,20	1,47	1,46

Zona 4 (2004)**Colonnina stratigrafica della MOPS di riferimento****Zona 4**

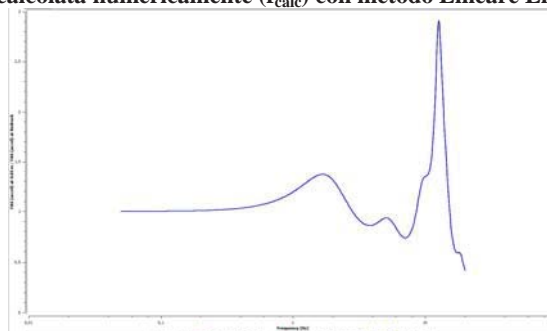
GM Ghiaie limose,
miscela di ghiaia
sabbia e limo con
Dr= 66->80%
e angolo d'attrito >35°
con spessore 3 - 15 mt

GRS
(Vs=1408 m/s)

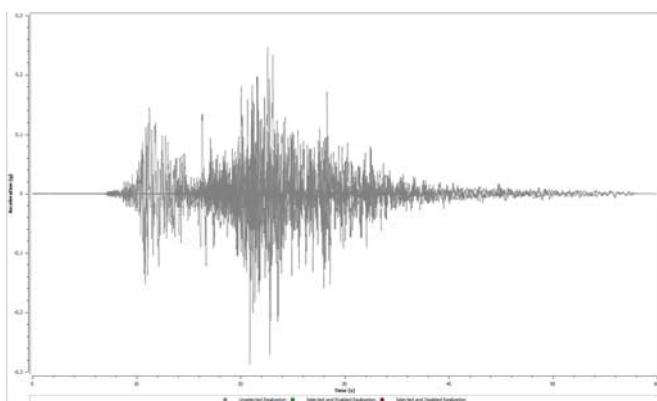
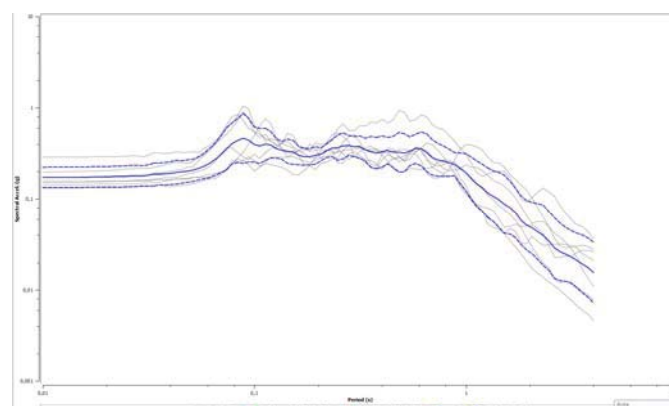
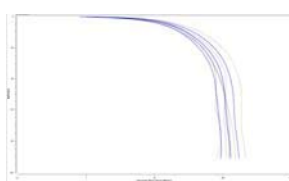
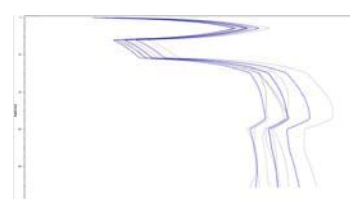
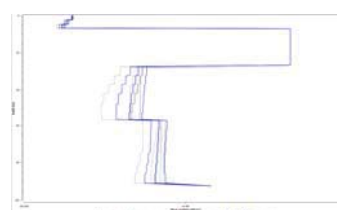
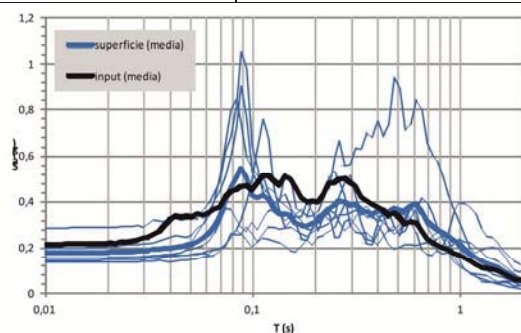
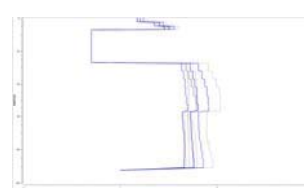
S

COS
spessore tra 25-30 mt
(Vs=560 m/s)

COS
spessore tra 30-35 mt
(Vs=650 m/s)

Frequenza calcolata numericamente (f_{calc}) con metodo Lineare Elastico

Tipo di Suolo	Profondità (m)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	Vs (m/s)	Curve G/G ₀ - D
GM-ec	0.0	7.0	17.6	340.0	Rollins at al. 1998
GRS	7.0	20.0	22.0	1408.0	Lineare Elastico
COS	27.0	30.0	19.6	560.0	COS_Monterinaldo
COS	57.0	35.0	19.6	650.0	COS_Monterinaldo
COS	92.0	--	19.6	800.0	Lineare Elastico

Storia temporale dell'accelerazione orizzontale in superficie**Spettri di risposta (smorzamento strutturale al 5%) di output****Profilo della tensione tangenziale massima****Profilo della deformazione tangenziale massima****Profilo del Modulo di taglio****Profilo del fattore di smorzamento****Categoria di suolo NTC**

A

Vs30 (m/s)

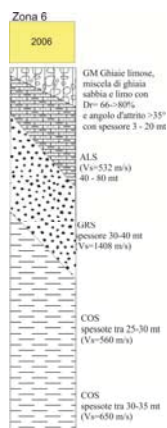
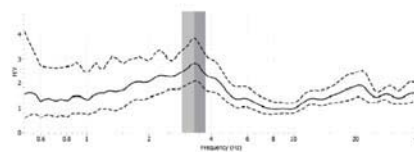
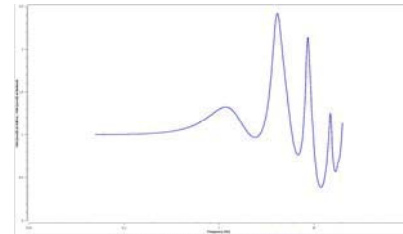
945

Valori di FA per i periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s calcolati come media logaritmica dei valori di FA relativi ai 7 accelerogrammi utilizzati

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1,00	1,21	1,30

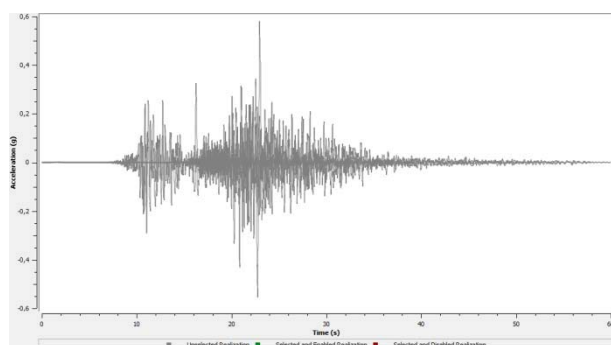
Zona 6 (2006)

Colonnina stratigrafica della MOPS di riferimento

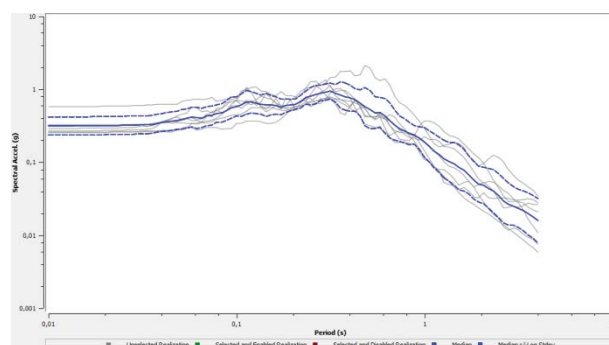
Frequenza fondamentale di sito f_0 Frequenza calcolata numericamente (f_{calc}) con metodo Lineare Elastico

Tipo di Suolo	Profondità (m)	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	Vs (m/s)	Curve G/G ₀ - D
GM-ec	0.0	13.0	17.6	356.0	Rollins at al. 1998
ALS	13.0	25.0	19.6	532.0	Vucetic & Dobry, PI = 15
GRS	38.0	30.0	22.0	1408.0	Lineare Elastico D = 1,0%
COS	68.0	30.0	19.6	560.0	COS_Monterinaldo
COS	98.0	35.0	19.6	650.0	COS_Monterinaldo
COS	133.0	---	19.6	800.0	COS_Monterinaldo

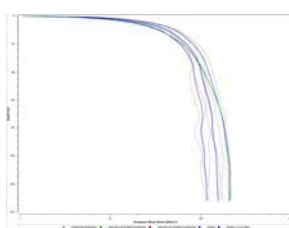
Storia temporale dell'accelerazione orizzontale in superficie



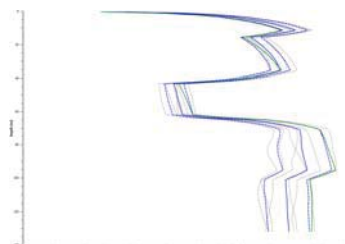
Spettri di risposta (smorzamento strutturale al 5%) di output



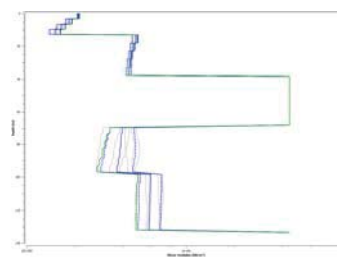
Profilo della tensione tangenziale massima



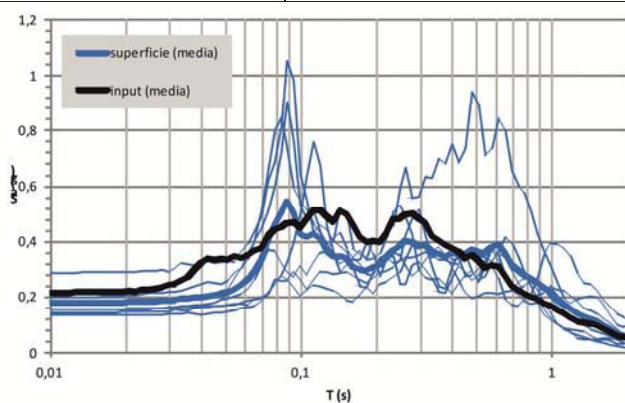
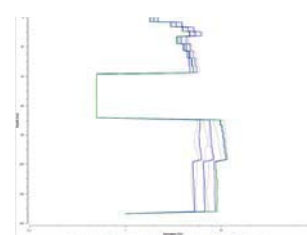
Profilo della deformazione tangenziale massima



Profilo del Modulo di taglio



Profilo del fattore di smorzamento



Categoria di suolo NTC

B

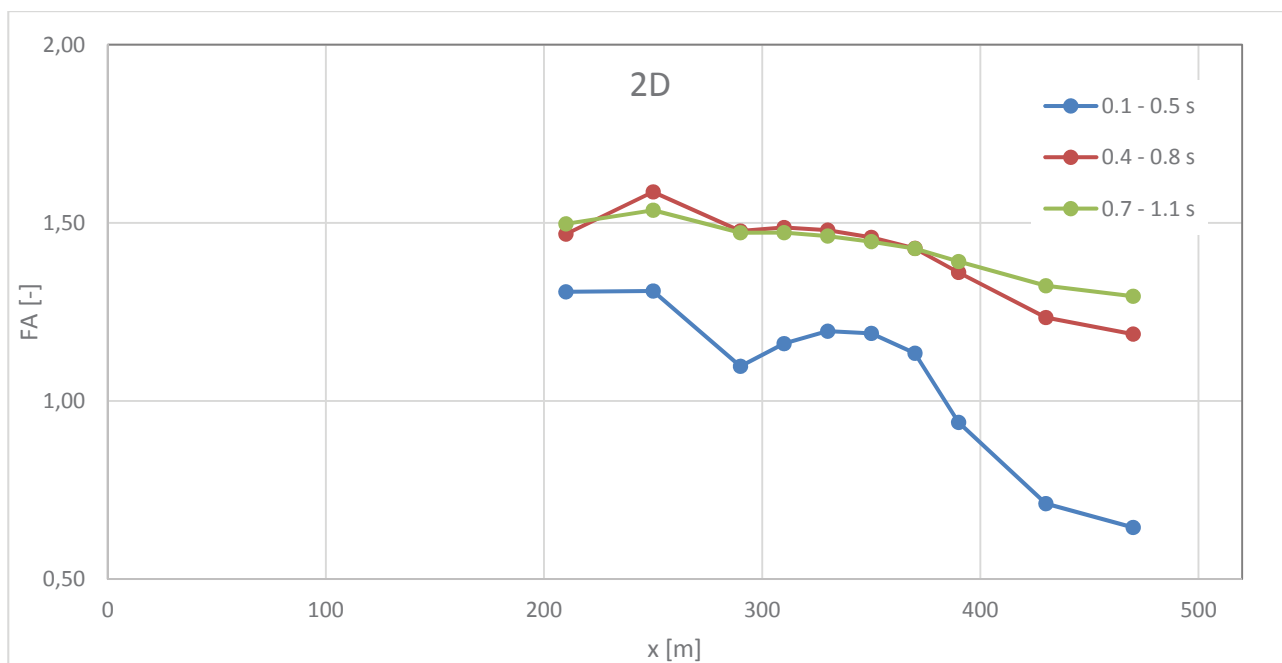
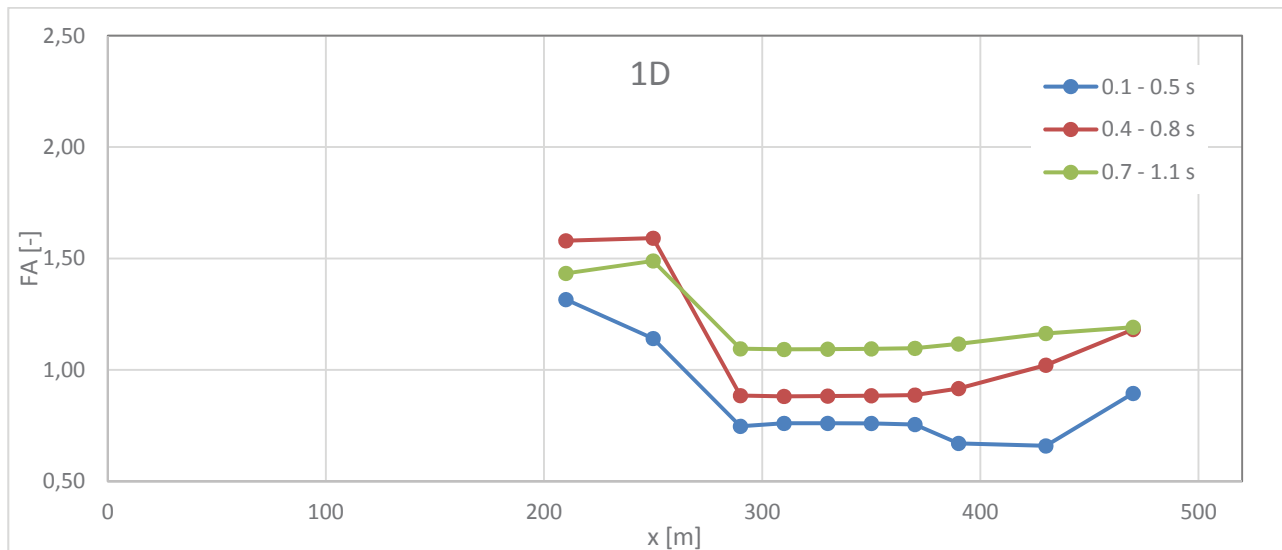
Vs30 (m/s)

455

Valori di FA per i periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s calcolati come media logaritmica dei valori di FA relativi ai 7 accelerogrammi utilizzati

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1,38	1,22	1,68

Per la MOPS 2007 sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla modellazione numerica bidimensionale (2D) eseguita dal Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG), per la MOPS 2003 poiché ritenute simili sia dal punto di vista stratigrafico che topografico.



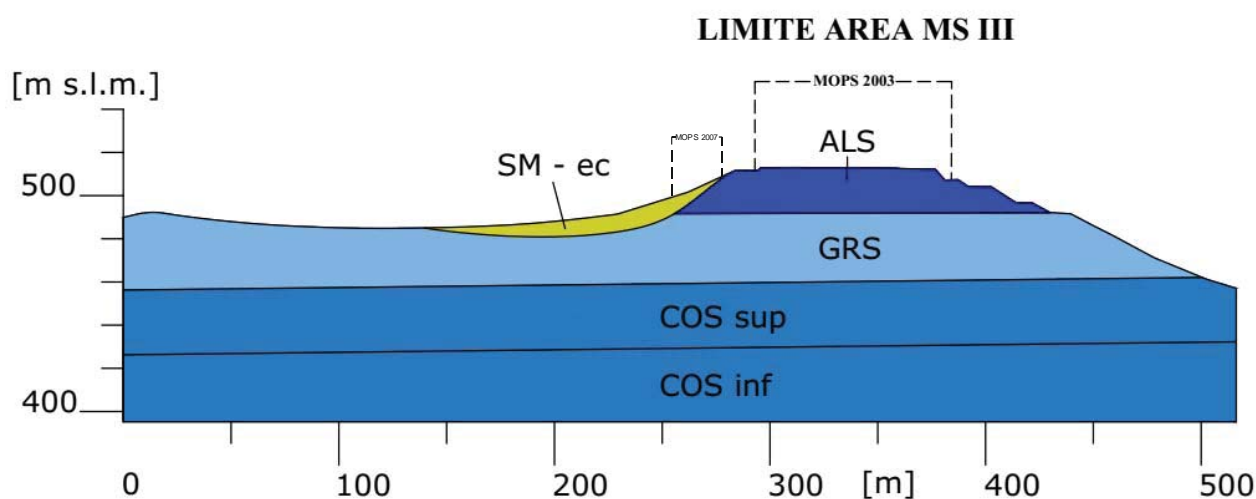
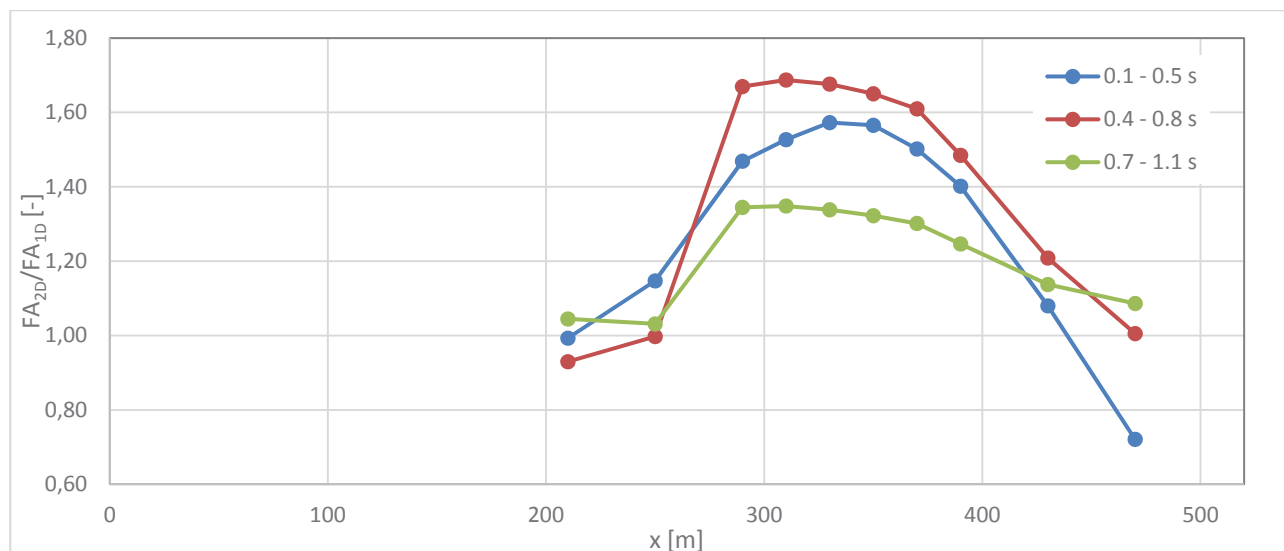
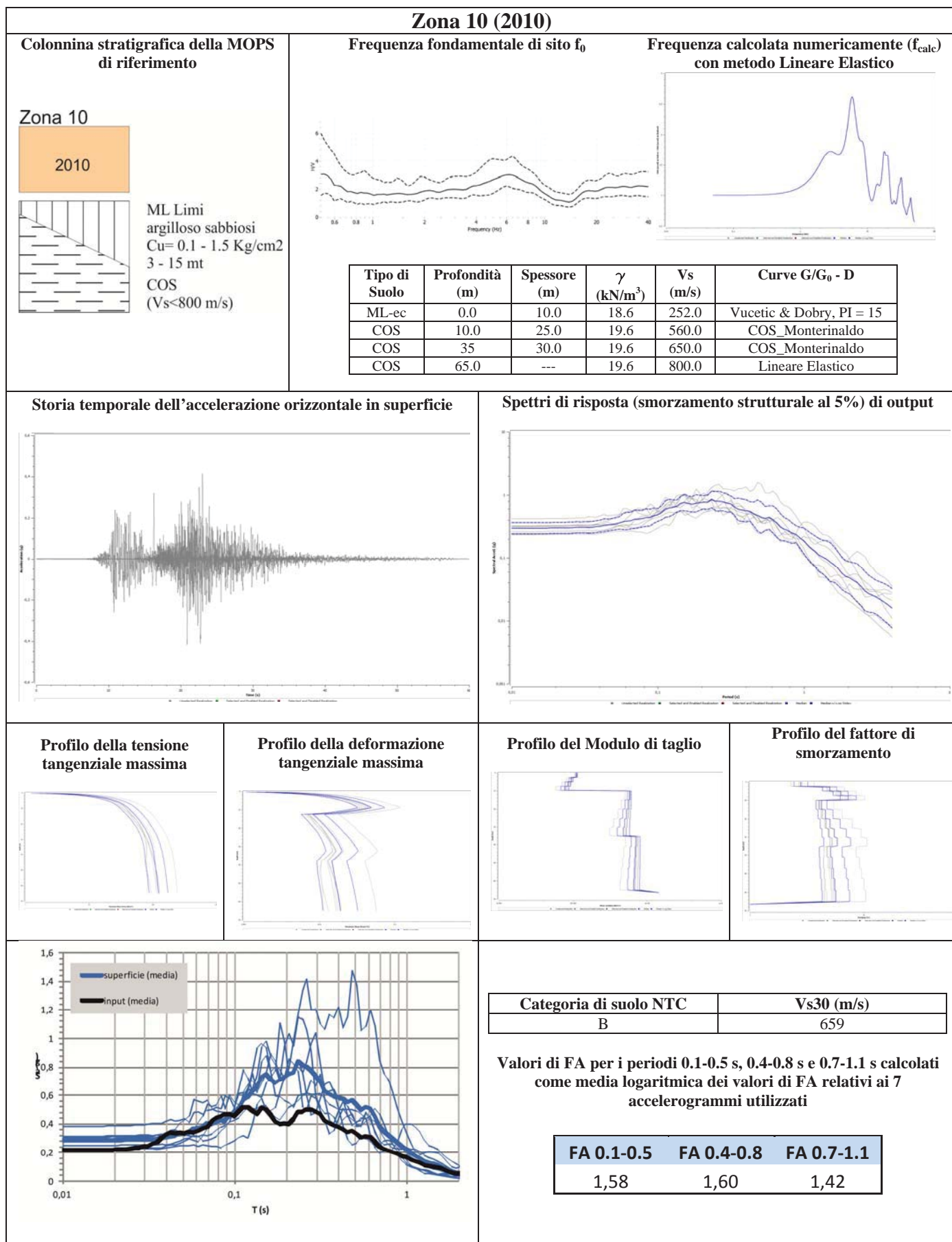


Fig. 7.2 - Fattori di amplificazione medi delle analisi a) monodimensionali e b) bidimensionali; c) rapporto tra i fattori di amplificazione 2D e 1D; passo 10 m – Sezione BB' calcolati dal POLITO (AII.A).

Risultati 2D - MOPS 2007				
X _i (m)	X _f (m)	FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
290	400	1,20	1,47	1,46



Per una descrizione più approfondita dei risultati delle simulazioni numeriche 2D eseguite dal Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG), si rimanda alla relazione tecnica a firma del Prof. Inf. Sebastiano Foti e Ing. Andrea Ciancimino riportata nell'**Allegato A** della presente relazione.

I file degli spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie calcolati uno per ogni spettro di input di ogni microzona analizzata sono archiviati nella cartella "MS23/Spettri", nel formato (.txt) e secondo le modalità previste dagli Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica versione 4.0b a pagina 76.

I file degli accelerogrammi calcolati in superficie uno per ogni spettro di input e per ogni microzona analizzata sono, invece, archiviati nella cartella "Indagini/Documenti/Accelerogrammi elaborazioni RSL 1D e 2D", nel formato (.txt) e secondo le modalità previste dagli Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica versione 4.0b a pagina 76-77.

7.2. Zone instabili

7.2.1. Faglie attive e capaci (FAC)

Dall'analisi della letteratura e bibliografia esistente (Database delle faglie capaci-sismogeniche d'Italia. ITHACA – ISPRA - Servizio Geologico d'Italia) nonché in relazione al rilevamento geologico e geomeccanico eseguito, non risultano presenti sul territorio del Comune di Montedinove faglie attive e capaci e/o faglie potenzialmente attive e capaci.

7.2.2. Liquefazioni (LQ)

Per ciò che concerne il rischio liquefazione nell'area di Montedinove si propone la realizzazione di indagini specifiche al fine di definire la presenza o l'assenza ed escludere l'effettivo pericolo di liquefazione nei terreni costituenti l'area in esame poiché in passato in alcune zone ricadenti nel territorio di Montedinove si sono rinvenuti "Vulcanelli di Fango" venute a giorno di materiale argilloso-sabbioso grigiastro (vedi paragrafo 8.3).

7.2.3. Instabilità di versante (FR)

7.2.3.1. Analisi dei dati e risultati

Facendo riferimento al catalogo del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani), al Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), allo studio geologico a supporto del PRG comunale sono state individuate le aree instabili e il loro grado di attività. In generale il territorio comunale presenta dei versanti con acclività che vanno da dolce a marcata fino a delle vere e proprie rupi, in prossimità del centro storico, in relazione alle caratteristiche meccaniche del substrato presente.

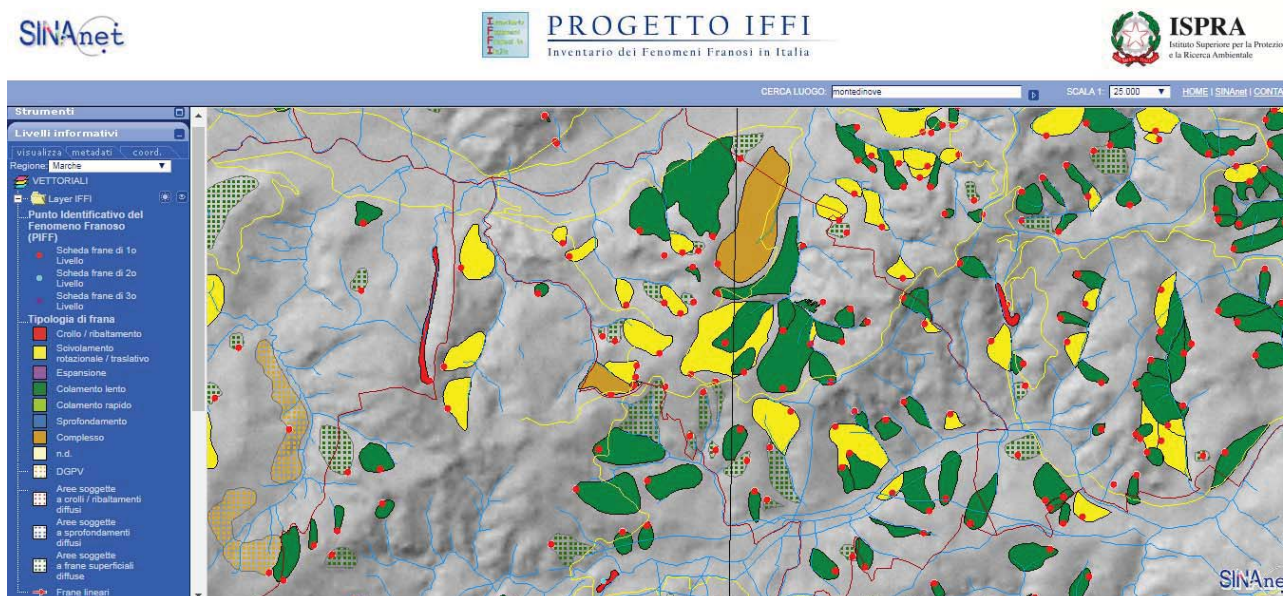


Fig. 7.2.3.1.1 - Stralcio delle aree instabili mappate dallo studio IFFI



Fig. 7.2.3.1.2 - Stralcio delle aree instabili mappate dallo studio PAI della Regione Marche aggiornato al 2017

Essendo le litologie soggette ad una discreta erodibilità da parte degli agenti esogeni si rinvencono morfologie associate a scivolamenti e frane per crollo. Tali morfologie sono largamente diffuse su tutto il territorio ed in alcuni casi interessano siti strategici (Centro storico). Per l'individuazione e lo stato di attività delle aree instabili si è fatto riferimento al catalogo del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani), al Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, adottato definitivamente con DCR n° 116 del 21.01.2004 e s.m.i.), allo studio geologico a supporto del PRG comunale. Dapprima si è provveduto all'esatta ubicazione dei fenomeni gravitativi individuati e cartografati dagli studi suddetti, poi attraverso sopralluoghi, reperimento dati geotecnici esistenti, si è cercato di valutare l'effettiva esistenza dei fenomeni gravitativi, la cinematica e lo stato di attività degli stessi, con particolare riguardo all'innescio da terremoti. Per la rappresentazione cartografica si è fatto riferimento alla Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione

sismica (figura 1.1.2-5) contenuta negli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica versione 4.0b.

In particolare nelle aree oggetto di studio sono state individuate e cartografate sulla base delle considerazioni suddette complessivamente n°70 aree di instabilità di versante così distinte sulla base dello stato di attività:

attive n°35

quiescenti n°34

non definite n°1

In generale le aree instabili individuate ricadenti all'interno delle aree di studio, risultano piuttosto estese e coinvolgono zone intensamente urbanizzate e/o edifici strategici e porzioni di strade principali di collegamento al capoluogo.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati sono state considerate attive quelle frane che hanno mostrato indizi di movimento nell'ultimo ciclo stagionale (nicchie di distacco, strade dissestate, ecc).

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1. Carta delle indagini

La carta delle indagini del Comune di Montedinove fornisce informazioni sulle indagini geognostiche e geofisiche effettuate all'interno del territorio comunale.

Allo scopo di una ricostruzione del quadro litologico-stratigrafico delle aree edificate e/o di futura urbanizzazione oggetto di studio del territorio comunale di Montedinove sono stati raccolti in un database tutti i dati reperiti per le zone di studio. Tali indagini sono state reperite dalle relazioni geologiche che ci sono state messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune. La carta in questione non è soltanto un documento grafico per indicare l'ubicazione delle indagini ma ad essa è infatti associata una banca dati dalla quale possono essere estrapolate le informazioni a carattere geologico e geofisico associate ad ogni singola indagine puntuale.

Si tratta in prevalenza di indagini geognostiche sia di tipo diretto (sondaggi) che indiretto (prove penetrometriche, prove sismiche, ecc.) effettuate in occasione di progetti urbanistici e edilizi eseguiti da privati e dall'Amministrazione Comunale. Tutte le informazioni suddette hanno permesso di valutare, unitamente alla litologia, gli spessori dei litotipi presenti, la loro distribuzione plano-altimetrica, nonché i caratteri geomeccanici delle singole formazioni, ovvero il grado di addensamento e/o consolidazione, la capacità deformativa nonché i parametri geomeccanici di massima sia a breve che a lungo termine.

Nella raccolta dei dati non sono stati presi in considerazione le informazioni derivanti da indagini geognostiche ritenute poco rappresentative e/o di fonte incerta. Complessivamente sono state inserite nel database e quindi ubicate sulla carta, 154 indagini che per tipologia possono essere così riassunte (**Fig. 8.1.1**):













	Simbolo	Descrizione	Tipo indagine/ID	N°Indagini reperite MS livello I	N°Indagini reperite MS livello III	N°Indagini eseguite ex-novo MS livello III
INDAGINI PUNTUALI		Sondaggio a distruzione di nucleo	SD	17		
		Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	SS	9		1
		Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato	SDS	37		
		Prova penetrometrica in foro (SPT)	SPT	2		
		Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	CPT	4	2	
		Prova penetrometrica dinamica super pesante	DS	4		
		Prova penetrometrica dinamica media	DN	40		
		Trincea o pozzetto esplorativo	T	11		
		Stazione microtremore a stazione singola	HVSR	5		24
		Prova sismica in foro tipo DownHole	DH			1
INDAGINI LINEARI						
		Profilo sismico a rifrazione	SR		1	
		MASW	MASW		3	5

Fig. 8.1.1 – Tabella riassuntiva delle indagini reperite ed eseguite ex-novo in occasione del presente studio, nel Comune di Montedinove

Tali dati sono archiviati in formato pdf nella cartella “Indagini/Documenti” consultabile nel DVD allegato, mentre nella cartella “Indagini/Documenti/Dati originali” sono riportati i dati originali delle misura geofisiche appositamente effettuate (MASW e HVSR) per la redazione dello studio di MS livello III.

8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Come previsto nel disciplinare di incarico per lo studio di MS di livello III sono state eseguite n.2 Carte di Frequenze Naturali dei Terreni seguendo le indicazioni fornite dal centro di MS tramite apposite linee guida.

Utilizzando i dati derivati dalle n.24 indagini HVSR eseguite per lo studio di MS di livello III e attraverso i template messi a disposizione dal centro di MS sono state eseguite:

- **Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni (F_0)**, con la rappresentazione delle frequenze F_0 registrate intese come massimi significativi in più bassa frequenza;
- **Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni (F_r)**, con la rappresentazione delle frequenze F_r intese come massimi giudicati rappresentativi di contrasti di impedenza tra le coperture e il substrato di riferimento.

8.3. Carta Geologico Tecnica per la MS

La Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica è stata redatta secondo quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b" e gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (ICMS) elaborati dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome - Dipartimento Nazionale di Protezione Civile nel Settembre 2008, e contiene tutti i dati necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1.

La carta Geologico-Tecnica del Comune di Montedinove restituisce informazioni finalizzate alla classificazione dei litotipi presenti in classi predefinite, che definiscono le varie situazioni stratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità.

La scala di rilevamento risulta essere 1:10000 ovvero la scala delle Carte Tecniche Regionali (CTR) utilizzate come base topografica nell'elaborato in esame, mentre la scala di rappresentazione è 1:5.000.

In essa si distinguono i terreni del "substrato geologico" e quelli della "copertura", che sulla base dei dati a disposizione, indagini geognostiche e affioramenti, sono stati caratterizzati sia dal punto di vista della granulometria sia delle proprietà geomeccaniche. Le singole unità sono state classificate seguendo i dettami dell'Unified Soil Classification System che attribuisce una sigla formata da 2 lettere. Ai terreni della copertura, il cui spessore minimo considerato è di 3 mt, è stato attribuito anche il codice relativo agli ambienti genetico-deposizionali (Figura 1.1.2-1 dello StandardMS4_0b). Si riportano inoltre gli elementi tettonico strutturali, le forme di superficie e sepolte, le aree con instabilità di versante e gli elementi geologici ed idrogeologici che risultano funzionali agli studi di MS.

Per le definizioni riguardanti la presenza di fenomeni di instabilità di versante e lo stato di attività, il riferimento è risultato essere il progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) nonché il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, adottato definitivamente con DCR n° 116 del 21.01.2004 e s.m.i.) unitamente allo studio geologico a supporto del PRG comunale. I dati scientifici reperiti sono stati verificati in sito attraverso un rilievo geologico e geomorfologico di

campagna e le informazioni orali raccolte nel corso dei sopralluoghi effettuati. Ciò ha permesso di ricostruire il quadro morfogenetico delle aree oggetto di studio, di delimitare i perimetri delle aree instabili e di formulare delle ragionevoli previsioni sulle tendenze evolutive future cosismiche in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche, che alla dinamica geomorfologica.

Di seguito si riportano dettagliatamente tutti gli elementi oggetti di studio che si ritrovano nella legenda della carta Geologico-Tecnica per la MZS.

Tab. 8.3.1 - Terreni di copertura

GM/ec	<p>GM/ec: Ghiaie limose, miscelanea di ghiaia, sabbia e limo: unità composta da ciottoli arrotondati talora di dimensioni anche decimetriche di natura prevalentemente calcarea inglobante un'abbondante matrice sabbiosa dalla colorazione rossiccio-nocciola. Deposito dal comportamento sciolto ed incoerente anche se localmente la matrice, risultando più abbondante e prevalentemente limosa-argillosa, conferisce allo stesso una debole coerenza. Associabili alla suddetta classe con il codice "ec" sono i terreni eluvio-colluviali derivanti dall'alterazione e disfacimento in ambiente subaereo del substrato arenaceo, conglomeratico (GRS) rinvenibili nell'area principalmente lungo i versanti che bordano la dorsale collinare dove sorge l'abitato di Montedinove. Deposito moderatamente addensato ($43 < Dr < 80$) caratterizzato a volte da un buon contatto intergranulare fra i ciottoli dello scheletro solido. Buone nel complesso le qualità geomeccaniche del deposito il quale presenta uno spessore variabile da pochi metri a 5-15 mt. Si rinvencono anche depositi di GM-tf, unità di genesi alluvionale a cui è stato attribuito quindi il codice genetico tf, affiorante nell'area in lembi di limitata estensione areale posti, ad altezze stratigrafiche differenti rispetto al talweg, in destra idrografica del F.Aso e in destra e sinistra idrografica del T.Tesino. Deposito moderatamente addensato ($43 < Dr < 80$) caratterizzato a volte da un buon contatto intergranulare fra i ciottoli dello scheletro solido. Buone nel complesso le qualità geomeccaniche del deposito il quale presenta uno spessore variabile da pochi metri a 5-20 mt. e risulta talora interdigitato a varie altezze stratigrafiche con orizzonti sabbioso-limosi talora limoso-sabbiosi caratterizzati da uno spessore variabile.</p>
GM/cz	<p>GM/cz: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo: unità composta da ciottoli arrotondati di natura prevalentemente calcarea inglobante un'abbondante matrice sabbiosa dalla colorazione rossiccio-nocciola-beige. Il deposito risulta eterometrico con diametro dei clasti da 1-2 cm a 3-4 cm immersi in matrice sabbioso limosa. Deposito dal comportamento sciolto ed incoerente anche se localmente la matrice, risultando più abbondante e prevalentemente limosa-argillosa, conferisce allo stesso una debole coerenza. Deposito moderatamente addensato ($43 < Dr < 80$) caratterizzato a volte da un buon contatto intergranulare fra i ciottoli dello scheletro solido. Buone nel complesso le qualità geomeccaniche del deposito il quale presenta uno spessore variabile da pochi metri a 5-15 mt. Rinvenuto esclusivamente nella zona del Cimitero di Montedinove.</p>

GW/tf	<p>GW/tf: <u>Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia</u>), unità dal comportamento reologico sciolto ed incoerente costituita da ghiaia di granulometria assortita inglobante una discreta, a luoghi abbondante matrice sabbiosa grossolana. Orizzonte di recente formazione di genesi alluvionale a cui è stato attribuito sulla carta quindi il codice tf rinvenibile nelle aree di studio lungo l'alveo del F.Aso e del T.Tesino. Deposito generalmente poco addensato ($30 < dr < 70$) con intercalati all'interno orizzonti limoso-sabbiosi di limitato spessore, contraddistinto da un contatto intergranulare non sempre continuo, e quindi da qualità geomeccaniche da discrete a buone. Unità di cui non sono state reperite misure dirette delle velocità delle onde di taglio.</p>
SM/ec	<p>SM/ec: <u>Sabbie limose miscela di sabbia e limo</u>, materiale dal comportamento reologico da sciolto ed incoerente a talora "debolmente coerente", composto da sabbie dalla granulometria medio-fine di colore giallognolo contenenti un abbondante quantitativo di sedimenti limosi che a luoghi diventano prevalenti, inglobante talora un abbondante quantitativo di ciottoli arrotondati. Associabili alla suddetta classe con il codice ec sono i terreni eluvio-colluviali derivanti dall'alterazione e disfacimento in ambiente subaereo del substrato pelitico-arenaceo arenaceo-pelitico (ALS) e arenaceo, rinvenibili nell'area principalmente lungo i versanti che bordano la dorsale collinare dove sorge l'abitato di Montedinove, presentano degli spessori piuttosto variabili che vanno da 5-6 mt. sino a raggiungere i 10 mt. Litotipo poco addensato dalle discrete qualità geomeccaniche contraddistinto da un angolo di attrito compreso tra 29° e 31°.</p>
SM/tf	<p>SM/tf: <u>Sabbie limose, miscela di sabbia e limo</u>, materiale dal comportamento reologico da sciolto ed incoerente a talora "debolmente coerente", composto da sabbie dalla granulometria medio-fine di colore giallognolo contenenti un abbondante quantitativo di sedimenti limosi che a luoghi diventano prevalenti, inglobante talora un abbondante quantitativo di ciottoli arrotondati. Litotipo poco addensato dalle discrete qualità geomeccaniche contraddistinto da un angolo di attrito compreso tra 29° e 31°. La medesima unità di genesi invece fluviale (tf) si rinviene sui depositi terrazzati del Fiume Aso posto a nord. Nelle suddette località l'unità medesima ubicata al di sopra dei depositi alluvionali più grossolani ghiaiosi, presenta degli spessori compresi tra 4-6 mt. Unità composta da sedimenti mediamente addensati e quindi di medio-bassa compressibilità, dalle qualità geomeccaniche discrete le quali diventano scadenti al di sotto del livello piezometrico dei locali acquiferi.</p>
ML/ec	<p>ML/ec: <u>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di origine eluvio colluviale</u>; materiale dal comportamento reologico coerente e/o debolmente coerente composto da sedimenti ascrivibili ai limi, subordinatamente alle argille, inglobante grumi e/o sacche sabbiose di colore giallo rossiccio e rari e minuti noduli organici di colore bruno-nerastro. Appartengono all'unità litotecnica in esame i terreni dei depositi eluvio-colluviali derivanti dall'alterazione del substrato marino a cui è stato assegnato il codice genetico-deposizionale "ec" i quali risultano caratterizzati da una struttura caotica con inclusi talora orizzonti con un</p>

	abbondante quantitativo di concrezioni carbonatiche. Unità moderatamente consistente e di medio-bassa plasticità, contraddistinta da qualità geomeccaniche variabili, in prevalenza discrete, le quali decadono localmente in occasione della presenza di livelli saturi e/o acquiferi interclusi all'interno del deposito. I valori di resistenza a breve termine (Cu) risultano compresi tra 10 e 150 KPa. Nell'area l'unità suddetta è presente prevalentemente lungo i principali versanti delle dorsali collinari al di sopra del substrato geologico marino dove presenta spessori variabili compresi tra 3-15 mt..
ML/tf	ML/tf: limi inorganici farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità, materiale dal comportamento reologico coerente e/o debolmente coerente composto da sedimenti ascrivibili ai limi, subordinatamente alle argille, inglobante grumi e/o sacche sabbiose di colore giallo rossiccio e rari e minuti noduli organici di colore bruno-nerastro. Unità moderatamente consistente e di medio-bassa plasticità, contraddistinta da qualità geomeccaniche variabili, in prevalenza discrete, le quali decadono localmente in occasione della presenza di livelli saturi e/o acquiferi interclusi all'interno del deposito. I valori di resistenza a breve termine (Cu) risultano compresi tra 10 e 150 KPa. Nell'area l'unità suddetta è presente prevalentemente lungo i principali versanti delle dorsali collinari al di sopra del substrato geologico marino dove presenta spessori variabili compresi tra 3-15 mt. nonché sulla sommità degli antichi terrazzi fluviali presenti (T.Tesino e F. Aso). Alla medesima unità della copertura appartengono anche alcuni dei depositi alluvionali recenti, a cui è stato assegnato il codice genetico tf, rinvenibili nell'area nella porzione terminale della valle alluvionale del T.Tesino (c/da Franile) e nella valle del Fiume Aso. I depositi suddetti si differenziano dai precedenti in quanto contraddistinti da qualità geomeccaniche mediocri le quali diventano scadenti quando gli stessi, risultano saturi e quindi maggiormente compressibili e plastici. Gli spessori massimi della suddetta unità (MLtf) si rinvencono nei depositi terrazzati del T.Tesino, con valori compresi tra 8-11 mt.

Tab. 8.3.2 – Substrato geologico

GRS	GRS: Substrato granulare cementato stratificato fratturato o alterato Unità composta dalla litofacies conglomeratica (sigla Carg -FAAa) appartenente alla formazione delle Argille Azzurre costituita da strati lenticolari medi, spessi e molto spessi di conglomerati poligenici, eterometrici, di dimensioni anche decimetriche, con matrice sabbiosa, da grossolana a fine, presente in quantità variabili. Depositi talora cementati, dal comportamento reologico di tipo "incoerente", fortemente addensato. Materiali riferibili ad ambiente marino, si tratta di depositi di correnti di torbida sottomarina, porzione prossimale. Nell'area in esame, l'unità suddetta si rinviene sulla sommità della struttura collinare su cui sorge il centro storico e lungo le scarpate sub-verticali bordanti il centro storico cittadino, con spessori variabili compresi tra 50-70 mt. (zona centro storico). Nella stessa unità è stata compresa anche la Litofacies Arenacea (sigla Carg -FAAc) poichè presenta caratteristiche geomeccaniche e sismiche simili alla litofacies Conglomeratica. La litofacies arenacea risulta caratterizzata da strati spessi e subordinatamente molto spessi di arenarie giallastre a granulometria grossolana e media, a luoghi
-----	--


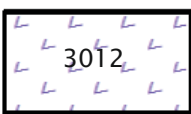
	ben cementata, intervallati da sottili strati pelitici (1-3 cm). (Formazione delle Argille Azzurre- Litofacies arenacea - Membro dello Spungone - FAaA - Piacenziano).
ALS	<p><u>ALS: Substrato caratterizzato da alternanza di litotipi stratificati</u></p> <p>Trattasi di depositi marini appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre, in particolare rappresentano la porzione intermedia dei depositi della corrente di torbida: litofacies arenaceo-pelitica (sigla Carg -FAAd) e la litofacies pelitico-arenacea (sigla Carg -FAAe) con assetto giaciturale leggermente immergente (5-10°) verso Est Nord-Est. Sono stati raggruppati nell'unità del substrato ALS poichè presentano caratteristiche geomeccaniche e sismiche simili. La litofacies arenaceo pelitica (sigla Carg -FAAd) è costituita da alternanze di strati, da sottili a medio spessi di sabbie e peliti con un rapporto sempre maggior di uno. Le sabbie hanno un colore giallo ocraceo, a granulometria da medio a fine, più raramente grossolana. La frazione pelitica, che può presentare spessore degli strati fino a 50 cm, è costituita da materiale argilloso siltoso e sottili livelli di sabbie a base erosiva e geometria lenticolare. All'interno dell'unità ALS (Alternanza di litotipi stratificati) come sopra indicato, è compresa la litofacies pelitico-arenacea (sigla Carg -FAAe) la quale è costituita in genere da peliti fittamente stratificate con intercalazioni sabbiose di spessore variabile da 2-3 cm fino a 25 cm. Il rapporto sabbia/argilla è prevalentemente molto basso, solo a luoghi le intercalazioni sabbiose sono più spesse. La frazione pelitica è costituita prevalentemente da silt argilloso e più raramente, da solo silt o argilla. La frazione sabbiosa è data per lo più da sabbia gialla e talora grigiastra, a granulometria da media a fine. L'Unità ALS risulta piuttosto alterata e fratturata soprattutto nella porzione più superficiale del deposito. Materiale complessivamente addensato e quindi poco compressibile contraddistinto, per ciò che concerne la frazione sabbiosa, da un angolo di attrito >30°, mentre i livelli argillosi intercalati risultano caratterizzati da una coesione (C') compresa tra 140 e 200 KPa ed un angolo di attrito compreso tra 23° e 26°. Nelle aree in esame il substrato in questione affiora in Località S.Tommaso e lungo la dorsale collinare che si estende verso est.</p>
COS	<p><u>COS: Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato:</u> Formazione delle Argille Azzurre "Pleistocene inferiore p.p." (sigla Carg -FAA). Unità rappresentante la Formazione delle Argille Azzurre (sigla Carg -FAA) e la litofacies delle peliti laminate (sigla Carg -FAAf). La prima è composta da una alternanza di argille moderatamente marnose dalla colorazione grigio-avana tendente ad azzurrognola e di peliti siltose in strati sottili e sottilissimi, con intercalati livelli sabbiosi in strati sottili e sottilissimi, con straterelli fittamente laminati limoso-sabbiosi, ocracei, raramente sabbiosi, a granulometria molto fine. La stratificazione delle peliti è generalmente poco visibile e la frattura è concoide. A profondità via via crescenti il deposito tende ad assumere una struttura massiva e quindi una stratificazione poco visibile. Frequenti all'interno del deposito risultano essere i frustoli vegetali e i frammenti di Molluschi. Tale Litofacies è riconducibile al Pliocene inferiore Pleistocene inf.</p>

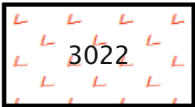
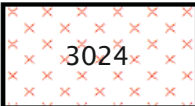
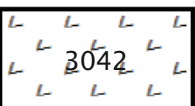
	<p>p.p. In fine all'interno della stessa unità è stata compresa la litofaces delle Peliti Lamine (sigla Carg -FAAf) costituita da argille siltose bluastre e grigio-azzurre generalmente ben stratificate; a volte esse presentano intercalazioni millimetriche di sabbie fini grigiastre anche in forma lenticolare. Tali sedimenti sono riconducibili a tipici fanghi emipelagici. Buone nel complesso le qualità geomeccaniche del litotipo caratterizzato da una medio-bassa plasticità contraddistinta da una coesione non drenata (Cu) maggiore di 200 KPa e da una coesione a lungo termine compresa tra i valori di 20 e 30 KPa con un angolo di attrito interno di 22-24°. Substrato con assetto giaciturale leggermente immergente (5-10°) verso Est, rinvenibile ad una profondità inferiore a 3.0 mt. in porzioni di territorio piuttosto circoscritte ubicate sulla sommità delle dorsali collinari ovvero subito ad ovest del centro storico.</p>
--	---

Instabilità di versante

Facendo riferimento al catalogo del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani), al Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), allo studio geologico a supporto del PRG comunale sono state individuate le aree instabili e il loro grado di attività. In generale il territorio comunale presenta dei versanti con acclività che vanno da dolce a marcata fino a delle vere e proprie rupi, in prossimità del centro storico, in relazione alle caratteristiche meccaniche del substrato presente. Essendo le litologie soggette ad una discreta erodibilità da parte degli agenti esogeni si rinvencono morfologie associate a scivolamenti e frane per crollo. Tali morfologie sono largamente diffuse su tutto il territorio ed in alcuni casi interessano siti strategici. Tra queste si evidenzia un'area in Località Lapedosa e c/da Franile.

Mentre fenomeni franosi di crollo-ribaltamento sono rinvenibili in Via Giosuè del Duca, dove il crollo di materiale ha creato delle nicchie di distacco nelle vicinanze delle mura di cinta del paese e rappresenta un pericolo anche per la viabilità poiché la zona di accumulo ricade sulla via suddetta. Tali fenomeni risultano inquadrati in una tendenza evolutiva continua nel tempo, talvolta accelerati da fenomeni naturali, alla locale condizione morfologica (notevole acclività della scarpata) ed alle condizioni idrauliche critiche che si instaurano periodicamente, a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi.

Tab. 8.3.3 – Instabilità di versante		
	Tipologia	Numero*
	Crollo o ribaltamento – attiva (FR_A)	1
	Scorrimento – attiva (FR_A)	34








	Scorrimento – quiescente (FR_Q)	32
	Complessa – quiescente (FR_Q)	2
	Scorrimento – non definita (FR_ND)	1
* si fa presente che la numerazione riportata risulta influenzata dalla suddivisione dei vari poligoni delle frane rilevate in relazione alla tipologia di zona stabile suscettibile di amplificazione (paragrafo 2.2.8 degli Standard di archiviazione 4.0b).		

Forme di superficie e sepolte

Nel territorio comunale si rinvencono diverse scarpate con altezze variabili comprese tra 10 e 20 metri. Molte di queste bordano il centro storico che si estende lungo una cresta disposta in direzione circa

NE-SO, caratterizzando una morfologia abbastanza accentuata.

All'interno dell'abitato del centro storico sono state individuate e cartografate delle cavità sepolte singole. Sono state tracciate n.2 sezioni geologiche, sia perpendicolarmente che parallelamente all'asse di cresta, al fine di evidenziare al meglio la complessità del sottosuolo investigato. Si specifica che le sezioni geologiche B-B' e C-C' risultano idonee a mostrare la morfologia accentuata del centro storico e pertanto utile alla redazione della modellazione 2D.

Tab. 8.3.4 – Forme di superficie e sepolte		
	Tipologia	Numero*
	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)	5
	Orlo di scarpata morfologica (>20 m)	1
	Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)	2
	Orlo di terrazzo fluviale (>20 m)	2
	Cresta	1
	Asse di valle sepolta larga ($C < 0.25$) * $C = H/L$ con H profondità della valle e L semilunghezza della stessa	3
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo	5

Sulla base del rilievo geologico di superficie sono state individuate e cartografate le forme di superficie presenti secondo la legenda di figura 1.1.2-7 degli Standard scarpate sia di origine morfologica che fluviale di altezza compresa tra 10 e 20 mt, nonché maggiore di 20 mt. In

particolare scarpate morfologiche evidenti di altezze superiore a 20 mt., prevalentemente subverticali, in cui affiorano i sedimenti arenacei del substrato, si rinvencono lungo la S.S Val D'Aso n°433. Le scarpate suddette presentano delle altezze apprezzabili che a luoghi raggiungono anche 25-30 metri e possono essere classificabili come forme poligeniche con influenza strutturale. Infatti la formazione delle stesse è presumibilmente da addebitare alla sovrapposizione di più processi, anche se il fattore strutturale, inteso come la litologia del substrato, la cementazione e quindi l'erodibilità dello stesso, unitamente all'assetto, la disposizione e il grado di fratturazione degli strati, risulta essere quello che maggiormente ha influenzato e quindi guidato i processi erosivi che hanno dato vita alle forme suddette. Strutture queste che, nell'arco del tempo, sono state interessate da processi esogeni dovuti sia all'azione delle acque correnti superficiali, ma soprattutto all'azione della gravità. Scarpate di origine morfologica di altezza compresa tra 10 e 20 mt. Strutture queste che, nell'arco del tempo, sono state interessate da processi esogeni dovuti sia all'azione delle acque correnti superficiali, ma soprattutto all'azione della gravità. Frequenti sono infatti i tratti di scarpate rimodellate da movimenti gravitativi che nel tempo hanno causato l'arretramento dell'orlo delle scarpate stesse. Scarpate morfologiche sub-verticali impostate sui sedimenti arenacei e conglomeratici meno erodibili aventi una minore altezza ($H=10-20$ mt) si rinvencono lungo la struttura collinare su cui sorge l'abitato di Montedinove.

Nell'area in esame scarpate di origine fluviale di altezza compresa prevalentemente tra 10 e 20 mt si rinvencono nelle zone costituenti i terrazzi fluviali del Fiume Aso. Le scarpate fluviali di altezza >20 mt si rinvencono invece nella zona del Torrente Tesino zona oggetto di MZS posta più ad Est in cui dal rilevamento di campagna è emersa la presenza di scarpate di altezza >20 mt in corrispondenza dei terrazzi fluviali antichi del Torrente Tesino. Le stesse quindi sono disposte parallelamente all'asta fluviale principale ovvero secondo la direzione NE-SW, a luoghi vengono interrotte da impluvi e/o vallecole disposti perpendicolarmente alle stesse, all'interno delle quali scorrono con dei deflussi saltuari ed effimeri degli elementi idrografici secondari.

Infine tra le forme di superficie e sepolte, l'alveo del T.Tesino e quello del F. Aso sono stati classificati come valli sepolte larghe con C nettamente inferiore a 0,25 (dove C è il coefficiente di forma $C = h/l$ dove h è lo spessore della coltre alluvionale e l la semiampiezza della valle).

Area con cavità sepolte

In ottemperanza con quanto previsto dagli ICMS sono state individuate e cartografate le aree caratterizzate dalla presenza di cavità sepolte secondo la figura 1.1.2-7 degli standard di rappresentazione. In particolare dalle informazioni raccolte durante i sopralluoghi, è stata individuata un'area piuttosto estesa che ingloba gran parte del centro storico cittadino in cui è nota da tempo la presenza di un esteso ed articolato sistema ipogeno, composto da cavità talora intercomunicanti rivestite e non, ubicate a luoghi a più quote. E' stato possibile ispezionare alcune delle cavità sotterranee presenti nella zona del centro storico le quali risultano non rivestite ma lasciate allo stato naturale. Non avendo tuttavia a disposizione una precisa mappatura delle stesse, si è ritenuto opportuno perimetrare tutta l'area del centro storico come area con presenza di cavità diffuse, in modo da porre un'attenzione maggiore negli studi futuri di MZS.

Vulcanelli di Fango

Dalle testimonianze orali raccolte durante i sopralluoghi effettuati nel territorio comunale di Montedinove è emersa la presenza di vulcanelli di fango. Negli ICMS e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica 4.0b non è presente una simbologia né un codice da assegnare a tale fenomeno quindi si è scelto di riportare tali elementi sulla relazione illustrativa. In particolare si hanno informazioni storiche riguardo a 3 vulcanelli dislocati nel territorio di Montedinove: un vulcanello di fango si è verificato nei pressi di Fosso di Fonte Fiè verso c/da Lapedosa, uno nei pressi del Fosso Contrada Moia Cellina (evento 1991), uno nei pressi del Fosso Laura ai confini con il Comune di Rotella.

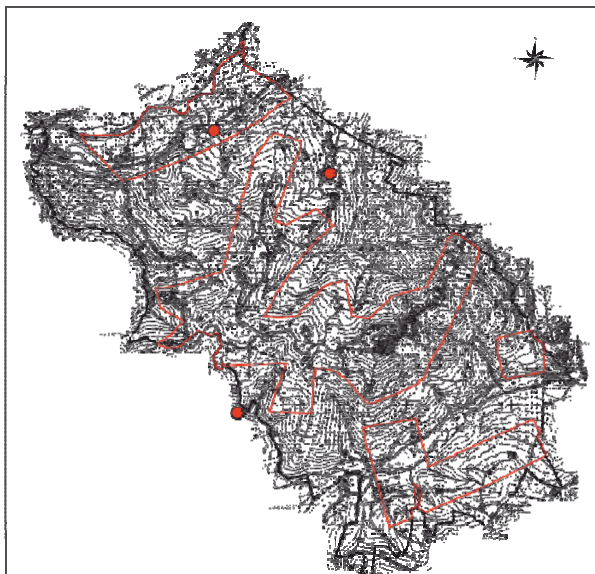


Fig.8.3.5 Ubicazione aree in cui si sono verificati in passato i vulcanelli di fango (Punti rossi, mentre con la linea rossa è indicato il limite delle aree oggetto dello studio di MZS in esame).

Di seguito vengono riportate delle immagini (Fig.8.3.6-8.3.7-8.3.8) relative ai vulcanelli di fango verificatesi in passato nel territorio comunale di Montedinove.



Fig.8.3.6 Vulcanello di Fango nelle vicinanze del Fosso Laura






Fig.8.3.7. Vulcanello di Fango in c/da Lapedosa




Fig.8.3.8 Vulcanello di Fango in c/da Moia Cellina

Elementi geologici e idrogeologici

Sulla base del rilevamento geologico-geomorfologico effettuato, nonché degli studi geologici reperiti (PRG, CARG, MS livello I ecc.) sono stati individuati e poi cartografati gli elementi geologici ed idrogeologici elencati nella tabella seguente.

Tab. 8.3.9– Elementi geologici ed idrogeologici		
Tipologia		Numero*
 15	Giacitura strati	6
 7,0	Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)	47
 12	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato	17

	Profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie	8
---	--	---

Elementi tettonico strutturali

All'interno del territorio comunale di Montedinove, come riportato precedentemente, non sono state individuate, sulla base del catalogo Itacha, faglie capaci ovvero "faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio.

8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è il risultato finale delle indagini di Microzonazione Sismica di 1° Livello, ricavata dalla sintesi di tutti i dati raccolti e descritti negli elaborati precedenti ed è propedeutica per la successiva carta di microzonazione di livello III. L'obiettivo è quello di individuare all'interno del territorio comunale aree omogenee in base alle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, geomorfologiche e geomeccaniche, in base alle quali è possibile ipotizzare un analogo comportamento a fenomeni di amplificazione locale indotta dal sisma (amplificazione del moto, induzione e riattivazione di frane e altri dissesti, liquefazione dei terreni, cedimenti differenziali, ecc...).

Si fa presente, come già anticipato in premessa, che i perimetri delle aree MOPS individuati negli studi di MS livello I sono stati rivisitati sulla base dei risultati delle analisi geognostiche e geofisiche reperite ed eseguite ex-novo per la redazione del presente studio di MS di livello III.

In generale le informazioni rappresentabili sulla carta delle MOPS possono essere così distinte:

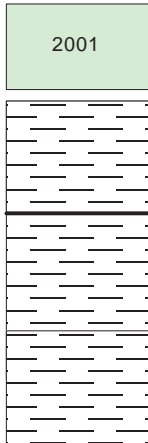
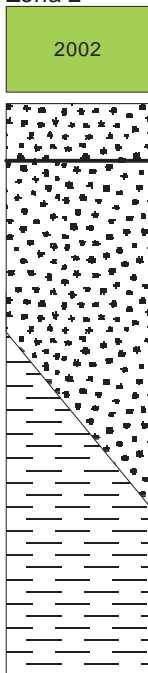
- “zone stabili”, nelle quali non si prevedono effetti locali significativi, poiché caratterizzate da substrato geologico rigido ($V_s \geq 800$ m/s) in affioramento e morfologie pianeggianti o con inclinazioni $< 15^\circ$;
- “zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”, nelle quali si prevedono amplificazioni del moto sismico legato al particolare assetto litostratigrafico e morfologico;
- “zone suscettibili di instabilità” nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. In particolare tra queste si riconoscono:
 - “zone di attenzione per instabilità di versante”, sia attiva che passiva;
 - “zone di attenzione per liquefazione” di tipo 1;
 - “zone di attenzione per cedimenti differenziali, crollo di cavità, sinkhole;
 - “zone di attenzione per faglie attive e capaci;
 - “zone di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

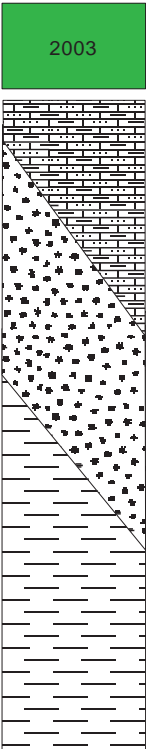
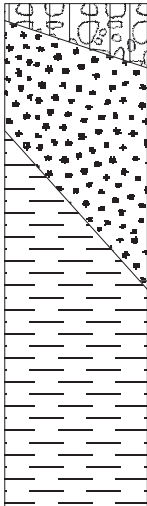
Nell'area in esame, dai risultati della prova downhole eseguita, è stato possibile determinare che il litotipo GRS, laddove non alterato e fratturato, rappresenta il locale substrato rigido ($V_s = 1408$ m/s), nell'area in esame però il litotipo GRS affiorante è stato rinvenuto in condizioni di alterazione per i primi 10 metri di profondità quindi dagli studi eseguiti, nell'area in esame si sono individuate solo **“zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”**.

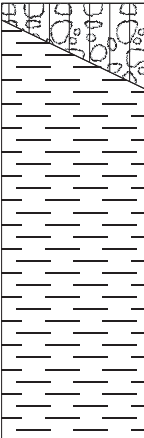
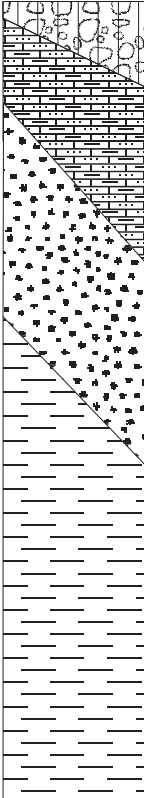
Per quanto riguarda le **"zone stabili suscettibili di amplificazioni locali"**, che sono quelle predominanti all'interno dell'area studiata, sono state individuate complessivamente 19 tipologie di zone i cui rapporti litostratigrafici più significativi vengono descritti nella seguente tabella.

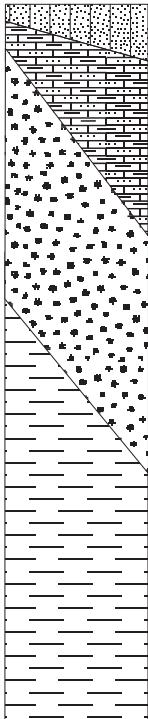
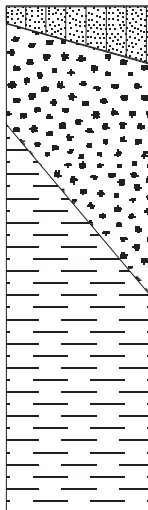
Si specifica che le zone n. 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2010 ricadono entro il perimetro dell'area di studio della MS di livello III e sono state pertanto oggetto di studio di risposta sismica locale 1D. Per le Mops 2002 e 2003 è stata eseguita un analisi 2D.

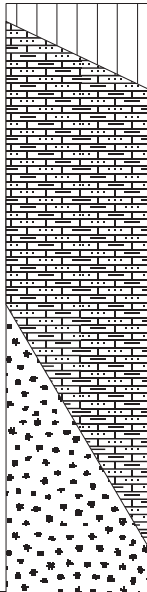
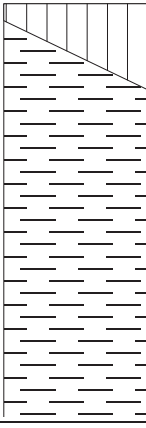
Tab. 8.4.1 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

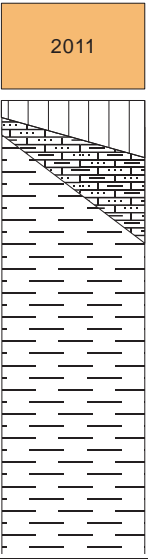
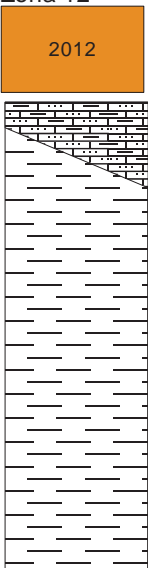
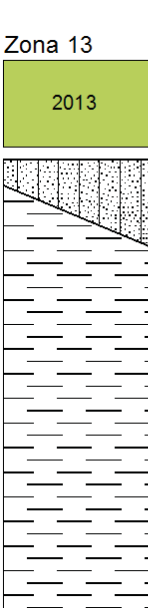
Zona	Descrizione
<p>Zona 1</p>  <p>2001</p> <p>COS (alterato) spessore 15-25 mt (Vs=264 m/s)</p> <p>COS spessore 20-25 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 1: substrato coesivo sovraconsolidato stratificato alterato (COS) con Vs 264 m/s e spessore di 15-25 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato integro (COS) con Vs 560 m/s e spessore tra 20 e 25 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato integro (COS) con Vs 650 m/s e spessore tra 20 e 25 metri (Zona ricadente nel perimetro di MS livello III)</p>
<p>Zona 2</p>  <p>2002</p> <p>GRS (Vs=550 m/s) 6-10 mt</p> <p>GRS (Vs=1408 m/s) 30 -70 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 2: substrato granulare cementato stratificato (SF_GRS) con Vs 550 m/s e spessore 10 mt su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs 1408 m/s con spessore compreso tra 30 e 70 mt, su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs 560 m/s e spessore compreso fra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato integro (COS) con Vs 650 m/s e spessore compreso tra 30-35 metri. (Zona ricadente nel perimetro di MS livello III) (MOPS in corrispondenza della quale è stata eseguita un analisi 2D)</p>

<p>Zona 3</p> <p>2003</p>  <p>ALS Vs=532 m/s 3-40 mt</p> <p>GRS Vs=1408 m/s 45-55 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 3: substrato composto da alternanza di litotipi (ALS) con spessore compreso tra 3-40 metri e Vs= 532 m/s, su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s con spessore compreso tra 45-55 metri su coesivo sovraconsolidato stratificato alterato (COS) con Vs=560m/s e spessore compreso fra 25-30 metri su coesivo sovraconsolidato stratificato alterato (COS) con Vs=650m/s e spessore compreso fra 30-35 metri. (Zona ricadente nel perimetro di MS livello III) (MOPS in corrispondenza della quale è stata eseguita un analisi 2D)</p>
<p>Zona 4</p> <p>2004</p>  <p>GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo con $Dr= 66->80\%$ e angolo d'attrito $>35^\circ$ con spessore 3 - 15 mt</p> <p>GRS spessore 20-40 mt (Vs=1408 m/s)</p> <p>COS spessote tra 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessote tra 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 4: ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM) con Vs comprese fra 300 e 350 m/s e spessore compreso fra 3 e 15 metri su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s con spessore compreso tra 20-40 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt . (Zona ricadente nel perimetro di MS livello III)</p>

<p>Zona 5</p> <p>2005</p>  <p>GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo con $Dr= 66 \rightarrow 80\%$ e angolo d'attrito $>35^\circ$ con spessore 3 - 15 mt</p> <p>COS spessore tra 25-30 mt ($V_s=560$ m/s)</p> <p>COS spessore tra 30-35 mt ($V_s=650$ m/s)</p>	<p>ZONA 5: ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM) con V_s comprese fra 300 e 350 m/s e spessore compreso fra 3 e 15 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=560$ m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=650$ m/s e spessore compreso tra 30-35 mt .</p>
<p>Zona 6</p> <p>2006</p>  <p>miscela di ghiaia sabbia e limo con $Dr= 66 \rightarrow 80\%$</p> <p>ALS ($V_s=532$ m/s) 40 - 80 mt</p> <p>GRS spessore 30-40 mt ($V_s=1408$ m/s)</p> <p>COS ($V_s=560$ m/s)</p> <p>COS ($V_s=650$ m/s)</p>	<p>ZONA 6: : ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM) con V_s comprese fra 300 e 350 m/s e spessore compreso fra 3 e 15 metri su substrato composto da alternanza di litotipi (ALS) con spessore compreso tra 40-80 metri e $V_s= 532$ m/s su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con $V_s=1408$ m/s con spessore compreso tra 30-40 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=560$ m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=650$ m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p> <p><u>(Zona ricadente nel perimetro di MS livello III)</u></p>

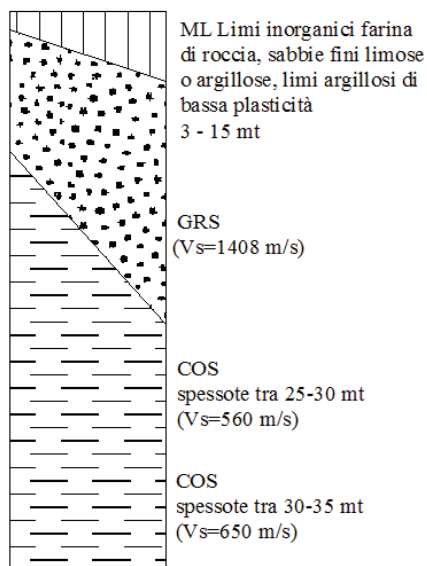
<p>Zona 7</p> <p>2007</p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo con $Dr=31-40\%$ angolo d'attiro $29^{\circ}-31^{\circ}$ con spessore 3 - 15 mt</p> <p>ALS $V_s=532$ m/s 3-20 mt</p> <p>GRS $V_s=1408$ m/s 25-45 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt ($V_s=560$ m/s)</p> <p>COS 30-35 ($V_s=650$ m/s)</p>	<p>ZONA 7: Sabbie limose miscela di sabbia e limo (SM) con spessore 3-15 metri con $V_s=191$ m/s su substrato composto da alternanza di litotipi stratificati alterato (ALS) con $V_s=532$ m/s e spessore compreso fra di 3-20 metri su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con $V_s=1408$ m/s con spessore compreso tra 25-45 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=560$ m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=650$ m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p> <p><u>(Zona ricadente nel perimetro di MS livello III, che nell'analisi di risposta sismica locale è stata considerata simile alla zona 2003, data la stratigrafia simile)</u></p>
<p>Zona 8</p> <p>2008</p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo con $Dr=31-40\%$ angolo d'attiro $29^{\circ}-31^{\circ}$ con spessore 3 - 10 mt</p> <p>GRS spessore 20-40 mt ($V_s=1408$ m/s)</p> <p>COS spessore 25-30 mt ($V_s=560$ m/s)</p> <p>COS 30-35 ($V_s=650$ m/s)</p>	<p>ZONA 8: Sabbie limose miscela di sabbia e limo (SM) con spessore 3-15 metri con $V_s=191$ m/s su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con $V_s=1408$ m/s con spessore compreso tra 20-40 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=560$ m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con $V_s=650$ m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>

<p>Zona 9</p> <p>2009</p>  <p>ML Limi argilloso sabbiosi Cu= 0.1 - 1.5 Kg/cm2 3 - 15 mt</p> <p>ALS (Vs=532 m/s) 40 - 80 mt</p> <p>GRS (Vs=1408 m/s)</p>	<p>ZONA 9: limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessore 3-15 metri con Vs compresa tra 200-260 m/s su substrato composto da alternanza di litotipi stratificati alterato (ALS) con Vs=532 m/s e spessore compreso fra di 40-80 metri su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s.</p>
<p>Zona 10</p> <p>2010</p>  <p>ML Limi argilloso sabbiosi Cu= 0.1 - 1.5 Kg/cm2 3 - 15 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 10: : limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessore 3-15 metri con Vs=252 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt. (Zona ricadente nel perimetro di MS livello III)</p>

<p>Zona 11</p> <p>2011</p>  <p>ML Limi argilloso sabbiosi 3 - 10 mt</p> <p>ALS (Vs=532 m/s) 3 - 15 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 11: limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessore variabile tra 3 e 10 metri e Vs compresa tra 200-260 m/s su substrato composto da alternanza di litotipi stratificati (ALS) con Vs=532 m/s e spessore compreso tra 3-15 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>
<p>Zona 12</p> <p>2012</p>  <p>ALS (Vs<800 m/s) 3 - 15 mt</p> <p>COS spessore 25-30 mt (Vs=560m/s)</p> <p>COS spessore 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 12: substrato composto da alternanza di litotipi stratificati (ALS) con Vs=532 m/s e spessore compreso fra 3 e 15 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>
<p>Zona 13</p> <p>2013</p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 3 - 10 mt</p> <p>COS spessore tra 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore tra 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 13: Sabbie limose miscela di sabbia e limo (SM) con spessore 3-10 metri con Vs=191 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato alterato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato alterato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>

Zona 14

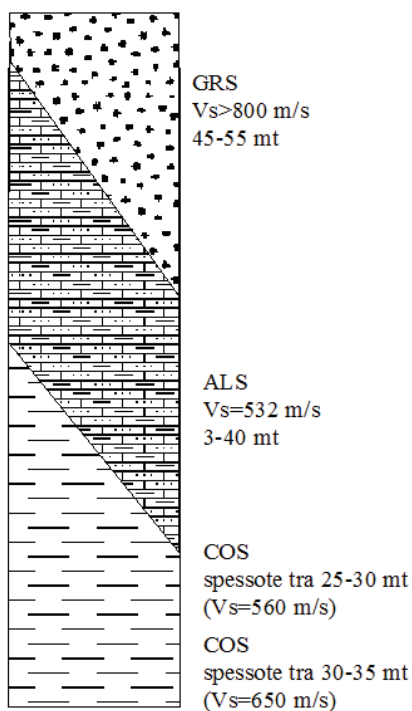
2014



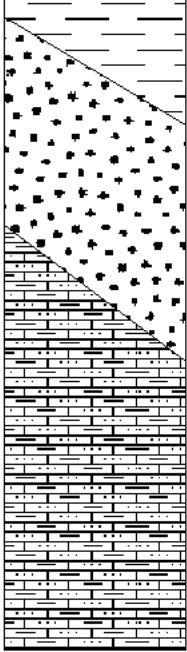
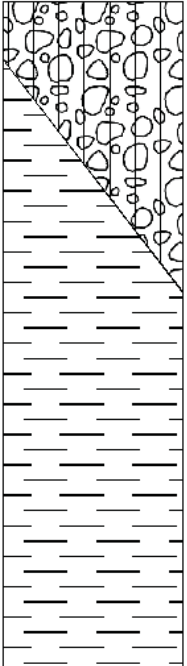
ZONA 14: limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessore variabile tra 3 e 15 metri e Vs compresa tra 200-260 m/s su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.

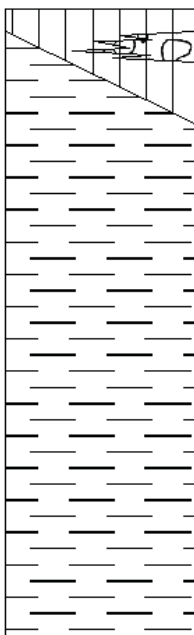
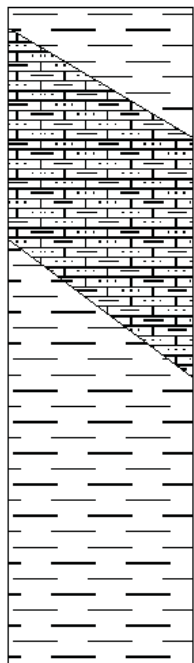
Zona 15

2015















ZONA 15: substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s con spessore compreso tra 45-55 metri su substrato composto da alternanza di litotipi (ALS) con spessore compreso tra 3-40 metri e Vs= 532 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.

<p>Zona 16</p> <p>2016</p>  <p>COS (Vs=560 m/s) 3-18 mt</p> <p>GRS (Vs=1408 m/s)</p> <p>ALS Vs=532 m/s</p>	<p>ZONA 16: substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 3-18 mt su substrato granulare cementato stratificato (GRS) con Vs=1408 m/s su substrato composto da alternanza di litotipi (ALS) con Vs= 532 m/s.</p>
<p>Zona 17</p> <p>2017</p>  <p>GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo con Dr= 66->80% e angolo d'attrito >35° con spessore 10 - 40 mt</p> <p>COS spessore tra 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessore tra 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 17: ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM) con Vs comprese fra 300 e 350 m/s e spessore compreso fra 10 e 40 metri su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt .</p>

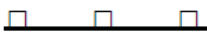


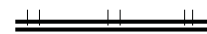
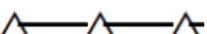



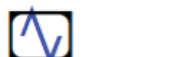
<p>Zona 18</p> <p>2018</p>  <p>ML Limi argilloso sabbiosi con lenti ghiaiose Cu= 0.1 - 1.5 Kg/cm2 3 - 15 mt</p> <p>COS spessote tra 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessote tra 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 18: : limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con lenti ghiaiose spessore 3-15 metri con Vs=252 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>
<p>Zona 19</p> <p>2019</p>  <p>COS (Vs=560 m/s) 3-18 mt</p> <p>ALS Vs=532 m/s</p> <p>COS spessore tra 25-30 mt (Vs=560 m/s)</p> <p>COS spessote tra 30-35 mt (Vs=650 m/s)</p>	<p>ZONA 19: substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 3-18 mt su substrato composto da alternanza di litotipi stratificati (ALS) con Vs= 532 m/s su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=560 m/s e spessore compreso tra 25-30 mt su substrato coesivo sovraconsolidato stratificato (COS) con Vs=650 m/s e spessore compreso tra 30-35 mt.</p>

Sono state individuate anche 12 tipologie di “zone di attenzione per instabilità”, come di seguito riportato, differenziate in relazione alla diversa successione stratigrafica riconducibile alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali precedentemente descritte.

Tab. 8.4.2 – Zone di attenzione per instabilità	
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 1
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 2
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 3
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 4
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 5
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 7
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 10
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 11
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 12
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 13
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 17
	ZA fr – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 18

Sono state inoltre evidenziate le seguenti “forme di superficie e sepolte” oltre a n°29 punti di misura di rumore ambientale (HVSr) con indicazione dei valori di frequenza di risonanza registrati.

Si specifica che la traccia della sezione topografica utile per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche si riferisce al profilo geologico C-C’ riportato nella carta delle sezioni geologiche.

Tab. 8.4.3 – Forme di superficie e sepolte e punti di misura di rumore ambientale		
	Tipologia	Numero*
	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)	5
	Orlo di scarpata morfologica (>20 m)	1
	Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)	2
	Orlo di terrazzo fluviale (>20 m)	2
	Cresta	1
	Asse di valle sepolta larga ($C<0.25$) * $C=H/L$ con H profondità della valle e L semilunghezza della stessa	3
	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)	3
	Traccia della sezione topografica	2
	Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0	29

Faglie attive

Dagli studi reperiti e dai rilevamenti eseguiti, non sono state individuate faglie attive.

8.5. Carta di Microzonazione Sismica (MS) livello 3

Le carte di Microzonazione sismica di livello III, redatte in scala 1:5.000, riportano la suddivisione del territorio comunale oggetto di analisi di livello III in aree (Zone stabili o Zone stabili suscettibili di amplificazione) con simili condizioni di amplificazione. In particolare l'obiettivo di tali cartografie è quello di riportare i valori di amplificazione stimati in termini di rapporto tra PGA al sito e PGA di riferimento (FAPGA) e di rapporto tra Intensità di Housner al sito e quella al sito di riferimento per intervalli di periodi compresi tra 0,1 e 0,5 secondi (FHa 1-0,5s), 0,4 e 0,8 secondi (FHa 0,4-0,8s) e tra 0,7 e 1,1 secondi (FHa 0,7-1,1s).

I valori ottenuti mostrano che il territorio comunale di Montedinove è suscettibile di amplificazione sismica, ad esclusione di un'area definita Zona stabile, con valori di FA =1.0, le altre zone presentano valori di FA compresi fra 1,3 e 1,58 nell'intervallo 0,1-0,5 s, FA tra 1,21 e 2,04 nell'intervallo 0,4-0,8 s e FA tra 1,30 e 1,82 nell'intervallo 0,7-1,1 s, come riassunto nella tabella seguente.

ZONA		FA			Categoria suoli NTC*	Vs 30 (m/s)*
		0,1-0,5 s	0,4-0,8 s	0,7-1,1 s		
Zona 1	Zone stabili di suscebtibili di amplificazioni	1,31	2,04	1,82	C	342
Zona 2		1,57	1,51	1,72	A	1105
Zona 3		1,20	1,47	1,46	A	1052
Zona 4		1,00	1,21	1,30	A	945
Zona 6		1,38	1,22	1,68	B	455
Zona 7		1,20	1,47	1,46	B	580
Zona 8		1,58	1,60	1,42	B	659

***N.B.:** Si fa presente che la categoria dei suoli da NTC e il valore delle Vs30 sono stati calcolati in base alla stratigrafia utilizzata per la modellazione 1D che rappresenta una media dell'intera MOPS, pertanto con molta probabilità tali valori potrebbero subire variazioni all'interno delle stessa MOPS. Si raccomanda, quindi, di non utilizzare tali valori per progettazione o verifica sismica, ma di calcolarli di volta in volta secondo quanto stabilito dalle NTC2008.

Tab. 8.5.1 – Valori di FA ottenuti dalle modellazioni 1D e 2D, con categoria dei suoli da NTC e Vs30 per ogni microzona.

Si evidenzia che all'interno di ogni MOPS, a causa del ridotto numero di punti di indagini previste, (è stata eseguita una sola prova sismica Down-hole) la risposta sismica locale può risultare eterogenea.

Di seguito vengono elencati gli spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento calcolati per ogni accelerogramma selezionato e per ogni MOPS analizzata con inclusi lo spettro medio di input, quello medio di output e lo spettro da NTC 2008.

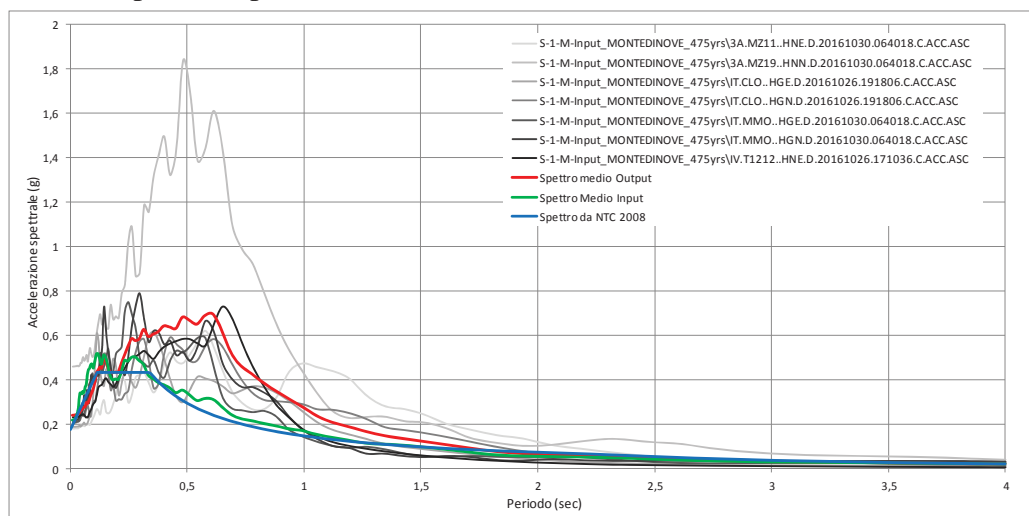


Fig.: 8.5.2 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2001 dall'analisi 1D.

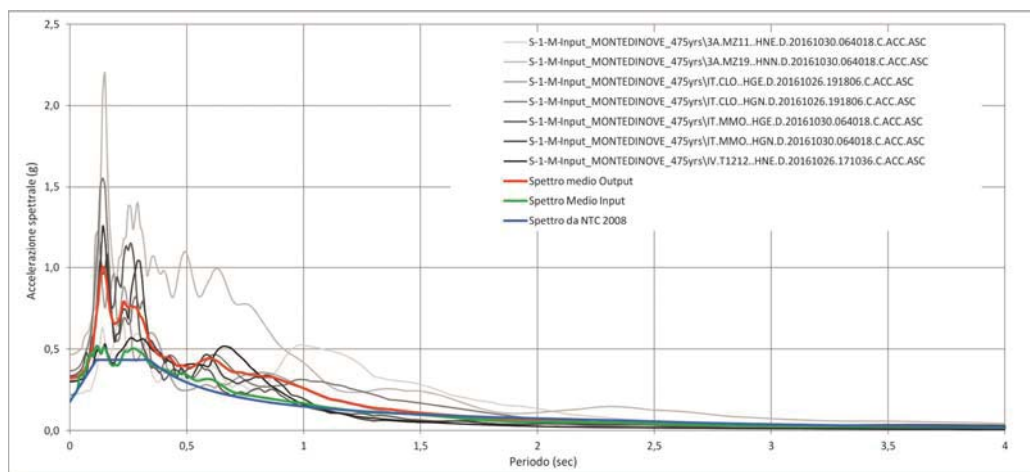


Fig. 8.5.3 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2002 dall'analisi 2D.

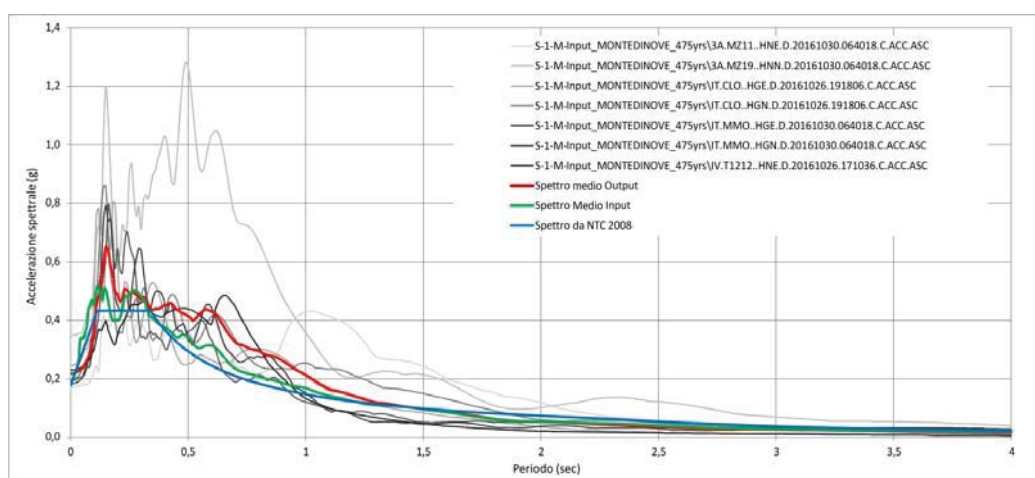


Fig.: 8.5.4 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2003 dall'analisi 2D.

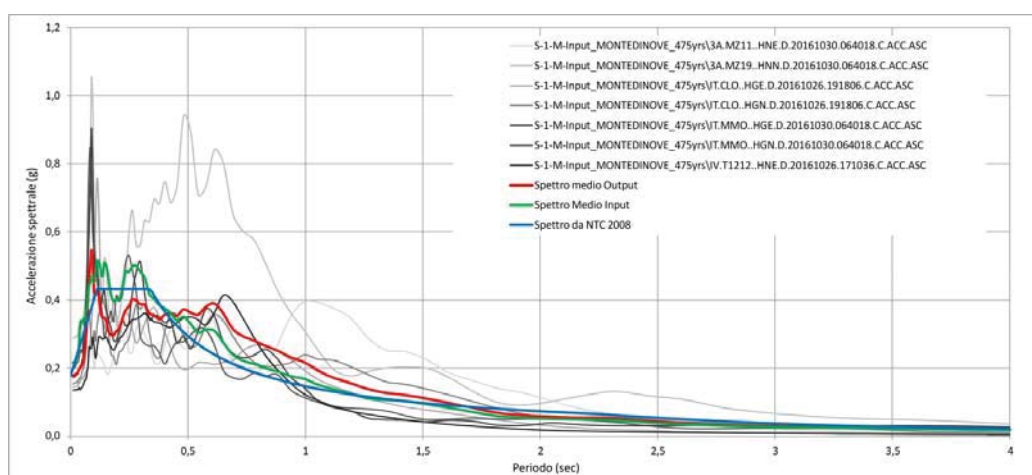


Fig.: 8.5.5 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2004 dall'analisi 1D.

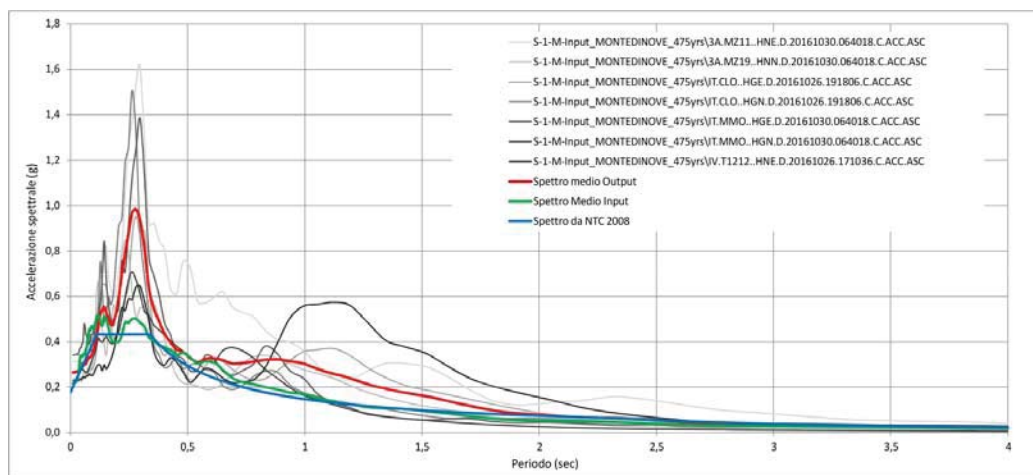


Fig.: 8.5.6 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2006 dall'analisi 1D.

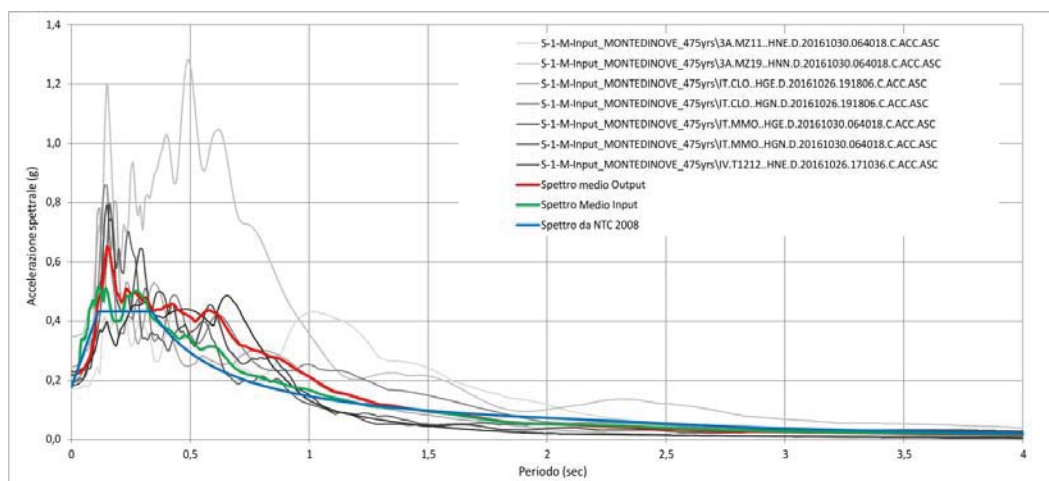


Fig.: 8.5.6 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2007 dall'analisi 1D.

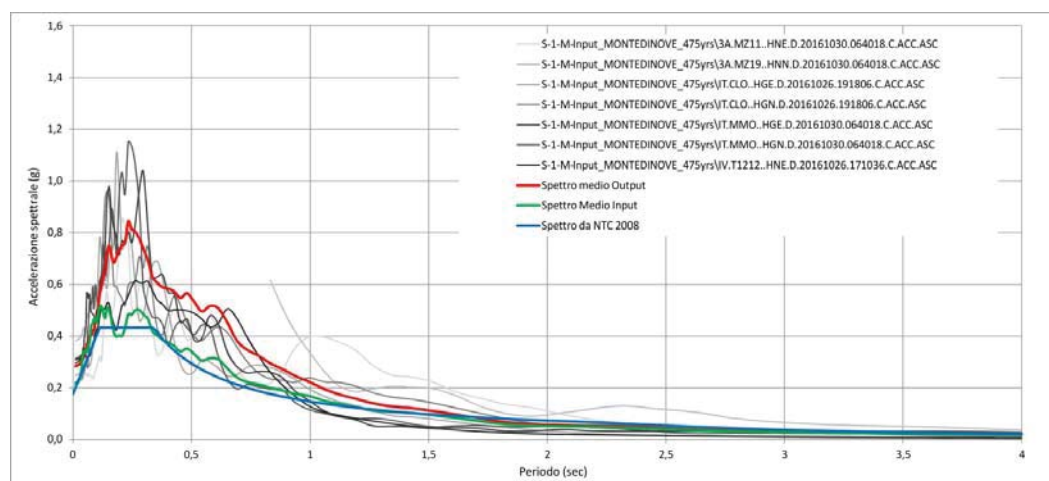


Fig.: 8.7 – Spettri di risposta elastici risultanti per la MOPS 2010 dall'analisi 1D.

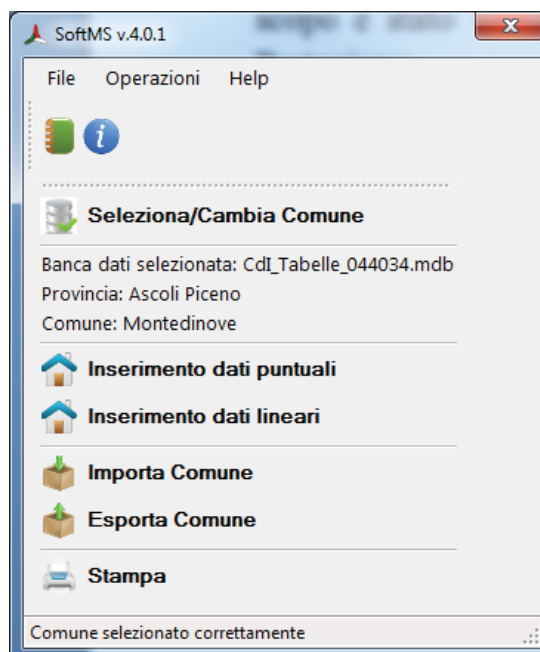
8.6. Commenti finali e criticità

Lo studio è stato eseguito sotto la direzione ed il controllo del Centro Ms di Roma che ha fornito gli accelerogrammi e i codici di calcolo necessari all'esecuzione delle analisi di risposta sismica locale e per il calcolo dei fattori di amplificazione. Sebbene sia stato eseguito un buon numero di nuove indagini geofisiche indirette per ogni MOPS ad integrazione di quelle esistenti, l'esecuzione di una sola prova Down-Hole limita in parte la correttezza dei risultati non consentendo di tener conto di effetti indotti dalla presenza di marcate variazioni laterali nelle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti, soprattutto per il litotipo COS dove ci si è basati prevalentemente su dati acquisiti nei Comuni limitrofi.

Si ribadisce pertanto quanto già riportato ai precedenti paragrafi, ovvero che lo studio di microzonazione sismica di livello III, in quanto finalizzato alla valutazione del livello di pericolosità sismica alla scala dell'abitato, non può essere considerato sostitutivo di una specifica analisi di risposta sismica locale finalizzata alla progettazione o alla verifica sismica del singolo manufatto.

8.7. Struttura del database

Recependo i dettami indicati negli Standard di Rappresentazione e Archiviazione informatica versione 4.0b, le indagini, reperite ed ex novo, sono state archiviate all'interno di un Database. Allo scopo è stato utilizzato il software "Soft MS versione 4.0b" messo a disposizione dalla Protezione Civile e scaricabile dal sito http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp. Tale software è uno strumento dedicato agli studi di micro zonazione sismica nel rispetto degli Standard di Rappresentazione e Archiviazione informatica versione 4.0b.



Una volta selezionato il comune oggetto di studio si procede all'inserimento delle indagini suddivise in Indagini Puntuali e Indagini Lineari. Per le diverse tipologie di indagini, le tabelle per l'inserimento dei dati sono le seguenti:

Indagini Puntuali

“Sito Puntuale”;

“Indagini Puntuali”;

“Parametri Puntuali”.

Indagini Lineari

“Sito

Lineare”;

“Indagine Lineare”;

“Parametro Lineare”.

I dati alfanumerici dei siti, delle aree, tipologia di indagine e loro parametri, sono poi archiviate su tabelle appositamente progettate allo scopo. La relazione con gli shapefile è stabilita attraverso i campi ID_SLN (Tabella sito_lineare) e ID_SPU (Tabella sito_puntuale) che rappresentano delle chiavi esterne.

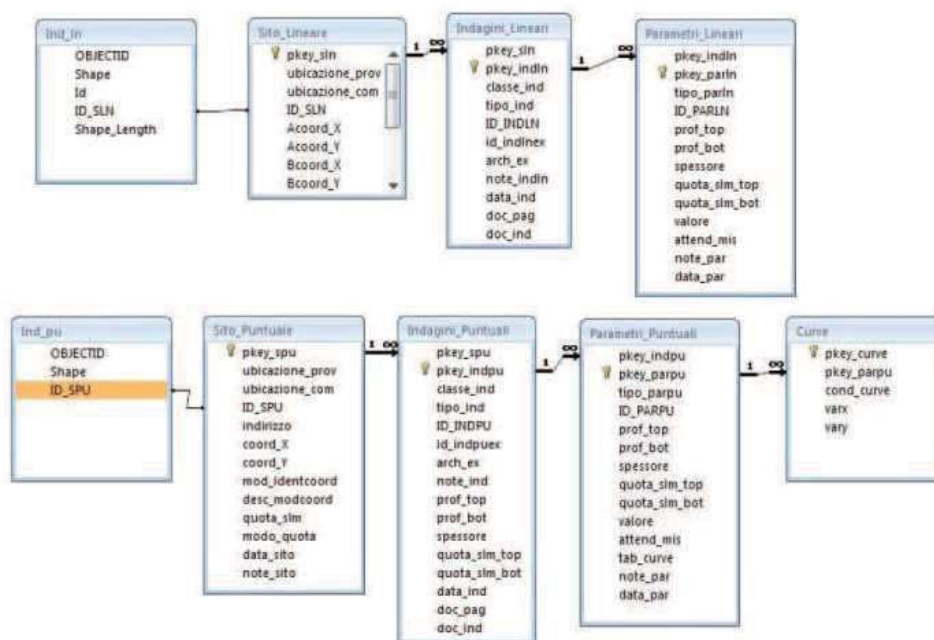


Fig. 8.9 – Relazioni di collegamento tra lo shapefile Ind_pu e CdI_Tabelle_044034

Le tabelle (sopra riportate) sono collegate tra loro attraverso delle chiavi primarie. Nell'archiviazione si procede per gradi partendo dalla tipologia (Puntuale o Lineare) in base alla quale fin da subito viene associata una simbologia geometrica che ne permette l'individuazione. I dati che si trovano nella prima tabella sono relativi all'identificazione, all'ubicazione nello spazio (x,y,z) dei siti e alla stima dell'accuratezza con la quale è stata determinata la loro posizione. Successivamente si immettono i dati identificativi della località del sito (Provincia, Comune, ecc...), dell'ubicazione (coordinate geografiche in un S.R. WGS84ZONA33N), quota topografica e base cartografica di riferimento utilizzata. Con il termine sito puntuale si intende il punto sulla superficie topografica in corrispondenza del quale o a partire dal quale è stata eseguita una

determinata indagine. Nella tabella “Indagini_Puntuali” sono rispettivamente archiviate le caratteristiche di tali indagini, e descritte le tipologie d'indagini eseguite in uno specifico sito puntuale. Nella tabella “Parametri Puntuali” si archiviano i parametri associati alle prove descritte nella tabella “Indagini Puntuali”. I parametri a loro volta posso essere classificati in parametri diretti come profondità e spessori delle litologie, e derivati, come i parametri geomeccanici dei materiali sottoposti a eventuali prove di laboratorio.

Lo stesso schema di archiviazione e catalogazione delle Indagini Puntuali è utilizzato per le Indagini Lineari. Una volta compilato, il database viene esportato dal softMS ed agganciato allo shapefile Ind_pu e Lineare Ind_In attraverso le chiavi esterne ID_SPU e ID_SLN, in modo da permettere di visualizzare sulla carta delle indagini tutte le informazioni associate ad ogni indagine.

8.7.1. Struttura di archiviazione dei file

La struttura di archiviazione dei file inerenti lo studio di microzonazione sismica di livello 1, per il Comune di Montedinove, archiviati in cartelle salvate nel supporto informatizzato (DVD) allegato al presente studio, è la seguente:

- 44034_Montedinove
 - BasiDati
 - Catalogo_frane_2009
 - Comuni
 - Comuni
 - Com2014_WGS84_33N
 - Annotation_ Montedinove
 - MultiPatch_ Montedinove
 - Point_ Montedinove
 - Polygon_ Montedinove
 - Poliline_ Montedinove
 - MSLiv3
 - Localita_ms3
 - Località_ms3_def
 - Regioni

- GeoTec
 - Indagini
 - CdI_Tabelle_044034
 - Documenti
 - Indagini Puntuali_PDF
 - Indagini Lineari_PDF
 - Accelerogrammi elaborazioni RSL 1D e 2D
 - 1D_Montedinove
 - 2D_Montedinove
 - Accelerogrammi_input_Montedinove_475yrs
 - Dati originali
 - HVSR
 - MASW
 - Dati grezzi Down-Hole
 - MS1
 - MS23
 - Spettri
 - Plot
 - MS1_Montedinove_2014
 - MS3_Montedinove_2017
 - Progetti
 - Vestiture
 - Report

Nome Cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
44034_Montedinove	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali allo studio di microzonazione sismica prodotto.
BasiDati	<p>Cartella contenente le carte di base utilizzate in formato vettoriale e georeferenziate.</p> <p>Catalogo_frane_2009: cartella contenente gli shapefile dello studio IFFI forniti dal Centro di MS</p> <p>Comuni: cartella contenente gli shapefile Comuni2014 (shapefile fornito dalla Protezione Civile con i confini comunali dell'intero territorio nazionale);</p> <p>MSLiv3: Localita_ms3 e Località_ms3_def shapefile contenente il limite del Comune di Montedinove dell'area da sottoporre a studio di MS livello 3 fornito dal Centro di MS;</p>

GeoTec	<p>Cartella contenente gli shapefile riferiti ad elementi geologici, geomorfologici e idrogeologici:</p> <p>Epuntuali; Elineari; Forme; Geoidr; Geotec.</p>
Indagini	<p>Cartella contenente:</p> <p>gli <i>shapefile</i> delle indagini:</p> <p>Ind_pu; Ind_In;</p> <p>il database di Access nominato "CdI_Tabelle_044034" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini;</p> <p>la cartella Documenti con archiviati i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari, all'interno di questa è presente una cartella Dati originali contenente i file grezzi delle indagini geofisiche eseguite ex-novo e una cartella Accelerogrammi_input_Montedinove_475yrs contenente gli accelerogrammi forniti dal centro MS., mentre nella cartella Accelerogrammi elaborazioni RSL 1D e 2D sono contenuti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N. 7 accelerogrammi in superficie calcolati uno per ogni spettro di input e per ogni MOPS - 1D Montedinove: <ul style="list-style-type: none"> • N.7 accelerogrammi calcolati in superficie, uno per ogni spettro di input; • File strati utilizzati per le calibrazioni 1D, uno per ogni MOPS analizzata • File strati per l'esecuzione delle analisi elastiche lineari, uno per ogni MOPS analizzata Foglio di calcolo excel per la definizione dei fattori Fa, uno per ogni MOPS Analizzata - 2D Montedinove: <ul style="list-style-type: none"> • Report e risultati delle analisi 2D eseguite dal POLITO
MS1	<p>Contiene i seguenti shapefile:</p> <p>Isosub; Instab; Stab.</p>
MS23	<p>Contiene i seguenti shapefile:</p> <p>Isosub; Instab; Stab.</p> <p>É inoltre presente una cartella nominata Spettri contenente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • N. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie, uno per ogni spettro di input

Plot MS1_Montedinove_2014 MS3_Montedinove_2017	Cartella nella quale sono inseriti gli elaborati originali della MS di livello I redatti in data agosto 2014.
	Cartella nella quale sono inseriti i file di stampa degli elaborati prodotti: Relazione illustrativa; Carta delle indagini (in Scala 1:5000); Carta delle frequenze naturali dei terrni F0 (in Scala 1:5.000); Carta delle frequenze naturali dei terrni Fr (in Scala 1:5.000); Carta geologico tecnica (in Scala 1:5.000); Sezioni geologiche (in Scala 1:1.000 e 1:2000); Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (in Scala 1:5.000) Carta microzonazione sismica FHa_01_05 (in Scala 1:5.000); Carta microzonazione sismica FHa_04_08 (in Scala 1:5.000); Carta microzonazione sismica FHa_07_11 (in Scala 1:5.000);
Progetti	Sono contenuti i progetti utilizzati per realizzare le varie carte, in particolare: Il progetto : MS_Aree_EQ_rev_02 Con i vari template utilizzati per la stampa delle carte
Vestiture	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Sono inoltre presenti i loghi della del Centro MS, della Regione Marche, stemma del Comune di Montedinove, del Dipartimento di Protezione Civile Regionale Marche, Logo conferenza delle regioni e delle Province autonome, logo del commissario straordinario per la ricostruzione sisma 2016 e Mappa con ubicazione area in esame.

9. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991)–Ambiente fisico delle Marche–Geologia–Geomorfologia–Idrogeologica. Carta Geologica delle Marche- Regione Marche - S.E.L.C.A. s.r.l. Firenze.
- APAT 2005 - Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia)
- Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014
- Blumetti, A. M. "Neotectonic investigations and evidence of paleoseismicity in the epicentral area of the January–February 1703, Central Italy, earthquakes." Perspectives in paleoseismology 6 (1995): 83-100.
- Cartografia topografica del Comune di Force – Scala 1:5000
- Cartografia geologica d'Italia del Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG – Scala 1:10000
- Cartografia P.R.G. Comunale – Dr. Geol. Domenico Gentili
- Catalogo delle Faglie Capaci del progetto ITHACA dell'ISPRA
- Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (aggiornato al 2014). <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>
- Database Macrosismico Italiano 2011 dell'INGV (aggiornato al 2006)
- Deiana e Centamore (1986) – La geologia delle Marche. Carta Geologica delle Marche – Studi geologici Camerti, Dipartimento di Scienze della Terra Università di Camerino.
- Faccioli, E. e al. (1986). Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica Quaderni de “La Ricerca Scientifica”. N. 114. CNR. Roma.
- Giraudi, Carlo, and Massimo Frezzotti. "Palaeoseismicity in the Gran Sasso Massif (Abruzzo, central Italy)." Quaternary International 25 (1995): 81-93.
- Gruppo di Lavoro CSTI, 2005, Catalogo Strumentale dei Terremoti Italiani dal 1981 al 1996 (Versione 1.1), http://gaspy.df.unibo.it/paolo/gndt/Versione1_1/Leggimi.htm.
- Gruppo di Lavoro MS (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd- rom.
- Indagini geologiche del Piano Regolatore generale del Comune di Force
- Indagini geologiche varie redatte dal settore LL PP del Comune di Force
- Indagini geologiche realizzate per la stesura di interventi privati
- Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad essi associabili – GNDT
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroscopic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- Luzi L, Pacor F, Puglia R (2017). Italian Accelerometric Archive v 2.2. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Dipartimento della Protezione Civile Nazionale. doi: 10.13127/ITACA.2.2"

- Micarelli A. e Cantalamessa G. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 314 Montegiorgio.
- NTC 2008
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto idrogeologico PAI - Norme di Attuazione e misure di Salvaguardia
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. – Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica Versione 4.0b (Roma Ottobre 2015) redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica, art.5, c.7 dell'OPCM 13/11/2010

ALLEGATI FUORI TESTO:

- Carta delle indagini in scala 1:5000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (F_0) in scala 1:5.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (F_r) in scala 1:5.000
- Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT_MS) in scala 1:5.000
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1:1.000 e scala 1:2000
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.1-0.5 s in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.4-0.8 s in scala 1:5.000
- Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 FA 0.7-1.1 s in scala 1:5.000

ALLEGATI NEL TESTO:

- ALLEGATO A – Analisi di Risposta sismica Locale 2D (a cura del Politecnico di Torino)

Montalto delle Marche, Aprile 2018

Tecnico incaricato

Dott.ssa Geol. Alessandra Angelici

