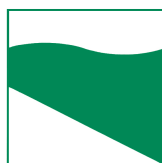




PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Medolla



Regione	Soggetto realizzatore	Amministrazione comunale
Emilia Romagna		
Studio realizzato con il contributo di cui all'ODPC 293/2015 Coordinamento della Regione Emilia Romagna Servizio sismico dei suoli dott. geol. Luca Martelli	dott. Geol. Pier Luigi Dallari collaboratori studio MS e CLE: dott. Geol. Gabriele Ghirardini dott. Geol. Linda Veratti	Responsabile uff. tecnico geom. Alberto Annovi Data Marzo 2022



RELAZIONE TECNICA
STUDIO
MICROZONAZIONE
SISMICA DI III LIVELLO
COMUNE DI MEDOLLA

1 APRILE 2021

Studio geologico Dallari Pier Luigi
Professionista: Dott. geol. Pier Luigi Dallari

In collaborazione con:



dott. geol. Gabriele Ghirardini
dott. geol. Linda Veratti

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 1 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		01	

SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
1.1.	Criteri di realizzazione dello studio e riferimenti normativa	3
1.2.	Elaborati prodotti	3
2.	Definizione della pericolosità di base de gli eventi di riferimento	4
2.1.	Sismicità storica	4
2.2.	Sorgenti sismogenetiche	6
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area	7
3.1.	Assetto strutturale.....	7
3.2.	Contesto geomorfologico	7
3.3.	Contesto geologico e stratigrafico.....	10
4.	Dati geognostici e geofisici	11
4.1.	Indagini di repertorio	11
4.2.	Indagini eseguite per la microzonazione sismica.....	11
5.	Modello del sottosuolo.....	15
5.1.	Substrato e frequenza fondamentale dei terreni	15
5.2.	Terreni di copertura (0.00 – 30.00 metri)	20
5.3.	Modello velocità onde S_n	26
5.4.	Stima preliminare del potenziale di liquefazione	28
6.	Analisi e verifiche.....	30
6.1.	Zone suscettibili di amplificazioni locali e zone soggette a liquefazione	30
6.2.	Risposta sismica locale	32
6.3.	Analisi del rischio di liquefazione	61
7.	Elaborati cartografici.....	80
7.1.	Carta delle indagini (Tavola n.1)	80
7.2.	Carta Geologico Tecnica (Tavola n.2)	81
7.3.	Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tavola n. 3)	81
7.4.	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavola n.4)	81
7.5.	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Tavola n.5).....	92
7.6.	Carte di microzonazione sismica (Tavole da n. 6 a n. 11)	92
7.7.	Sezioni geologiche (Tavole da n. 18 a n. 19).....	93
8.	Confronto esiti studio MS con la distribuzione degli effetti osservati in occasione del sisma 2012	94
9.	Sintesi dei risultati della microzonazione sismica.....	96
10.	Bibliografia	97
11.	Allegati.....	98

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
<p style="text-align: center;">COMUNE DI MEDOLLA</p>	<p>RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA</p>	<p>Relazione tecnica</p>	<p style="text-align: center;">Pag. 2 a 98</p>
		<p>Revisione Doc / Doc. Revision</p>	
		<p>01</p>	

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 3 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 01	

1. PREMESSA

Il presente elaborato descrive integralmente le metodologie e le condizioni adottate per l'analisi della microzonazione sismica del territorio comunale di Medolla, svolte fino al raggiungimento del III livello di approfondimento. Il livello di conoscenza per il territorio di Medolla, in termini di microzonazione sismica, è rappresentato dallo studio di microzonazione sismica svolti dalla Regione Emilia-Romagna attraverso l'Ordinanza 70/2012 che ha interessato i 17 comuni posti nell'area epicentrale della sequenza sismica dell'anno 2012.

Il presente studio viene finanziato dalla Regione Emilia-Romagna con determina 2 Novembre 2016 n. 17050.

1.1. Criteri di realizzazione dello studio e riferimenti normativa

Lo studio di Microzonazione sismica (successivamente abbreviato in "Studio MS") del Comune di Medolla è stato redatto sulla base delle indicazioni contenute nella Delibera di Giunta della Regione Emilia-Romagna 2188/2016 recante l'oggetto "Approvazione dei criteri, delle linee guida e delle indicazioni tecniche e procedurali per la presentazione dei progetti e l'attribuzione dei contributi per la realizzazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici pubblici strategici e rilevanti, in edifici privati e per studi di microzonazione sismica". Per quanto riguarda i criteri e le specifiche tecniche adottati per lo sviluppo dello studio MS si è fatto riferimento ai seguenti indirizzi:

- DGR 630-2019 - ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017).
- DGR 476-2021 - AGGIORNAMENTO DELL'"ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)" DI CUI ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N.630.
- DGR 566-2021 - APPROVAZIONE DEI CRITERI PER L'ATTRIBUZIONE, LA CONCESSIONE E LA LIQUIDAZIONE DI CONTRIBUTI PER STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA E ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA NEI COMUNI CARATTERIZZATI DA UNA PERICOLOSITÀ SISMICA AG INFERIORE A 0,125G.

Per quanto riguarda gli standard di rappresentazione delle carte tematiche contenute nello studio MS sono stati adottati gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2" redatti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Roma 2020)

1.2. Elaborati prodotti

Lo studio MS si compone dei seguenti elaborati:

- Relazione illustrativa (presente elaborato)
- N. 17 tavole cartografiche successivamente descritte
- N. 2 tavole illustranti sezioni geologiche
- Dati digitali secondo indicazioni di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.2)
- Rapporti di prova delle indagini raccolte all'interno dello studio MS

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 4 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 01	

2. Definizione della pericolosità di base de gli eventi di riferimento

Per l'inquadramento sismotettonico del territorio comunale di Medolla si è fatto riferimento ai seguenti database di dominio pubblico:

- CPT15 – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 2015 (Rovida *et al.*, 2016; <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>);
- DBMI15 – Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Locati *et al.*, 2016; <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>);
- DISS versione 3.2.1 – *Database of Individual Seimogeneic Sources* (DISS Working Group, 2018; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>);
- CFTI5Med – Catalogo dei Forti Terremoti in Italia e in area mediterranea (Guidoboni *et al.*, 2018, <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>);
- Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale (Gruppo di lavoro MPS, 2004; <http://esse1.mi.ingv.it/>);
- Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>)

2.1. Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Medolla è stata ricostruita attraverso la consultazione del Database Macrosismico Italiano DBMI15. La consultazione di tale archivio ha individuato n. 20 eventi sismici per la località di Medolla. Si illustrano successivamente gli eventi sismici prelevati:

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09
6	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4	1971	07	15	01	33	23	Parmense	228	8	5.51
3	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64
4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
5	1987	05	08	11	10	2	Bassa modenese	24	6	4.44
3	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3-4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5	1978	12	25	22	53	41	Bassa modenese	28	5	4.39
NF	2002	06	18	22	23	0	Frignano	186	4	4.30
NF	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5	1987	07	11	01	46	5	Bassa Bolognese	15	5	4.20
3-4	1901	01	20	06	34	20	Bassa modenese	12	5	4.11
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1996	10	26	04	56	0	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1998	02	21	02	21	0	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1901	01	20	06	30		Bassa modenese	10	4	3.68

Tabella n. 2.1 – Record eventi sismici tratti da DBMI15

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 5 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		01	

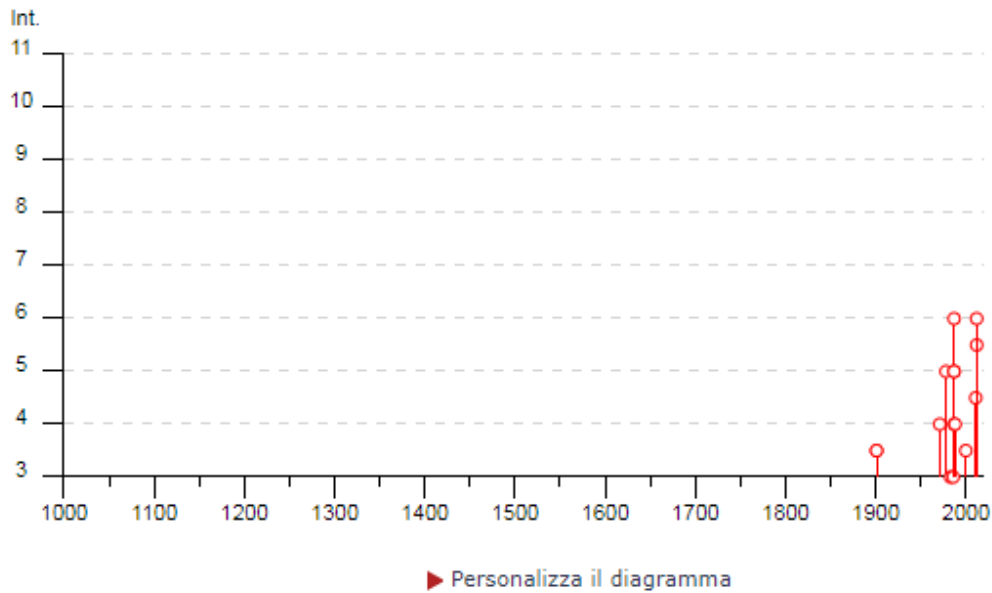


Figura n. 2.1 – Valori di intensità macrosismica (MCS) registrati per Medolla

L'analisi evidenzia come l'evento che rappresenta il massimo valore di magnitudo è relativa al sisma della Pianura Emiliana avvenuto il 20/05/2012 (Mw 6.09). In riferimento all'intensità macrosismica (Scala MCS) gli eventi con area epicentrale "Reggiano" del 1987 e lo stesso evento della Pianura Emiliana del 29/05/2012 (seconda scossa) costituiscono i maggiori esponenti della suddetta scala. L'intensità raggiunta è pari a 6 (Terremoto Forte nella scala MCS).

In riferimento alla Pericolosità Sismica di riferimento (Gruppo di lavoro MPS, 2004) e al territorio comunale di Medolla si evince un'accelerazione massima attesa su suolo rigido compresa tra 0.125 g e 0.175 g (probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

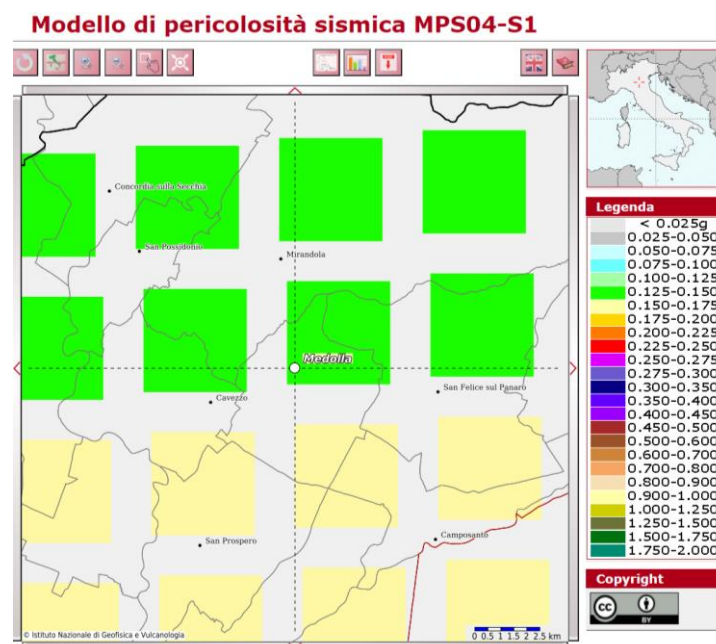


Figura n. 2.2 – Mappa di pericolosità sismica

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 6 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 01	

2.2. Sorgenti sismogenetiche

Dall'analisi del database delle sorgenti sismogenetiche (INGV – DISS), il territorio comunale di Medolla è interessato da diverse strutture sismogenetiche: le principali sono rappresentate dalla sorgente composta di Carpi-Poggio Renatico (ITCS051) a cui è associata la sorgente individuale di Mirandola (ITIS107) caratterizzata da una magnitudo massima pari a 6.0. Quest'ultima rappresenta il sovrascorrimento responsabile della strutturazione dell'anticlinale di Mirandola.

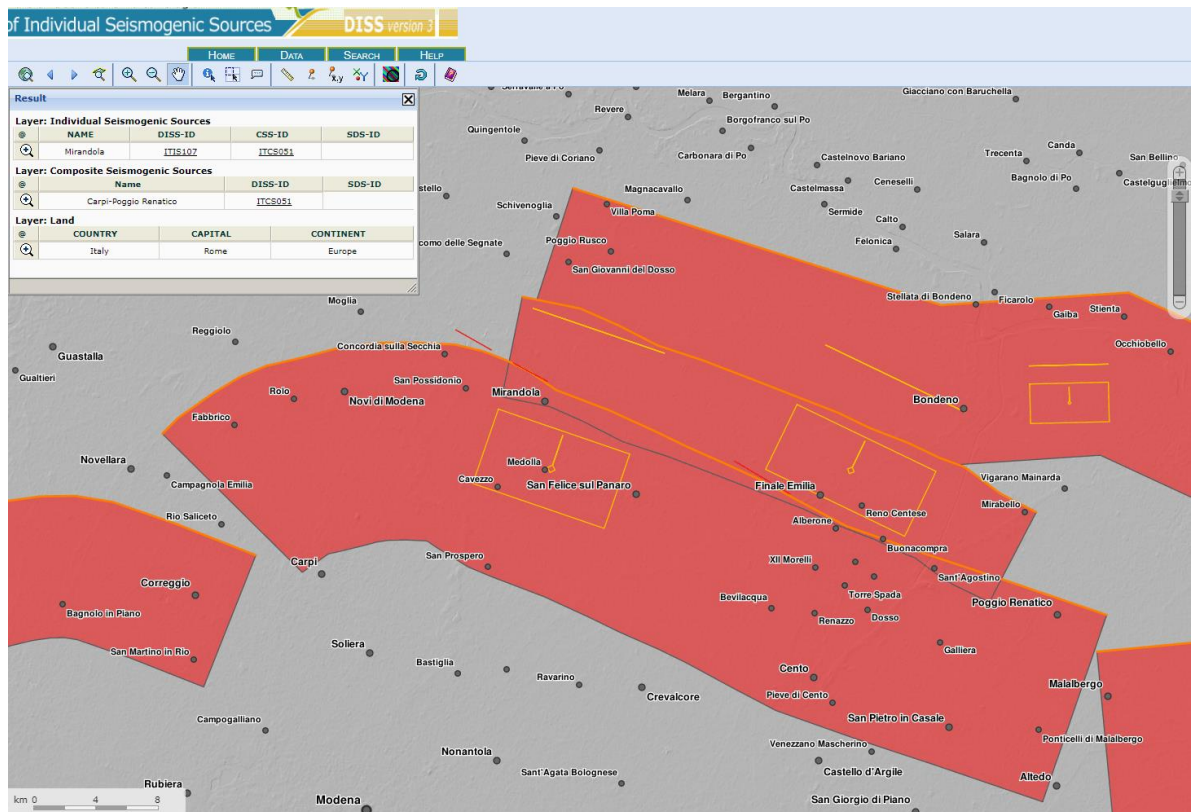


Figura n. 2.3 – Database of Individual Seismogenic Sources DSS (version 3)

Secondo la Zonazione Sismogenetica del Territorio Italiano (ZS9) (Meletti e Valensise, 2004), il territorio comunale di Medolla ricade all'interno della Zona 912 per la quale si stima un valore di M_{wmax} di 6.14

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 7 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		01	

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

3.1. Assetto strutturale

Sul piano strutturale il bacino padano rappresenta un tipico bacino tettonico di avanfossa, formatosi in conseguenza della collisione tra la placca Europea e la placca Adriatica (Orogenesi Alpina e Orogenesi appenninica). Il fronte di deformazione risulta avanzato verso nord, rispetto al limite della catena appenninica, coinvolgendo tutte le successioni sedimentarie presenti nel sottosuolo del settore meridionale della Pianura Padana. Tali strutture tettoniche si sono principalmente sviluppate durante il Pliocene ed il Quaternario in egual modo a quelli affioranti in corrispondenza del crinale appenninico: a causa dei forti tassi di sedimentazione della Pianura Padana, le morfologie risultano ad oggi sepolte.

Le strutture tettoniche di interesse sono derivabili attraverso la consultazione delle sezioni geologiche riportate nella cartografia (Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e Aree Limitrofe). La sezione B-B' si estende tra Modena e Mirandola, circa in corrispondenza del territorio comunale di Medolla: in tale sezione emergono dure strutture tettoniche. Quella meridionale coincide con l'estremità orientale dell'Arco Emiliano, mentre quella settentrionale fa parte già dell'Arco Ferrarese. Tali strutture sono impostate sulle unità torbiditiche mioceniche

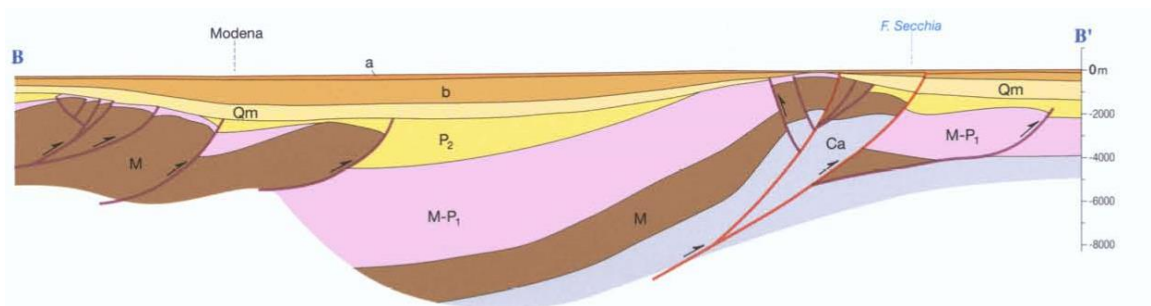


Figura n. 3.1 – Sezione geologica profonda interpretate sulla base di indagini di sismica a riflessione.
(Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna)

3.2. Contesto geomorfologico

L'analisi del contesto geomorfologico del territorio comunale di Medolla è stata supportata dalla consultazione di dati telerilevati di dominio pubblico, congiuntamente ai dati geologici bibliografici disponibili.

Dalla consultazione del DEM (*Digital Elevation Model*) messo a disposizione all'interno del database cartografico della Regione Emilia-Romagna è possibile individuare un'estesa fascia altimetrica che giace, rispetto ai restanti settori, morfologicamente sopraelevata. Le quote medie si attestano all'intorno della quota di 22/23 m s.l.m., contro una media di circa 18/17 m s.l.m. Come visibile in fig. n. 3.2 tale area si estende da SO a NE, proseguendo dal territorio comunale di Cavezzo limitrofo. Tale morfologia sembra terminare in corrispondenza del settore Nord del territorio comunale di Medolla.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 8 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 01	

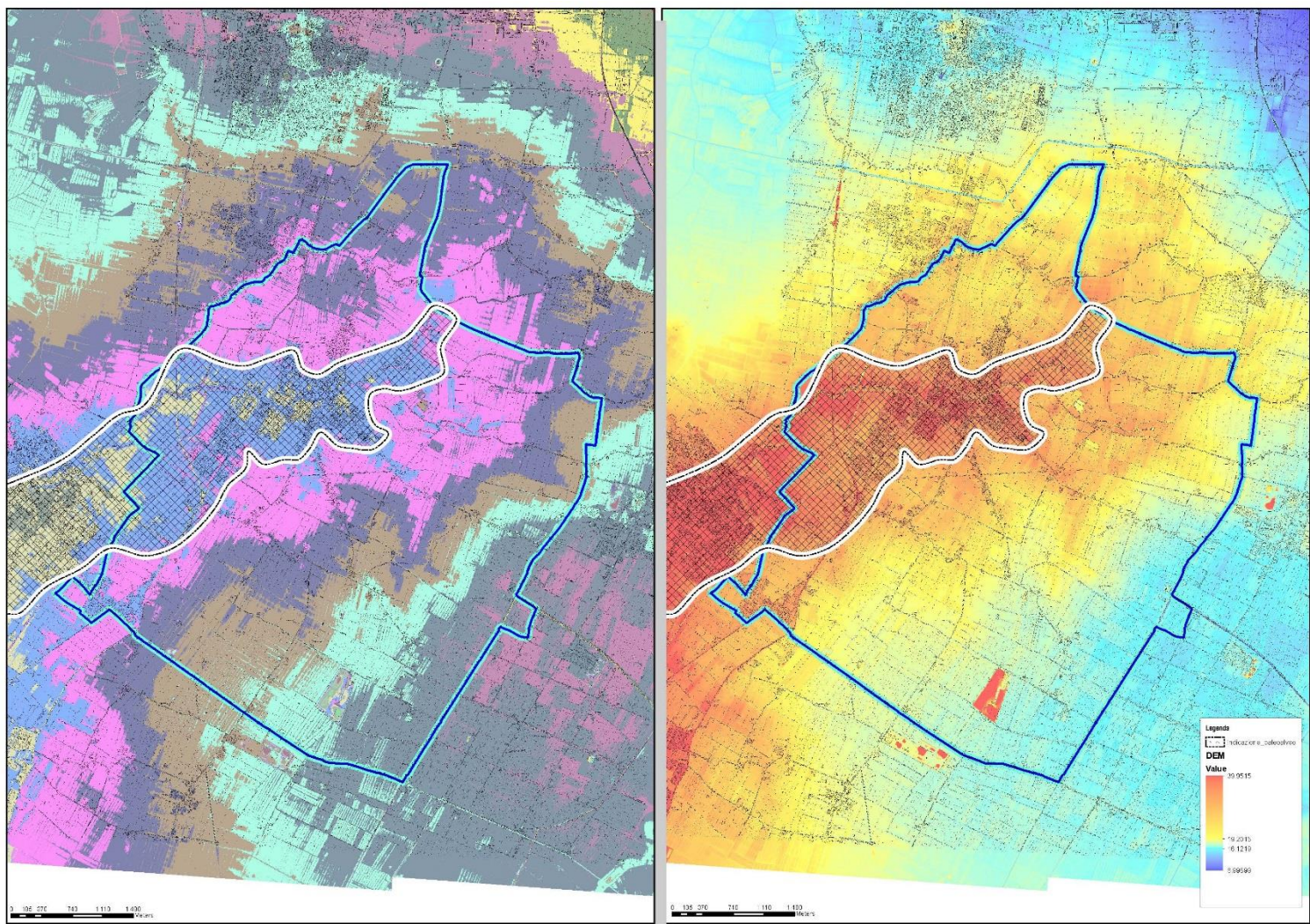


Figura n. 3.2 – Analisi del DEM relativo al territorio comunale di Medolla. A sinistra: modello elevazione classificato. A destra: modello elevazione rasterizzato. In entrambe le figure si individua con il poligono retinato le aree morfologicamente rilevate (traccia paleodosso)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 9 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

L'interpretazione applicabile a tale morfologia è quella di un possibile paleodosso: da fonti storiche è possibile appurare che tale dosso sia imputabile all'antico corso del Fiume Secchia che in epoca Altomedievale attraversava la pianura modenese differentemente a quanto oggi osservabile. Sulla base di tali fonti (Bonfatti, L. "Il basso corso del Secchia nel XIII secolo." Quaderni della Bassa Modenese 17 (1990)) nell'Alto Medioevo il tracciato del Secchia attraversava Cavezzo, Medolla, San Felice e Massa Finalese.

Tale evidenza viene raccolta anche all'interno della cartografia "Carta Geomorfologica della Pianura Padana" (Castiglioni, G. B., et al. "Carta Geomorfologica della Pianura Padana a scala 1: 250.000." (1997)). In corrispondenza dell'area morfologicamente rialzata tale cartografia mostra chiaramente l'attraversamento di una forma di paleodosso disposto come individuato sulla base dei dati DEM analizzati. La forma relitta del paleodosso è apprezzabile, seppur marginalmente, consultando la cartografia della "Carta Storica del Ducato di Modena (1821)";

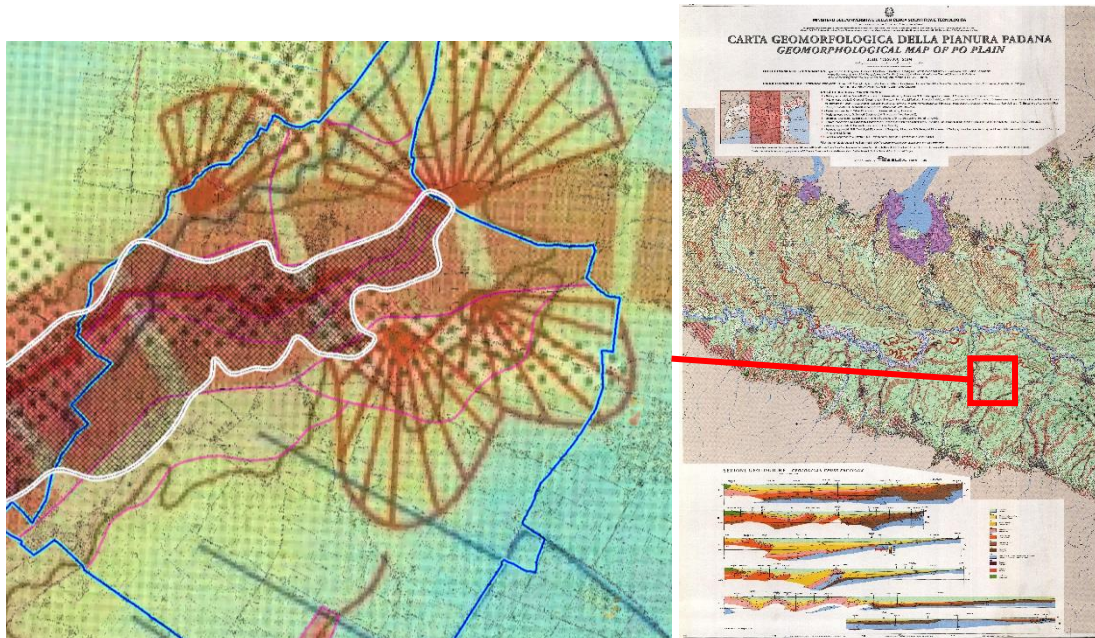


Figura n. 3.3 – Castiglioni, G. B., et al. "Carta Geomorfologica della Pianura Padana a scala 1: 250.000." (1997) sovrapposta con le evidenze derivate da analisi del DEM.

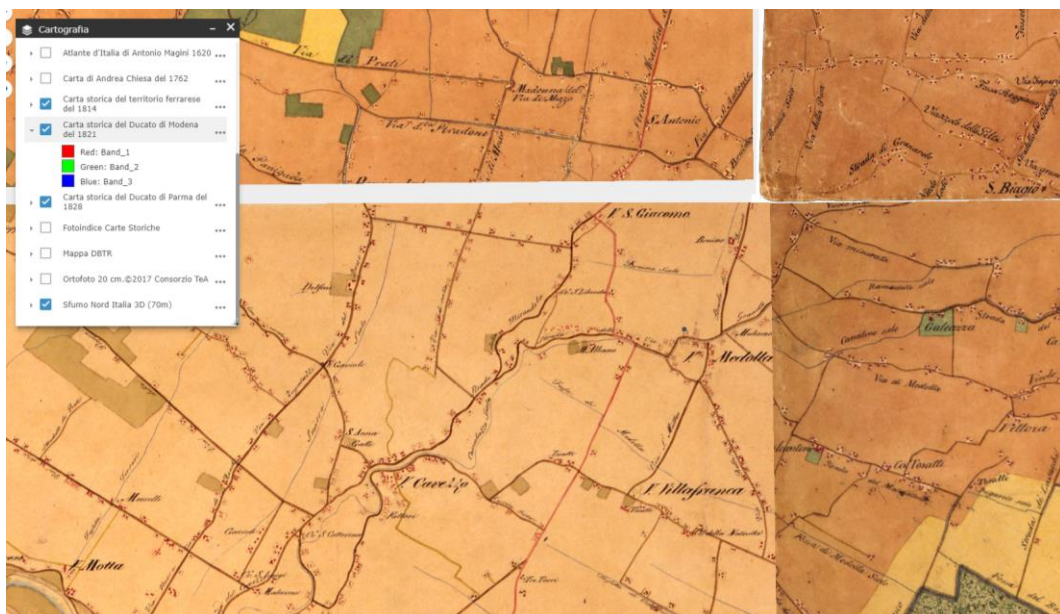


Figura n. 3.4 – Carta storica del Ducato di Modena (1821)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 10 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

3.3. Contesto geologico e stratigrafico

La geologia del sottosuolo è caratterizzata da depositi relativi ad ambienti deposizionali fluvio-lacustri. In tali ambienti le litologie risultano principalmente ascrivibili a sabbie, argille e limi. I cicli deposizionali risultano principalmente due: il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), di età compresa tra 700.000/650.000 e 450.000/400.000 anni e l'attuale (RER & ENI-Agip, 1998). Questa successione continentale ricopre un substrato costituito da depositi marini e transizionali del Pleistocene inferiore e medio, riferibili alla formazione delle Sabbie Gialle o Sabbie di Imola del margine appenninico-padano (RER & ENI-Agip, 1998).

La profondità della base della successione alluvionale varia in funzione della geometria delle pieghe che caratterizzano il substrato. Un riferimento utile per quanto riguarda la profondità indicativa del substrato risulta la sezione geologica prodotta dalla RER in seguito all'ordinanza 70/2012. Facendo riferimento a questa, è possibile apprezzare come all'interno del territorio comunale di Medolla il substrato marino (pliocene inferiore) si avvicini alla superficie in corrispondenza del settore Nord: man mano che ci si allontana da tale struttura, il substrato risulta approfondirsi in direzione Sud.

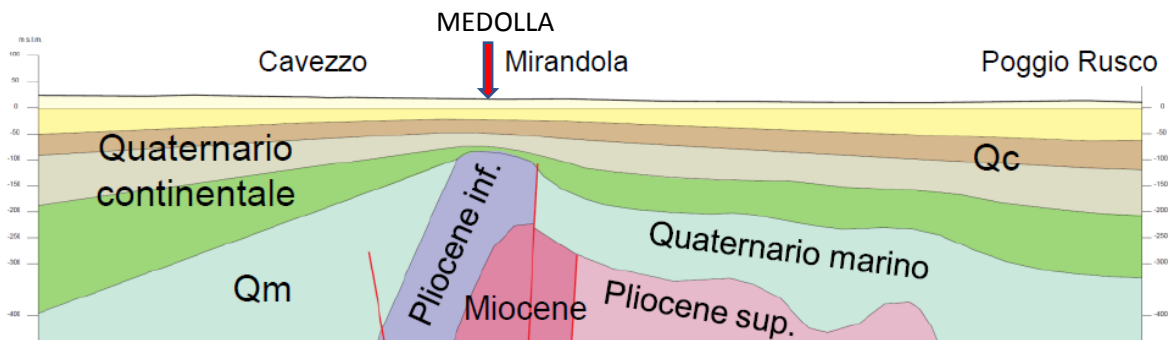


Figura n. 3.5 – Sezione geologica Relazione MS Ordinanza n. 70/2012 RER

La profondità della base della successione alluvionale varia in funzione della presenza della geometria delle Pieghe Ferraresi; nelle aree di sinclinale lo spessore delle alluvioni supera i 500 m mentre nelle aree di anticlinale si riduce fino a meno di 100 m (RER & ENI-Agip, 1998). Nelle zone di alto strutturale il substrato è talora fortemente eroso e anche i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) hanno spessore ridotto e sono presenti estese lacune stratigrafiche: ad esempio, tra Novi di Modena e Medolla, sull'alto delle Pieghe Ferraresi interne, il tetto del substrato marino, identificato a profondità inferiori a 100 m, è costituito da argille e sabbie marine del Pliocene inferiore.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 11 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

4. Dati geognostici e geofisici

Lo studio MS viene supportato dall'analisi dei dati derivanti da indagini dirette e indagini geofisiche espletate all'interno del territorio comunale di Medolla. Le indagini si suddividono in due macrocategorie: le indagini di repertorio prelevate da banche dati preesistenti e indagini realizzate ex-novo ad integrazione di quelle già disponibili. La totalità delle indagini è confluita nella cartografia relativa all'ubicazione delle indagini che corredano lo studio MS (Tavola n. 1).

4.1. Indagini di repertorio

Le indagini di repertorio provengono principalmente dal database del precedente studio MS (Ordinanza 70/2012 RER), integrate con indagini disponibili per il territorio comunale espletate per diversi incarichi pubblici/privati.

La totalità di tali indagini (430 punti di misura) è confluita all'interno del database fornito dal Dipartimento nazionale della protezione civile (DPC) per gli studi di microzonazione. Si illustrano successivamente la quantità e la tipologia di dati di repertorio raccolta:

Tipo indagine	Sigla	Numero
Prove penetrometriche statiche	CPT	308
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono	CPTU	22
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica, piezocono e cono sismico	SCPT	5
Sondaggi a carotaggio continuo	S	6
Prova sismica in foro CROSS-HOLE	CH	1
Multi-channel Anaysis of Surface Waves	MASW	76

Tabella n. 4.1 – Descrizione indagini pregresse raccolte per lo studio MS

La distribuzione dei dati, come generalmente accade, è distribuita al contorno delle zone edificate e consolidate dal punto di vista dalla programmazione urbanistica.

4.2. Indagini eseguite per la microzonazione sismica

Data la distribuzione delle indagini di repertorio si è provveduto a integrare il database con l'esecuzione di nuove indagini, finalizzate in primis ad approfondire la conoscenza in corrispondenza dei punti non indagati ma comunque ricadenti all'interno di settori strategici del territorio comunale. In secondo luogo, sono state previste nuove indagini nella prospettiva delle analisi di III livello RSL e dell'analisi di liquefazione.

Le nuove indagini, espletate nell'annualità 2021, risultano essere le seguenti:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 12 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Tipo indagine	Sigla	Numero
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono	CPTU	5
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica, piezocono e cono sismico	SCPT	5
Misure di microtremore sismico	HVSR	50

Tabella n. 4.2 – Descrizione indagini eseguite nell'annualità 2021

Le prove penetrometriche CPTU e SCPTU sono state eseguite mediante strumentazione penetrometrica da 200 kN di spinta.

PROVA	ID_SPU	Lat. (WGS84)	LONG. (WGS84)	PROF. (m)
SCPTU1	036021P414SCPT414	4973619	188821	30
SCPTU7	036021P420SCPT420	4973040	189948	30
SCPTU8	036021P421SCPT421	4973187	188739	30
SCPTU9	036021P422SCPT422	4972153	188696	30
SCPTU10	036021P423SCPT423	4974457	189639	30
CPTU2	036021P415CPTU415	4972692	189563	20
CPTU3	036021P416CPTU416	4973164	189420	20
CPTU4	036021P417CPTU417	4974123	189574	20
CPTU5	036021P418CPTU418	4973812	189240	20
CPTU6	036021P419CPTU419	4973876	189471	20

Per l'esecuzione delle indagini HVSR è stata impiegata una strumentazione velocimetrica triassiale in grado di raggiungere una soglia minima di frequenza individuabile pari a 0.2/0.3 Hz. Le acquisizioni sono state eseguite registrando in più punti il rumore sismico disperso per una lunghezza di 1800 secondi.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 13 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

PROVA	ID_SPU	Lat. (WGS84)	LONG. (WGS84)
HEG1	036021P360HVS360	4972757	188171
HEG2	036021P362HVS362	4970971	187100
HEG3	036021P363HVS363	4974803	188676
HEG4	036021P361HVS361	4973907	189566
HEG5	036021P364HVS364	4973439	188611
HEG6	036021P365HVS365	4971575	187774
HG1	036021P404HVS404	4969376	189735
HG10	036021P397HVS397	4971182	188080
HG11	036021P398HVS398	4970938	188673
HG12	036021P393HVS393	4970708	189227
HG13	036021P399HVS399	4970921	189799
HG14	036021P402HVS402	4970830	190491
HG15	036021P413HVS413	4970709	191081
HG16	036021P385HVS385	4972284	187375
HG18	036021P391HVS391	4971768	188878
HG19	036021P392HVS392	4971538	189620
HG2	036021P403HVS403	4969446	190483
HG20	036021P405HVS405	4971605	189926
HG21	036021P406HVS406	4971682	190564
HG22	036021P412HVS412	4971560	191272
HG23	036021P411HVS411	4971468	191826
HG24	036021P386HVS386	4972631	187769
HG26	036021P390HVS390	4972645	188716
HG27	036021P389HVS389	4972306	189003
HG28	036021P381HVS381	4972311	189792
HG29	036021P408HVS408	4972351	190629
HG3	036021P367HVS367	4970493	188401
HG30	036021P407HVS407	4972273	191265

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 14 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

PROVA	ID_SPU	Lat. (WGS84)	LONG. (WGS84)
HG31	036021P409HVS409	4972356	191899
HG32	036021P410HVS410	4972237	192372
HG33	036021P394HVS394	4973314	187314
HG34	036021P387HVS387	4973325	188168
HG36	036021P388HVS388	4973113	189425
HG37	036021P369HVS369	4973054	189974
HG38	036021P380HVS380	4972739	190563
HG39	036021P379HVS379	4973156	191268
HG4	036021P366HVS366	4970216	188849
HG40	036021P382HVS382	4973077	191830
HG41	036021P383HVS383	4972972	192341
HG42	036021P395HVS395	4973894	188141
HG43	036021P396HVS396	4973995	188833
HG45	036021P374HVS374	4973923	190124
HG46	036021P378HVS378	4973619	190545
HG47	036021P376HVS376	4973862	191347
HG48	036021P377HVS377	4973711	192185
HG5	036021P368HVS368	4970422	189744
HG51	036021P373HVS373	4974646	189246
HG52	036021P372HVS372	4974844	190065
HG53	036021P375HVS375	4974469	190773
HG54	036021P371HVS371	4975344	189932
HG55	036021P370HVS370	4976087	190932
HG6	036021P400HVS400	4970000	190395
HG7	036021P401HVS401	4970050	191159
HG8	036021P384HVS384	4970919	186758

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 15 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

5. Modello del sottosuolo

Come precedentemente illustrato, il territorio comunale di Medolla ricade all'interno della successione stratigrafica pliocenica-quadernari del bacino padano. La ricostruzione generale della successione è definita nello schema stratigrafico fornito dalla Regione Emilia-Romagna (RER, ENI-AGIP, 1998).

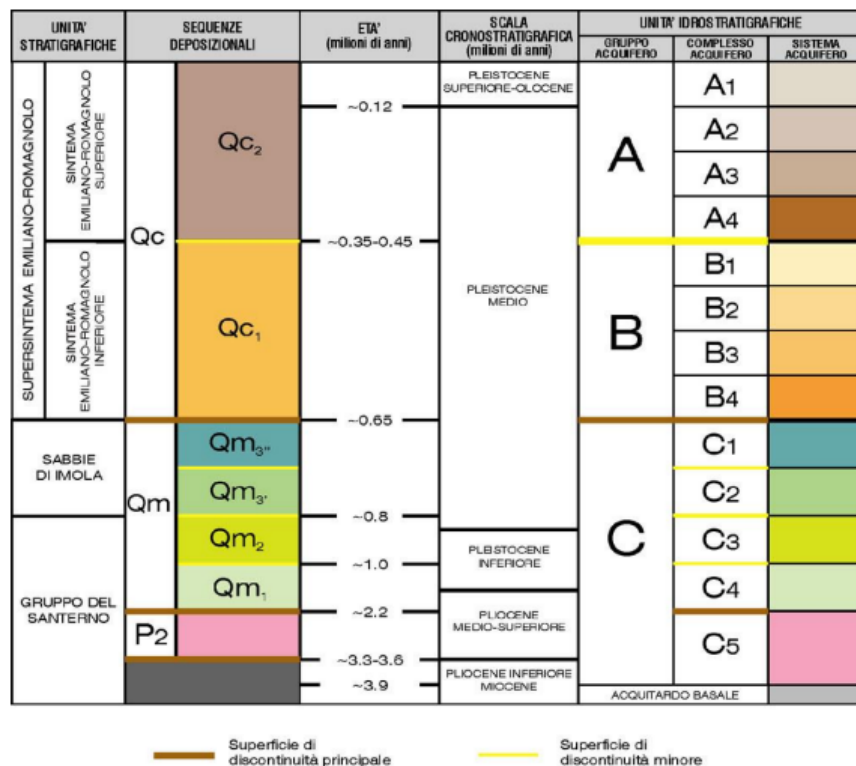


Figura n. 5.1 – Schema stratigrafico dei depositi pliocenico-quadernari del bacino padano (da Regione Emilia-Romagna e ENI-AGIP, 1998)

5.1. Substrato e frequenza fondamentale dei terreni

Ai fini della ricostruzione del modello geologico e geofisico a supporto dello studio MS si è optato per la definizione della profondità del substrato geofisico, inteso come luogo in corrispondenza del quale è posto il primo contrasto di impedenza significativo in termini di velocità delle onde di taglio rispetto alla superficie topografica. In tale luogo, si suppone, che si generino i primi fenomeni significativi di amplificazione del moto sismico.

Come precedentemente illustrato, da fonti bibliografiche, il substrato nell'area di Medolla è rappresentato dal tetto dei depositi pliocenici, alla base dei depositi rappresentanti il quaternario marino (QM). Facendo riferimento agli esiti del profilo sismico CH eseguito dalla Regione Emilia-Romagna in corrispondenza dell'abitato di Medolla (Relazione Ordinanza 70/2012), è stato individuato il tetto del substrato marino pliocenico. Durante l'indagine CH sono state misurate le velocità di onde di taglio delle varie successioni stratigrafiche intercettate: in corrispondenza del substrato marino pliocenico sono state osservate velocità di onde di taglio all'interno del valore di 700 m/s.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 16 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Medolla nord Profilo Vs

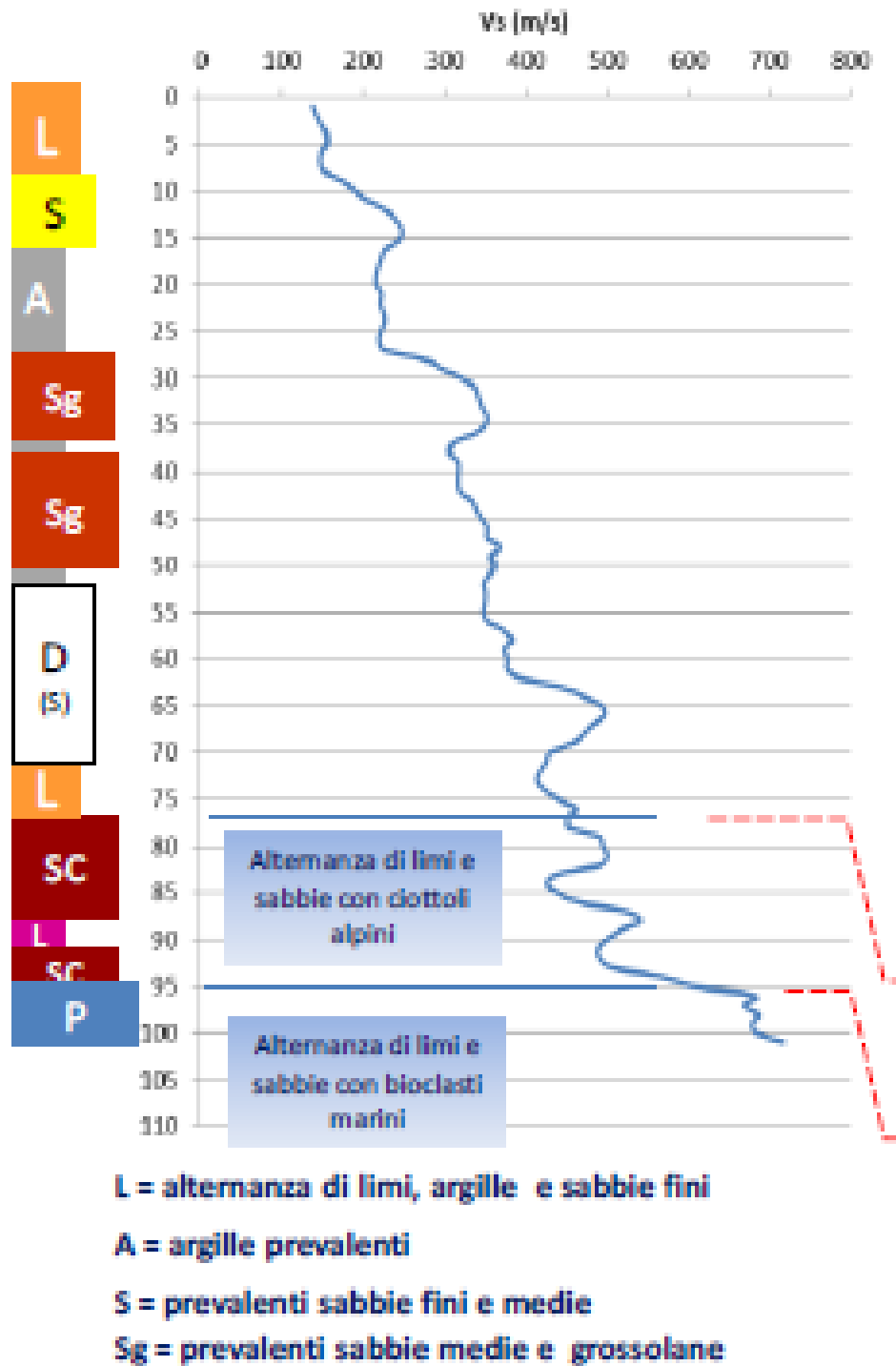
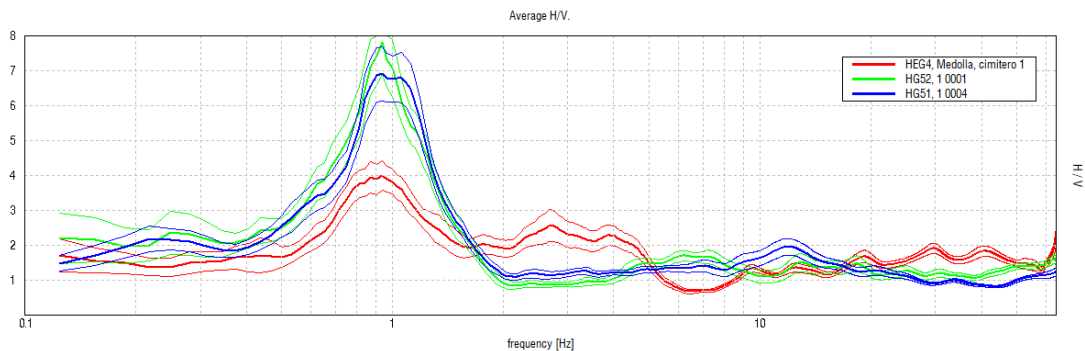


Figura n. 5.2 – Risultati delle misure di Vs in foro, prove CH, nei sondaggi di Medolla

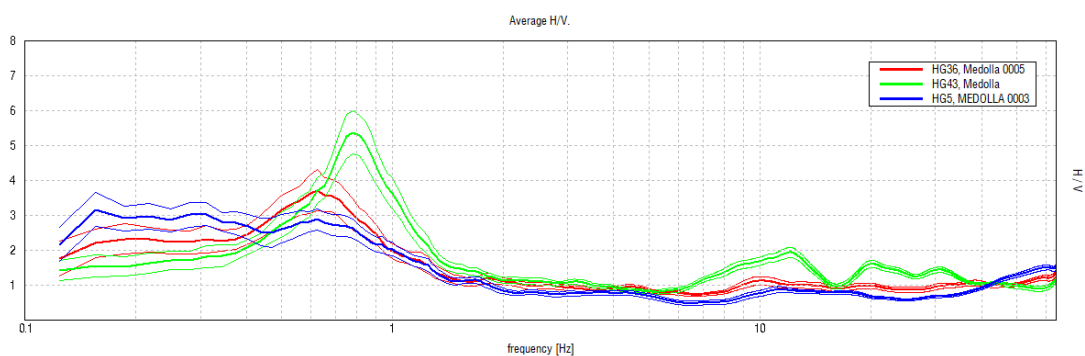
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 17 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Sulla scorta degli esiti derivanti dalla prova CH eseguita in prossimità dell'abitato di Medolla, si è proceduto alla modellazione in onde S partendo dalle curve H/V ottenute a seguito della campagna indagini eseguita nell'annualità 2021. La modellazione è stata condotta analizzando le curve H/V, raggruppandole in categorie in funzione della frequenza del picco osservato: a tale scopo è stata svolta un'interpolazione in termini di valori di f_0 ottenuti dalle indagini HVSR eseguite, integrata con le misure HVSR eseguite da Tarabusi e Caputo (Tarabusi, Gabriele, and Riccardo Caputo. "MAPPATURA DELL'ANTICLINALE DI MIRANDOLA, ITALIA, MEDIANTE MISURE HVSR." 34° Convegno Nazionale NGTGS. Vol. 34. No. 1. INOGS, 2015.). Nella figura n. 5.4 è illustrata l'interpolazione delle varie misure HVSR eseguite. La dispersione dei dati ottenuta è stata riclassificata ottenendo principalmente tre macroaree (fig. 5.5) per intervallo di valore f_0 . In corrispondenza del settore a Nord dell'abitato di Medolla è collocata l'area a frequenza variabile da 0.90 Hz a 1.20 Hz: in corrispondenza di questa si suppone essere collocato l'alto strutturale come individuato dall'indagine CH. Muovendo verso Sud, è per un piccolo tratto a Nord, è stata individuata la seconda macroarea per la quale si identifica un valore di f_0 variabile da 0.70 Hz a 0.90 Hz, indicativa dell'approfondimento del substrato pliocenico rispetto al punto dell'alto strutturale. Spostandosi verso il baricentro del territorio comunale, fino a raggiungere il limite meridionale, si individua l'ultima macroarea caratterizzata da valori di f_0 compresi tra 0.40 Hz e 0.70 Hz. Si illustrano successivamente alcune curve HVSR relative alle tre macroaree individuate:

MACROAREA 1 – Nord Abitato Medolla



MACROAREA 2 – Abitato Medolla e zone limitrofe



MACROAREA 3 – Centro e sud territorio comunale Medolla

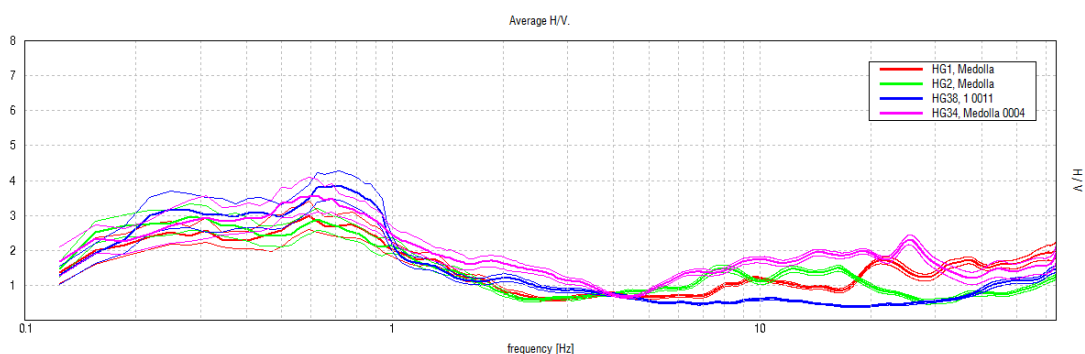


Figura n. 5.3 – Curve HVSR tipiche delle macroaree identificate in termini di f_0

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 18 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

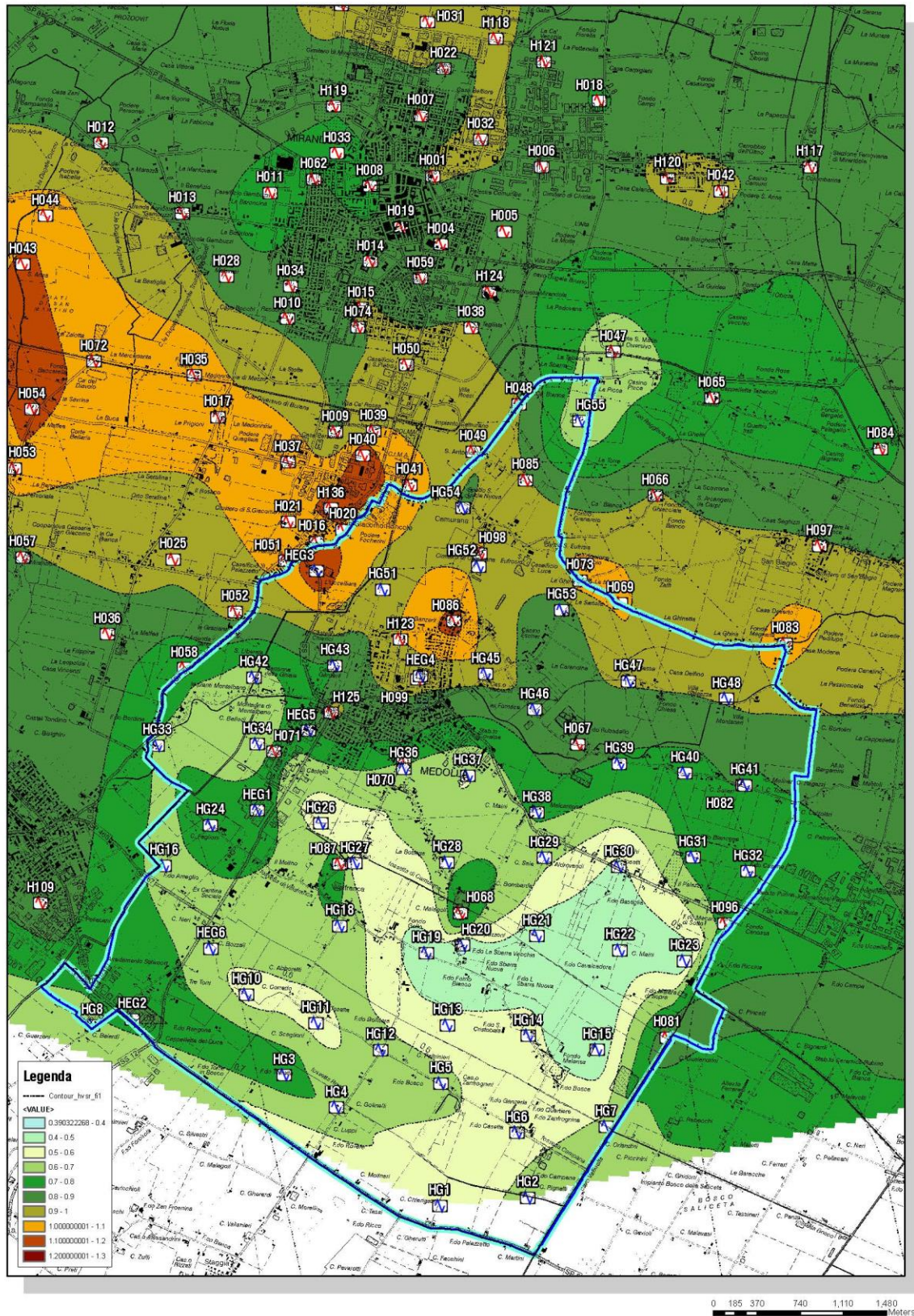


Figura n. 5.4 – Interpolazione dei valori di F_0 ottenuti dalle indagini HVSR eseguite e integrate con i risultati relativi ad indagini HVSR eseguite da Tarabusi e Caputo (Tarabusi, Gabriele, and Riccardo Caputo. "MAPPATURA DELL'ANTICLINALE DI MIRANDOLA, ITALIA, MEDIANTE MISURE HVSR." 34° Convegno Nazionale GNGTS. Vol. 34. No. 1. INOGS, 2015.)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 19 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

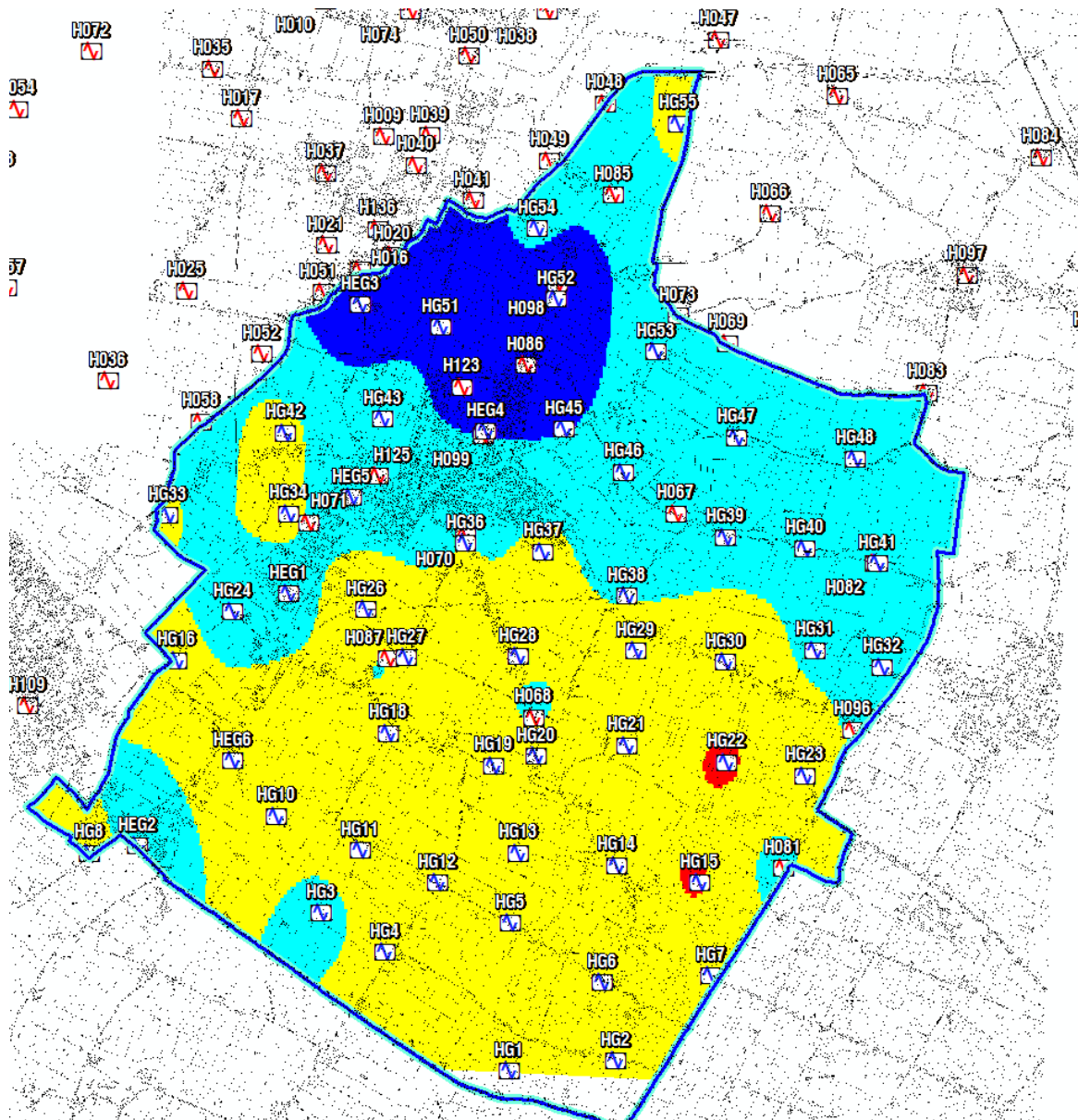


Figura n. 5.5 – Riclassificazione dell'interpolazione dei valori di F_0 . BLU ($0.90 \text{ Hz} < F_0 < 1.20$), AZZURRO ($0.70 < F_0 < 0.90$), GIALLO ($0.40 < F_0 < 0.70$)

Nella transizione tra la macroarea n.1 alla n. 3, oltre alla riduzione del valore di f_0 , si apprezza un decremento del valore di amplificazione del picco HV.

Analizzando la curva HVSR relativa alla macroarea 1 è stata eseguita la modellazione in onde S inserendo il modello di velocità ottenuto dall'indagine CH eseguita dalla RER: le velocità sono state mediate all'interno degli opportuni range stratigrafici, derivando una curva HVSR sintetica che approssima ottimamente quella misurata. Così facendo è stato individuato chiaramente il contrasto di impedenza (passaggio da $V_s = 350 \text{ m/s}$ a $V_s = 700 \text{ m/s}$) a poco meno di 110 metri di profondità dal piano campagna. Sulla base di tale modello, sono state eseguite le modellazioni in onde S delle restanti curve HVSR per le restanti macroaree. Tale analisi ha individuato una variazione della profondità del contrasto di impedenza a profondità superiori, fino a raggiungere la profondità di circa 145 metri di profondità in corrispondenza della macroarea n.3

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 20 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

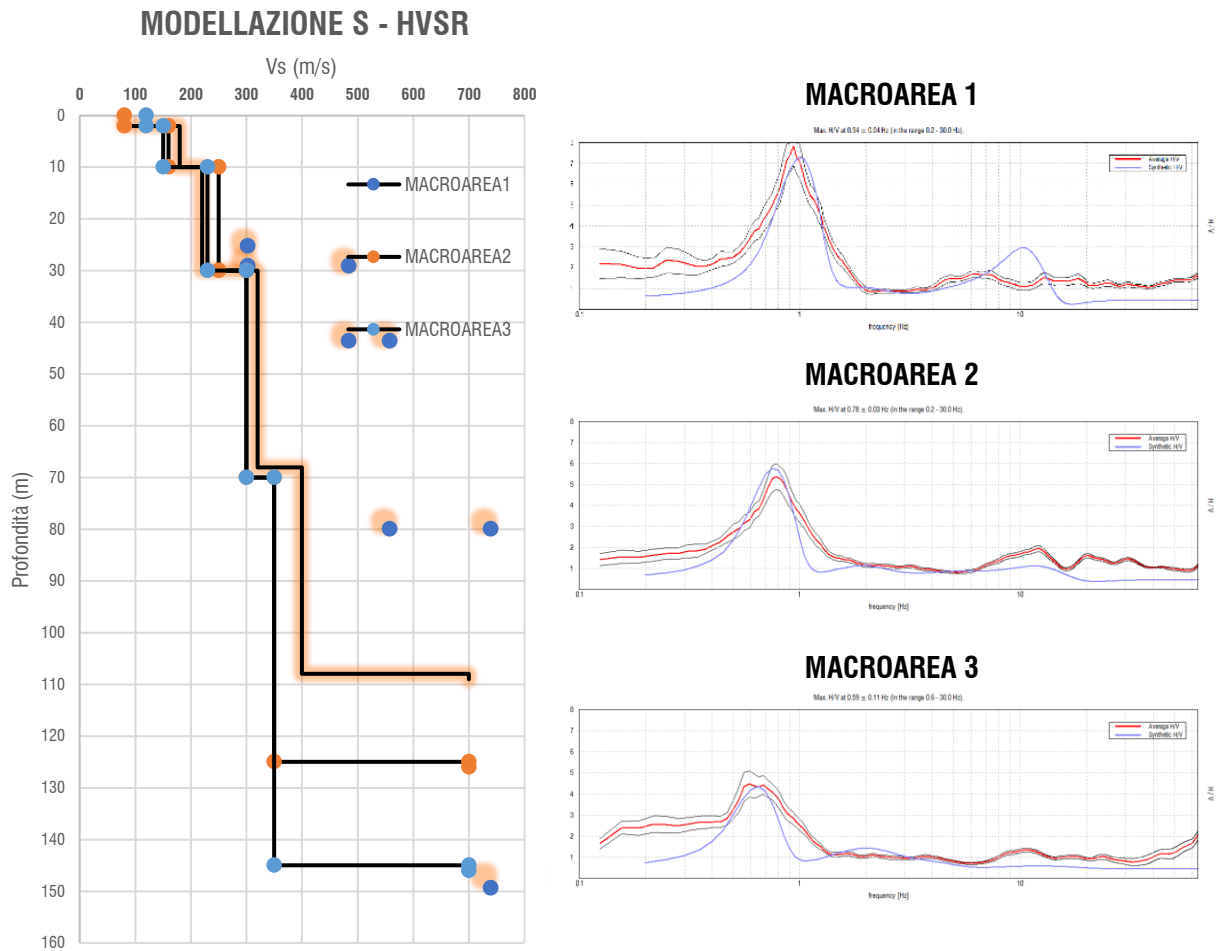


Figura n. 5.6 – Modellazione in onde S delle curve HVSR di riferimento per le macroaree individuate

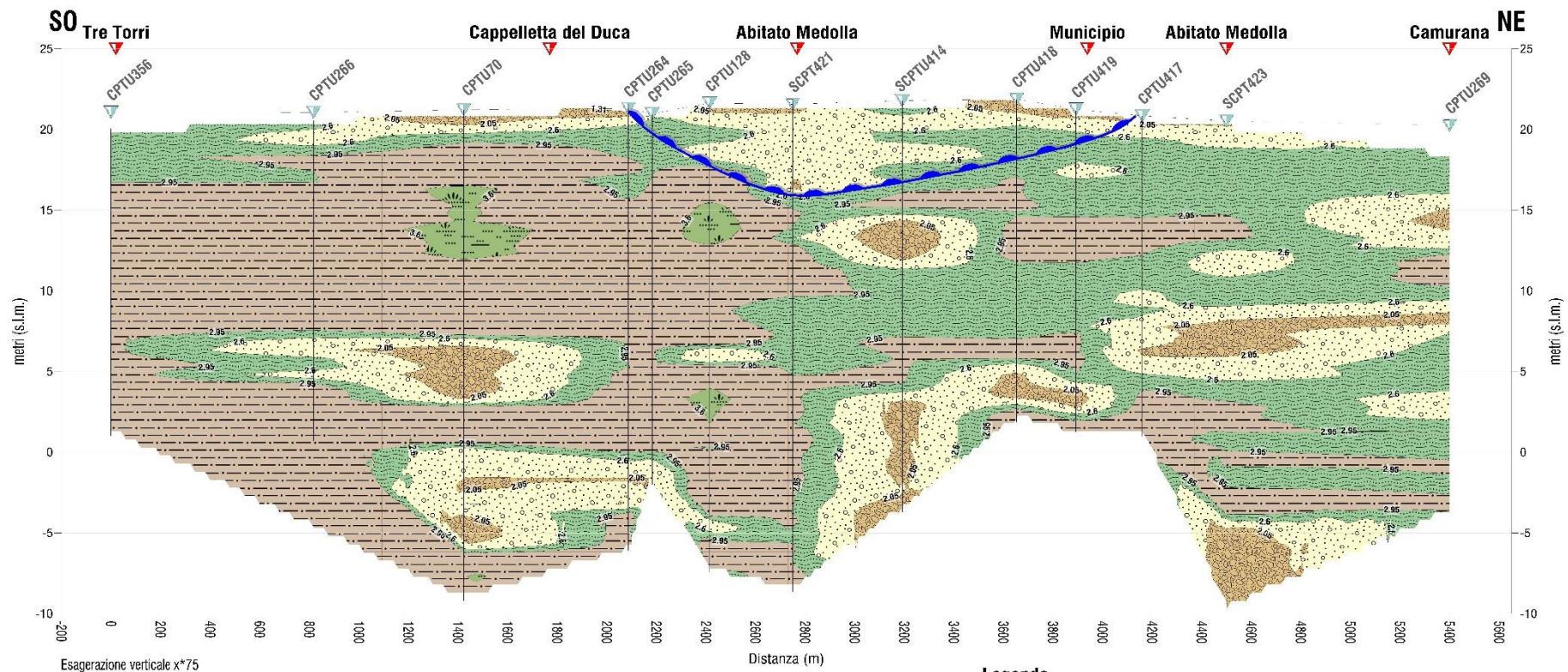
5.2. Terreni di copertura (0.00 – 30.00 metri)

I terreni compresi tra la quota del piano campagna e i primi 30 metri sono stati classificati attraverso l'interpretazione e l'analisi delle indagini disponibili e precedentemente illustrate. A illustrazione dell'assetto dei terreni di copertura sono state realizzate due sezioni disposte secondo i principali assi di sviluppo dell'assetto urbano del Comune di Medolla (OS-NE e O-E). Le sezioni sono state realizzate interpolando i dati derivanti dalle indagini CPTU e SCPTU eseguite, in particolare in riferimento all'indice stratigrafico I_c e i valori di resistenza di punta Q_c .

Si illustrano successivamente le sezioni stratigrafiche realizzate.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 21 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Sezione 1 - Litologia (Ic)



Legenda

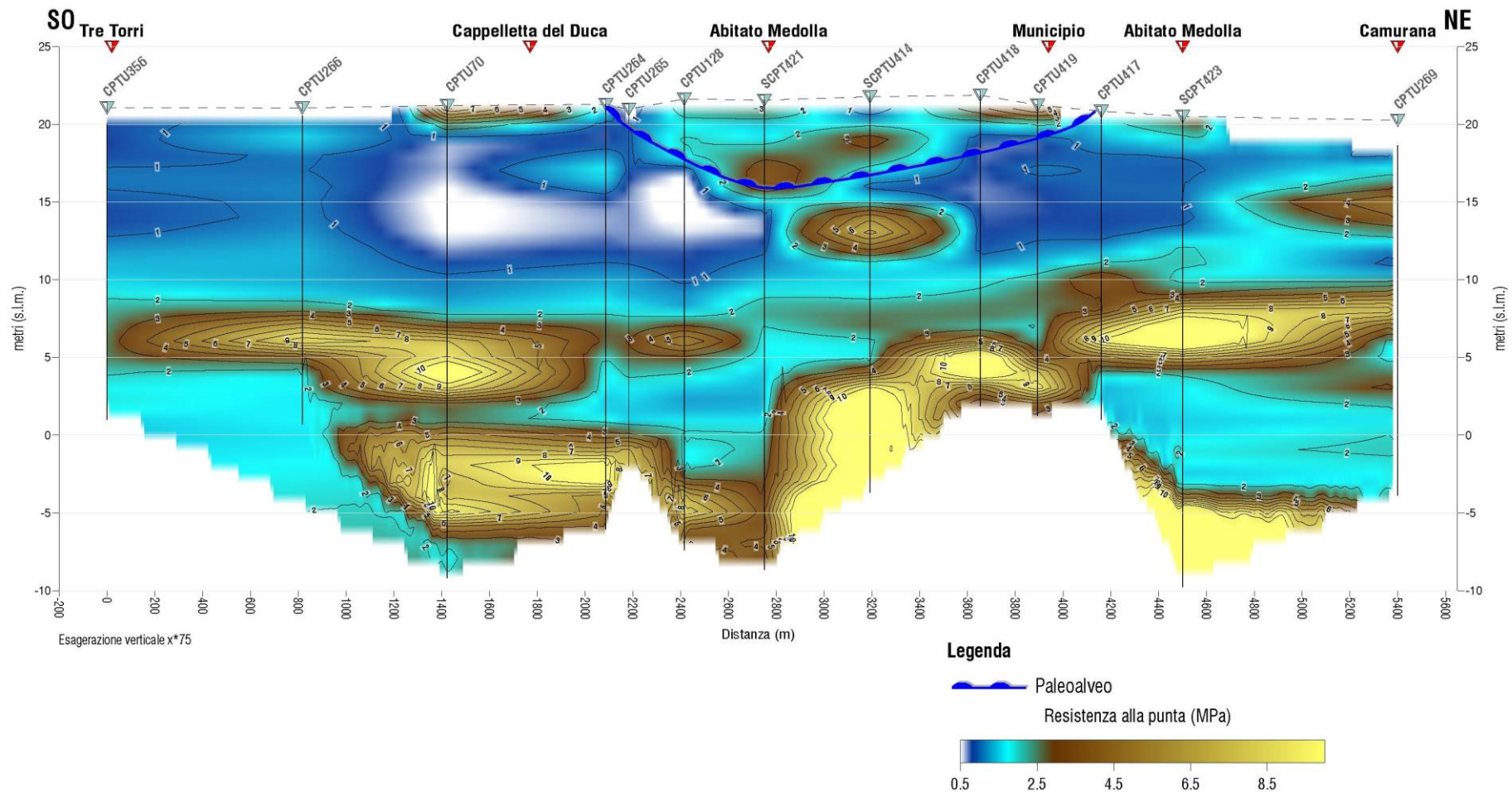
 Paleoalveo

Classi litologiche Ic



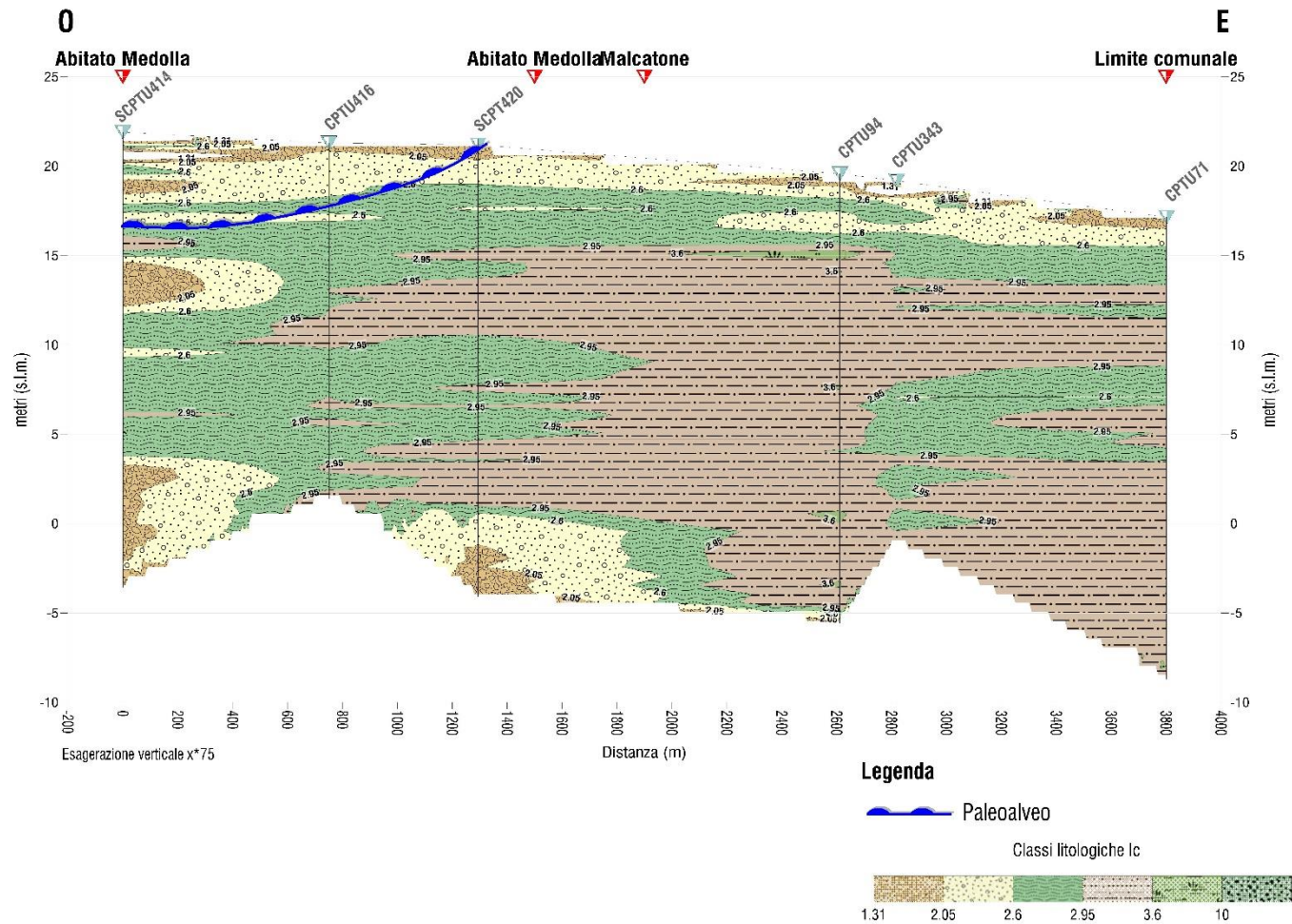
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 22 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Sezione 1 - Resistenza alla punta (Qc)



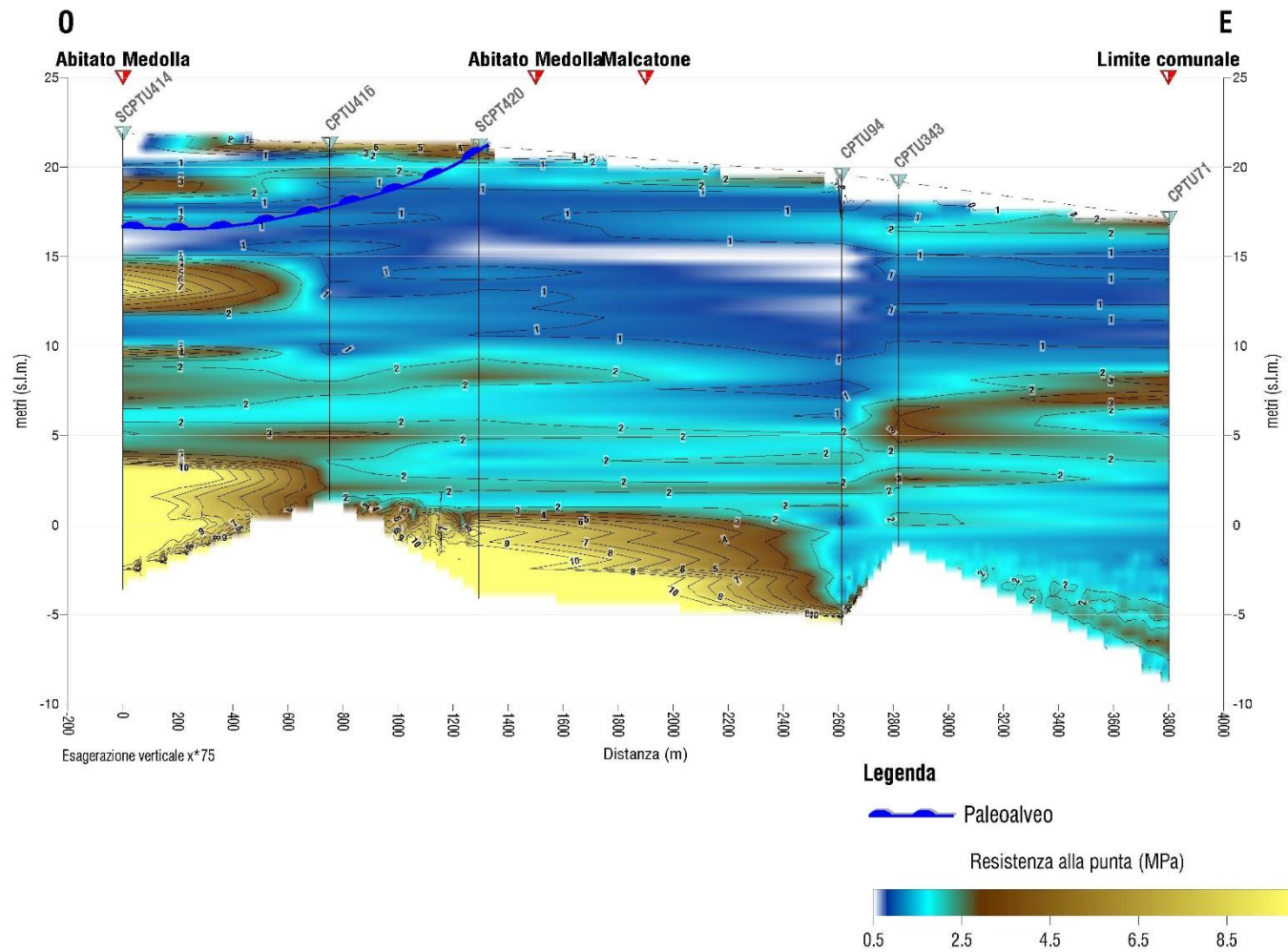
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 23 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Sezione 2 - Litologia (Ic)



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 24 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Sezione 2 - Resistenza alla punta (Qc)



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 25 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

La sezione geologica 1, orientata da Sud-Ovest a Nord-Est, mostra l'andamento delle unità superficiali. In corrispondenza dell'abitato di Medolla (tra le verticali CPTU264 e CPTU417) è possibile apprezzare un sostanziale incremento dello spessore delle unità sabbiose che si estendono dalla superficie (piano campagna circa 21 m s.l.m.) fino alla quota assoluta di circa 15 m s.l.m.: tali unità sembrano estendersi più verso Nord, rispetto ad un ipotetico asse del paleodosso posto in corrispondenza dell'abitato di Medolla, mentre in direzione Sud sembrano terminare bruscamente. La sezione mostra una sostanziale differenza entro l'intero volume di sottosuolo analizzato tra la porzione che risiede a Nord dell'ipotetica posizione dell'asse del paleodosso, da quella che giace a Sud: si nota infatti come Nord le litologie prevalenti siano costituite da terreni limosi con abbondanti lenti di sabbia poste a quote variabili, mentre a Sud le litologie prevalenti sono rappresentate da terreni argillosi con sporadiche e profonde lenti sabbiose. Di riflesso, la resistenza alla punta delle unità comprese tra il piano campagna e la quota di 10 m s.l.m. nella zona Nord risulta superiore rispetto a quella derivabile per la zona a Sud. Dalla quota di 10 m s.l.m. fino alle profondità riportate in sezione (-10 m s.l.m.) la resistenza alla punta appare discretamente omogenea ed elevata.

La sezione geologica 2, orientata da Ovest (partendo dall'abitato di Medolla) in direzione E fino a raggiungere il limite comunale, mostra l'andamento delle unità trasversalmente a quanto rappresentato in sezione 1. Come raffigurato, si apprezza una sostanziale abbondanza di unità sabbiose in corrispondenza dell'abitato di Medolla, sia in superficie che in profondità: man mano che ci si allontana dall'abitato di Medolla le unità sabbiose si riducono sostanzialmente in spessore lasciando spazio a litologie limose ma soprattutto argillose. Di conseguenza la resistenza alla punta mostra un sostanziale decremento partendo da valori elevati in corrispondenza dell'abitato di Medolla, riducendosi in direzione E fino al limite comunale.

In funzione delle informazioni cartografiche bibliografiche precedentemente descritte, congiuntamente all'analisi delle sezioni geologiche realizzate, è stata realizzata la cartografia geologica di riferimento allo studio MS riportata in allegato.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 26 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

5.3. Modello velocità onde S_n

Ai paragrafi precedenti è illustrata la modalità di identificazione del modello di velocità di onde S profondo impiegando le curve HVSR acquisite nel corso della campagna indagini 2021 predisposta ad hoc per il presente studio MS, vincolando le curve H/V con i risultati delle prove CH eseguite nel territorio di Medolla dalla RER per le analisi eseguite in seguito all'ordinanza 70/2012. Partendo dai dati relativi ai modelli profondi, è stata successivamente analizzata la dispersione dei dati MASW e SCPT relativi al dataset di indagini bibliografiche di repertorio.

L'analisi della dispersione delle velocità di onde S da dati MASW e SCPT è stata eseguita considerando unicamente il valore di velocità medio nei primi 30 metri di profondità (V_{s30}) considerando che in nessun luogo del territorio comunale di Medolla è individuabile un contrasto di impedenza entro tale profondità. Così facendo è risultato possibile derivare l'andamento del parametro suddetto per quasi l'intero territorio comunale, derivando una classificazione delle aree per classi di velocità (V_{s30}). In figura n. 5.7 è visibile la dispersione dei dati di velocità ottenuta. I valori di V_{s30} medi si attestano ad una media di velocità compresi tra 200/210 m/s, raggiungendo valori minimi per l'area meridionale del territorio comunale e valori massimi in corrispondenza dell'abitato di Medolla. Quest'ultima osservazione risulta pienamente in linea con l'abbondante presenza di unità sabbiose in tale area.

La totalità delle indagini MASW e SCPT mostra la presenza di suoli ascrivibili alla categoria di sottosuolo tipo C in riferimento alla normativa tecnica nazionale NTC 2018.

La classificazione del territorio in funzione del parametro di velocità V_{s30} è stata impiegata, come descritto successivamente, come elemento informativo e caratterizzante per la distinzione delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 27 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

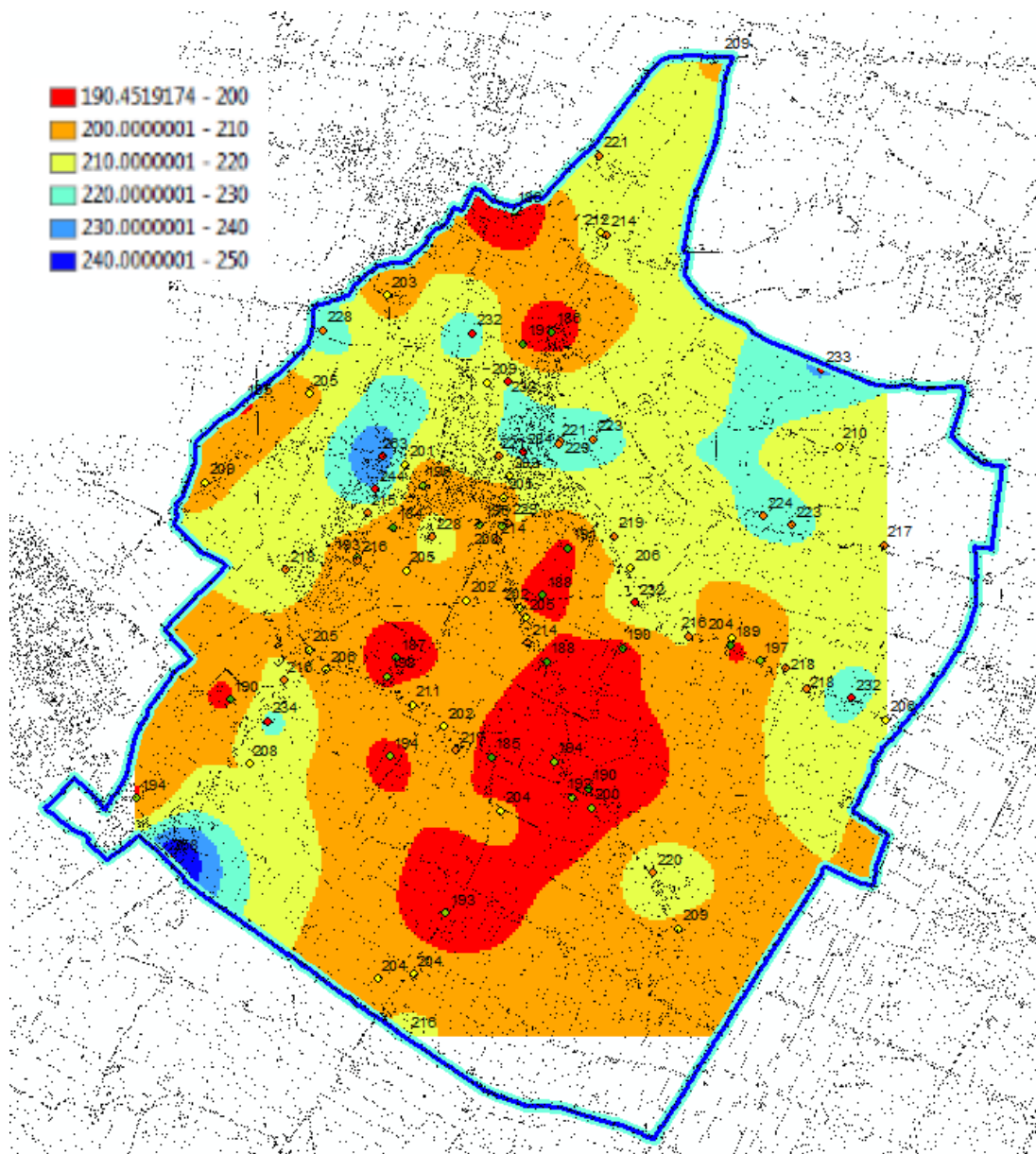


Figura n. 5.7 – Interpolazione dei valori di V_{s30} derivanti da dati MASW e SCPT
(Legenda classi velocità espresse in m/s)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 28 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

5.4. Stima preliminare del potenziale di liquefazione

A conclusione della fase conoscitiva dello studio MS è stata eseguita una valutazione preliminare della pericolosità territoriale nei confronti del rischio di liquefazione. Per poter discriminare le aree potenzialmente instabili, sono state eseguite analisi mirate all'identificazione del valore di indice potenziale di liquefazione. Per fare ciò sono state considerate integralmente le verticali di prova CPT e CPTU a disposizione dello studio MS. L'analisi, condotta in accordo con gli indirizzi regionali mediante il metodo Idriss & Boulanger 2014 (d'ora in poi I&B2014), ha permesso di identificare un primo scenario di pericolosità evidenziando le zone più esposte al fenomeno della liquefazione.

Seppur il metodo e gli indirizzi regionali consiglino l'impiego per tali stime solamente le indagini eseguite con punta elettrica e piezocono (CPTU), si è ritenuto ragionevole impiegare anche le verticali CPT per determinare, seppur in maniera meno dettagliata, eventuali concentrazioni di valori di indice potenziale di liquefazione (d'ora in poi LPI, *Liquefaction Potential Index*) per aree ristrette. Così facendo è stato possibile identificare con certezza le aree potenzialmente esposte a instabilità per liquefazione. In fig. n. 5.8 viene rappresentata la dispersione dei dati con identificazione delle classi di rischio suddivise per le classi di pericolosità (Somnez, 2003).

L'analisi mostra che per buona parte del territorio comunale (zona meridionale e centrale) il rischio di liquefazione risulta contenuto e comunque al disotto del valore soglia $LPI=2.00$. In corrispondenza dell'abitato di Medolla e per la località di Camurana e zone limitrofe l'indice LPI raggiunge valori pari a 5 e, talvolta, superiori a 5.

La seguente analisi preliminare della liquefazione con metodologia I&B2014 è stata eseguita assumendo valori fissi di input quali profondità della falda freatica a 1 metro di profondità, magnitudo 6.14 e accelerazione sismica pari a 0.23 g considerando un fattore di amplificazione unico derivante dalla categoria C (NTC 2018)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 29 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

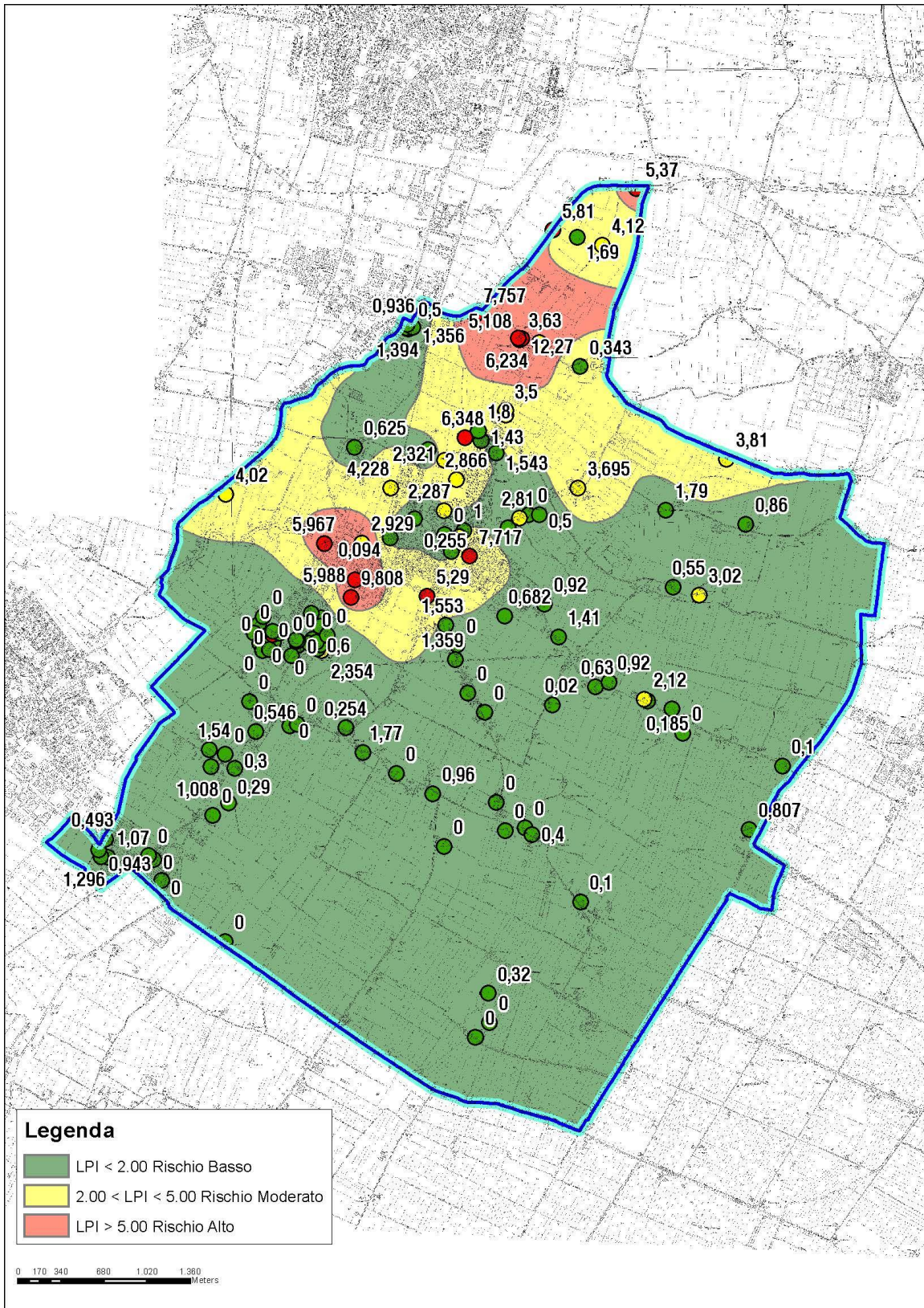


Figura n. 5.8 – Stima preliminare del potenziale di liquefazione (Analisi I&B2014 CPT/CPTU)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 30 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

6. Analisi e verifiche

Si illustrano successivamente le analisi e le verifiche predisposte per lo sviluppo dello studio MS di III livello di approfondimento. I successivi paragrafi risultano descrittivi delle scelte e dei ragionamenti attuati per l'individuazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica, con classificazione delle zone stabili e quelle per le quali se ne prevede potenziale instabilità, congiuntamente allo studio dei fenomeni di amplificazione sismica mediante analisi di risposta sismica locale (d'ora in poi RSL) predisposte per l'analisi del comportamento dei terreni soggetti ad input sismico.

6.1. Zone suscettibili di amplificazioni locali e zone soggette a liquefazione

Sulla scorta del quadro conoscitivo raggiunto in sede di analisi dei dati disponibili e precedentemente illustrato nel dettaglio, lo studio MS ha previsto la costituzione della cartografia di riferimento del I livello di approfondimento definita come "Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" (d'ora in poi MOPS).

La suddetta cartografia è stata derivata dalla semplice intersezione (figura n. 6.1) delle tre principali cartografie realizzate, derivanti dall'interpolazione dei parametri di frequenza (f_0), velocità media delle onde di taglio S (V_{s30}) e parametro LPI classificato secondo le categorie di rischio proposte nella classificazione di Somnez (2003). Tale approccio permette di identificare e classificare le aree secondo i seguenti criteri:

- Parametro frequenza fondamentale f_0 – La distribuzione di tale parametro indica la variabilità dello spessore dei depositi soggetti amplificazione e, quindi, ne discrimina la diversa risposta in prospettiva sismica;
- Parametro velocità media onde di taglio S – La distribuzione di tale parametro indica a sua volta la diversa risposta sismica dei terreni in prospettiva sismica;
- L'indice potenziale di liquefazione (calcolato in via preliminare) – Definisce l'attitudine del terreno a subire fenomeni di instabilità per effetto della liquefazione e ne sancisce la stabilità o l'instabilità. Tale indice, per via indiretta, è funzione delle caratteristiche litologiche del volume di terreno, discriminandone il contenuto in fine.

Il prodotto delle interpolazioni dei vari parametri ha permesso l'identificazione della cartografia MOPS

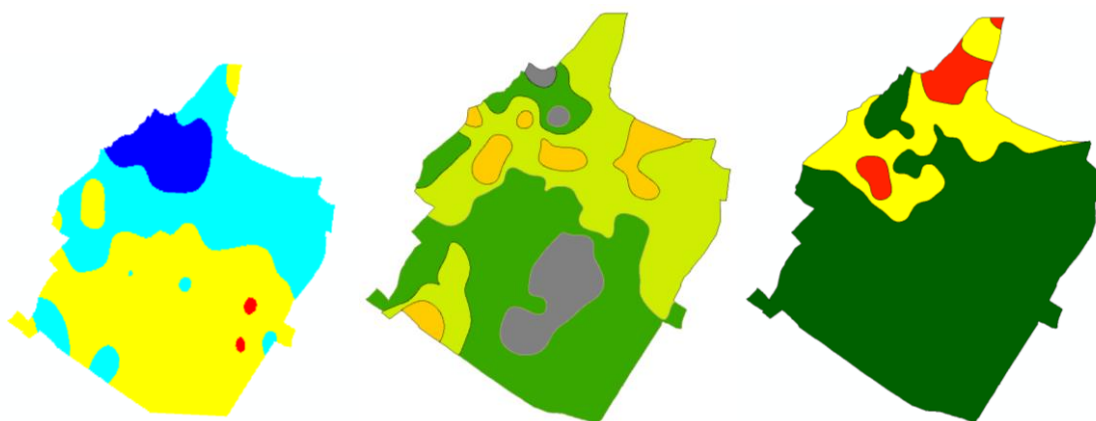


Figura n. 6.1 – Composizione dei prodotti di interpolazione dei parametri f_0 , V_{s30} e LPI;

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica Revisione Doc / Doc. Revision 00	Pag. 31 a 98

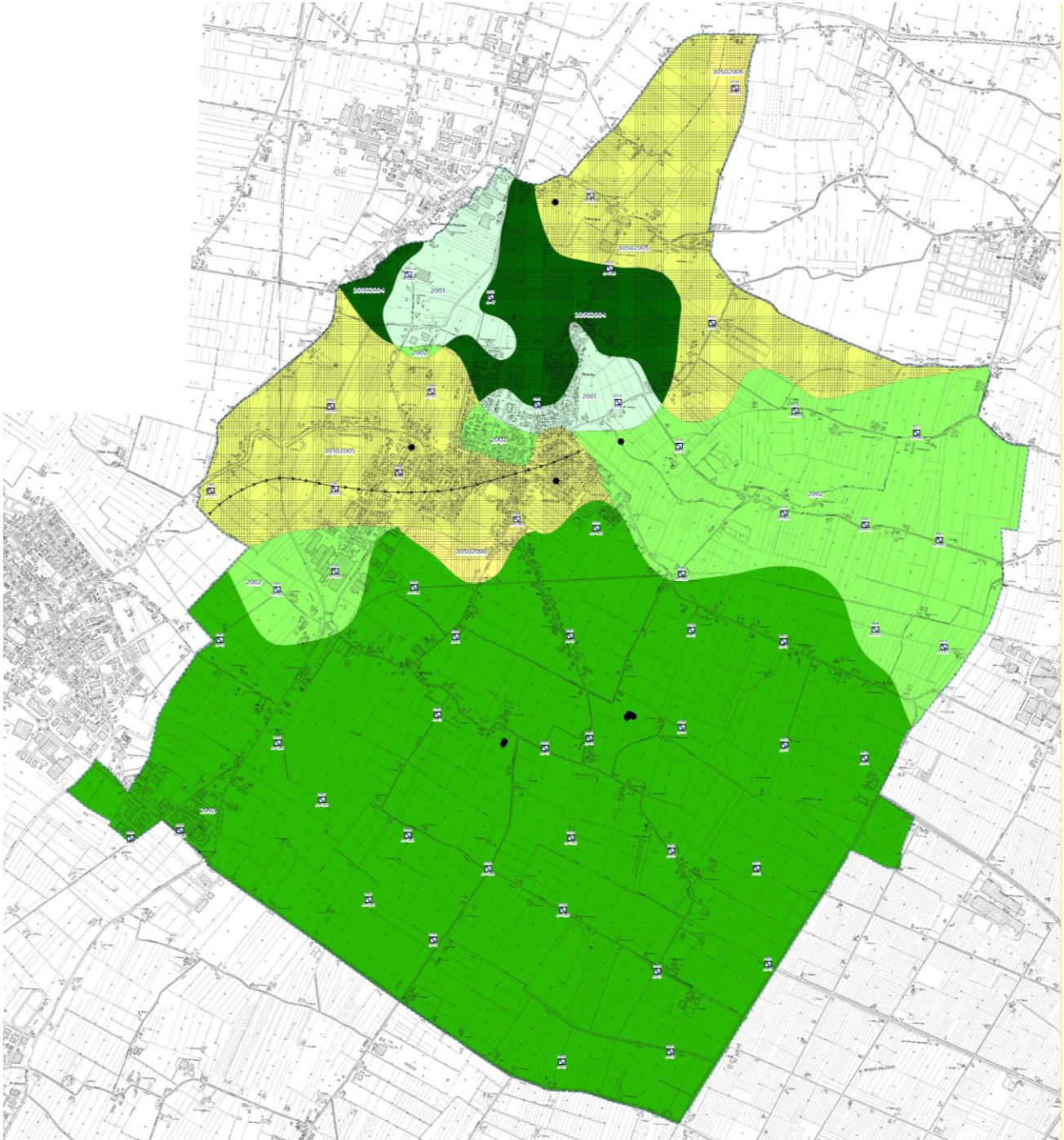


Figura n. 6.2 – Cartografia MOPS derivata per intersezione dei vari parametri;

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 32 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Le microzone identificate risultano essere le seguenti:

CODICE	TIPO	Descrizione
30502004	INSTABILE	Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 10 metri. Segue un livello sabbioso, ad addensamento e granulometria crescente con la profondità fino a 15 metri. Fino alla profondità di 25 metri sono presenti nuovamente terreni coesivi seguiti da terreni limosi e sabbiosi addensati. Frequenza HVSR pari o superiore a 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità di circa 100 metri (+/- 10 metri)
30502005	INSTABILE	Sabbie e limi intercalati ad addensamento sciolto/medio fino alla profondità di 7/8 metri. Seguono terreni argillosi da medi a consistenti fino alla profondità di circa 23/24 metri seguiti da gruppo di terreni sabbiosi addensati. Frequenza HVSR compresa tra 0.90 Hz e 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità pari a circa 120 metri (+/- 10 metri)
20502006	INSTABILE	Sabbie e limi intercalati ad addensamento sciolto/medio fino alla profondità di 10 metri. Seguono terreni argillosi da medi a consistenti fino alla profondità di circa 23/24 metri seguiti da gruppo di terreni sabbiosi addensati. Frequenza HVSR compresa tra 0.70 Hz e 0.90 Hz. Bedrock sismico a profondità superiori i 140 metri
2001	STABILE	Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri con rari intervalli di lenti costituite da limi sabbiosi. Frequenza HVSR pari o superiore a 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità di circa 100 metri (+/- 10 metri)
2002	STABILE	Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri. Nell'intervallo di profondità tra 20 e 30metri si riscontra raramente la presenza di corpi sabbiosi lenticolari. Frequenza HVSR compresa tra 0.90 Hz e 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità pari a circa 120 metri (+/- 10 metri)
2003	STABILE	Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri interrotte da corpi lenticolari di limi sabbiosi e limi argillosi. Frequenza HVSR compresa tra 0.70 Hz e 0.90 Hz. Bedrock sismico a profondità superiori i 140 metri

6.2. Risposta sismica locale

Le analisi di risposta sismica locale sono state condotte mediante modelli monodimensionali. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin) e mediante un modello lineare equivalente.

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di rigidità e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H, del modulo di taglio massimo Gmax o dalla corrispondente velocità massima Vmax, dal valore dello smorzamento D, dal peso dell'unità di volume γ e dalle curve di decadimento del modulo di rigidità a taglio normalizzato ($G / G_0 - \gamma$) e le

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 33 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

corrispondenti curve dello smorzamento ($D - \gamma$) con la deformazione di taglio γ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidità (G) e dallo smorzamento (D). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato (u) è funzione della profondità (z) e del tempo (t):

$$u(z,t) = A \exp[i(\omega t + k^*z)] + B \exp[i(\omega t - k^*z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore k^* risulta dipendente dal modulo di taglio (G), dal grado di smorzamento (D) e dalla densità del terreno (ρ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} \qquad G^* = G(1 - 2D^2 + i2D\sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

Dove G^* e v_s^* rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

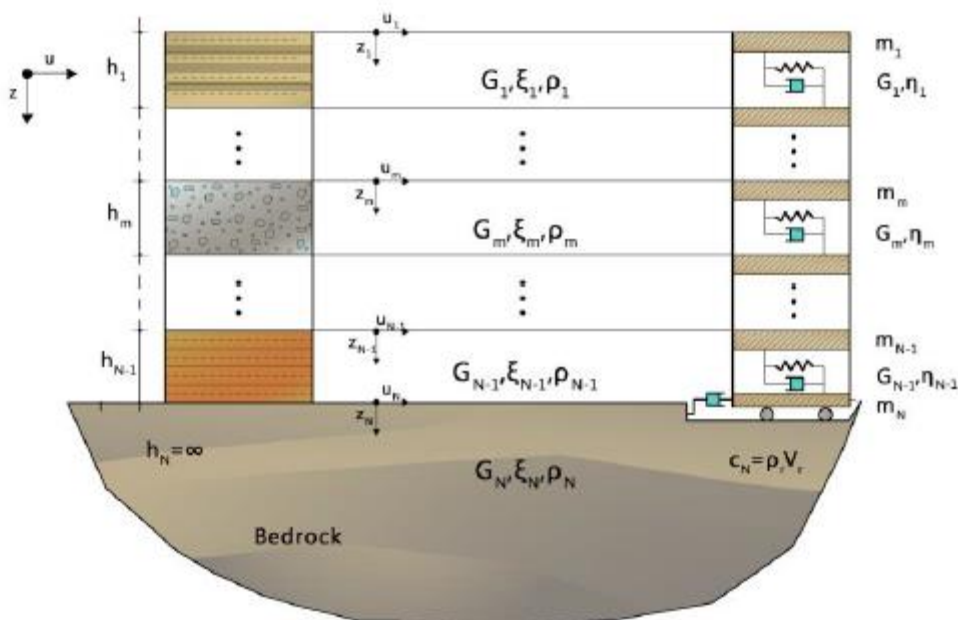


Fig. 6.3 - Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA

Per ciascuna microzona è stato identificato il modello di velocità interpretando le curve HVSR di pertinenza per la parte profonda (oltre i 30 metri di profondità) e utilizzando i dati MASW e SCPT per i primi 30 metri. Si illustrano successivamente i modelli per ciascuna microzona. Per quanto riguarda le curve di decadimento del modulo di taglio dinamico e del fattore di smorzamento sono state considerate le seguenti curve:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 34 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

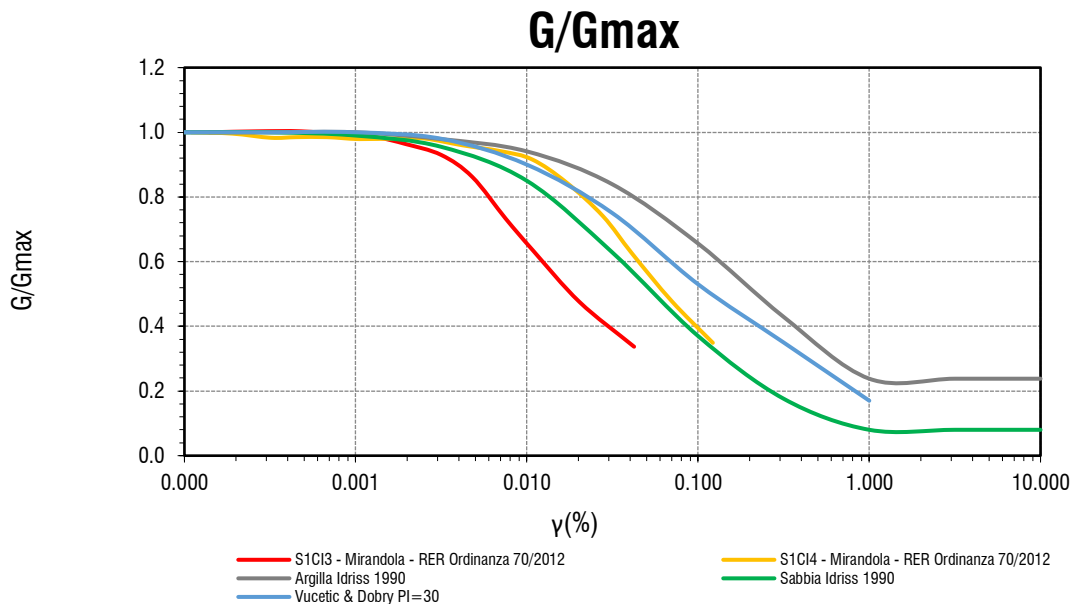


Fig. 6.4 – Curve di decadimento del modulo di taglio G/Gmax

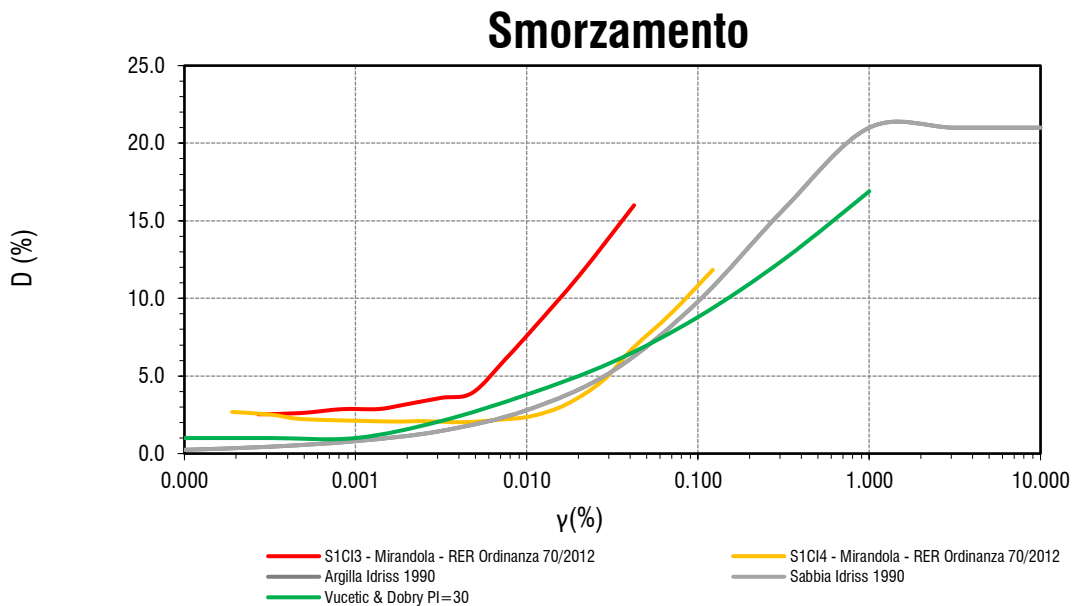


Fig. 6.5 – Curve di decadimento dello smorzamento

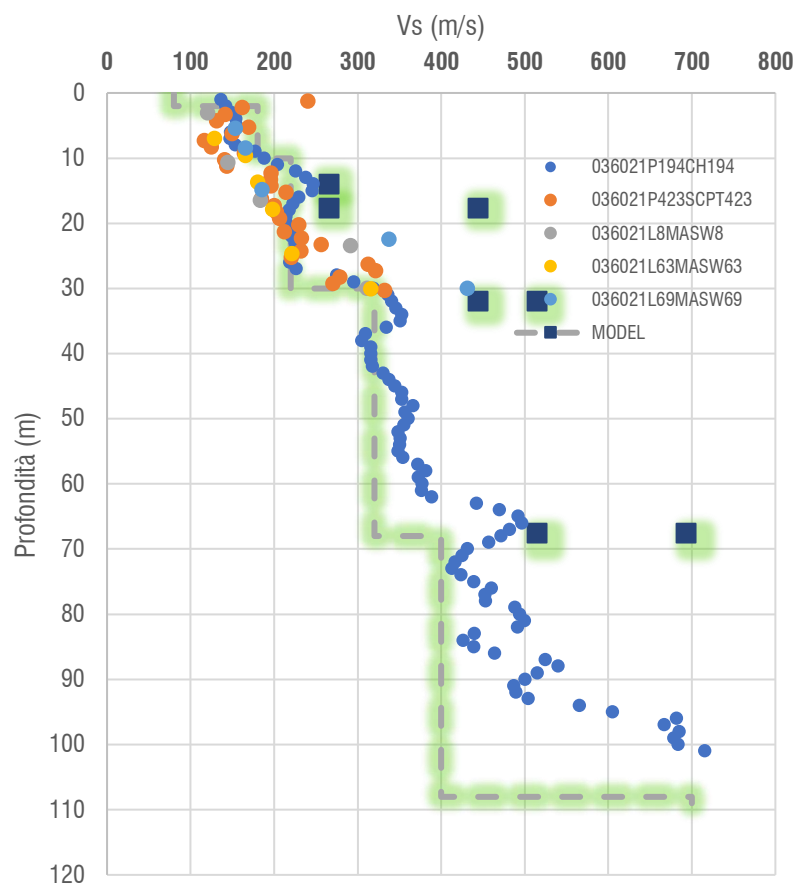
Si illustrano successivamente i vari modelli adottati per ciascuna microzona individuata:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 35 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Modello di Input

MICROZONA 30522004

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	80	Limo argilloso	036021P423SCPT423	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	80	Limo argilloso	036021P423SCPT423	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	180	Limo argilloso	036021P423SCPT423	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	180	Limo argilloso	036021P423SCPT423	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	220	Sabbia	036021P423SCPT423	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	220	Sabbia	036021P423SCPT423	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
68	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
68	400	Limi argillosi	CH_RER	S1Cl4_RER	S1Cl4_RER
108	400	Limi argillosi	CH_RER	S1Cl4_RER	S1Cl4_RER
108	700	BEDROCK	CH_RER	-	-

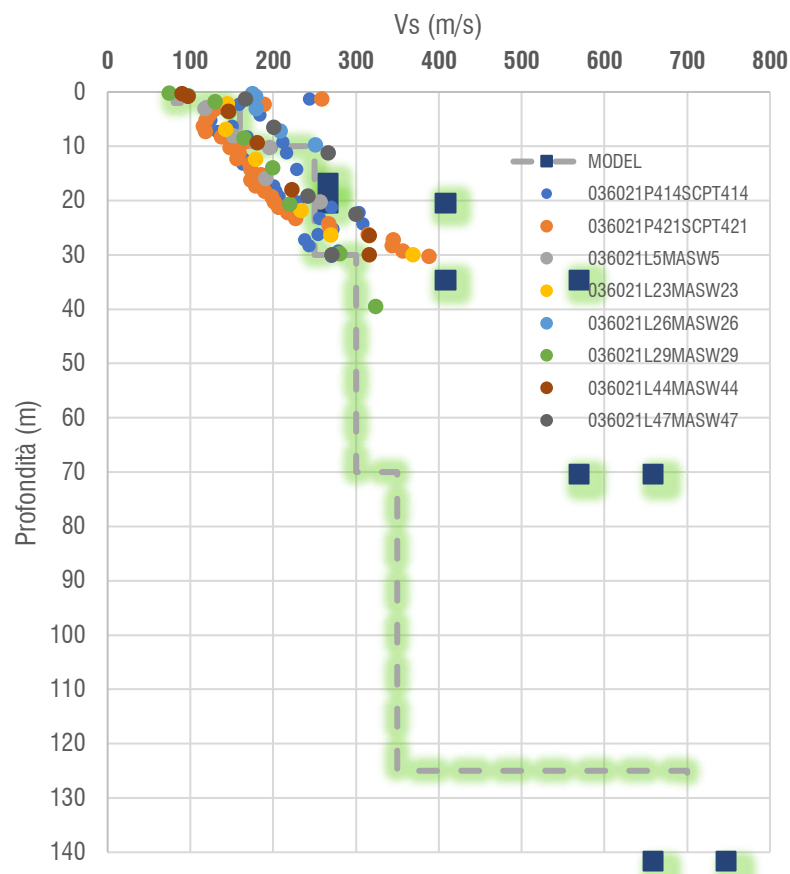


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 36 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Modello di Input

MICROZONA 30522005

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	80	Limi sabbiosi	036021P421SCPT421	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
2	80	Limi sabbiosi	036021P421SCPT421	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
2	160	Argilla	036021P421SCPT421	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	160	Argilla	036021P421SCPT421	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	250	Limi sabbiosi	036021P421SCPT421	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	250	Limi sabbiosi	036021P421SCPT421	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	300	Sabbia	036021P421SCPT421	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	300	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
125	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
125	700	BEDROCK	CH_RER		

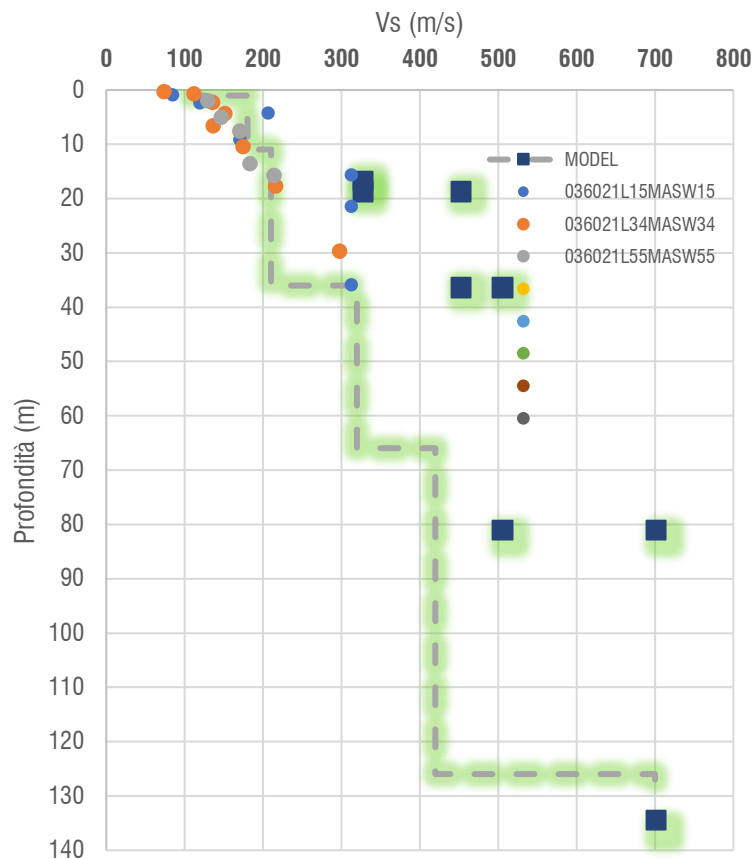


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 37 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Modello di Input

MICROZONA 30522006

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	110	Limi sabbiosi	036021P234SCPT234	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
1	110	Limi sabbiosi	036021P234SCPT234	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
1	180	Argilla	036021P234SCPT234	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
11	180	Argilla	036021P234SCPT234	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
11	210	Argilla	036021P234SCPT234	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
36	210	Argilla	036021P234SCPT234	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
36	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
66	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
66	420	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
126	420	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
126	700	BEDROCK			

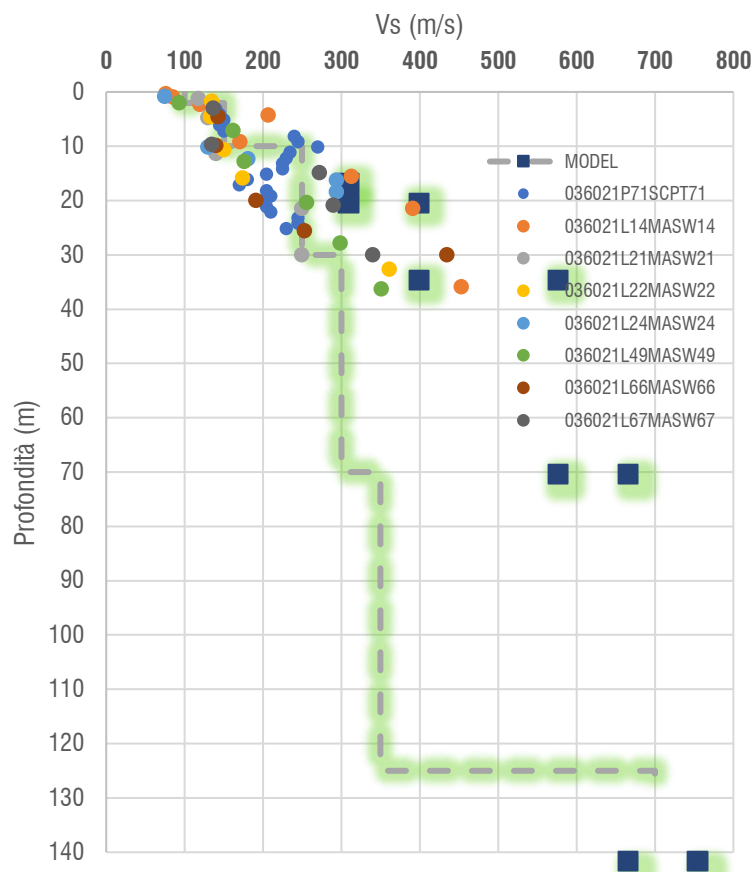


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 38 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Modello di Input

MICROZONA 2002

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	100	ARGILLA	036021P71SCPT71	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	100	ARGILLA	036021P71SCPT71	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	150	ARGILLA	036021P71SCPT71	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	150	ARGILLA	036021P71SCPT71	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	250	ARGILLA	036021P71SCPT71	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
30	250	ARGILLA	036021P71SCPT71	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
30	300	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	300	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
125	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
125	700	BEDROCK			

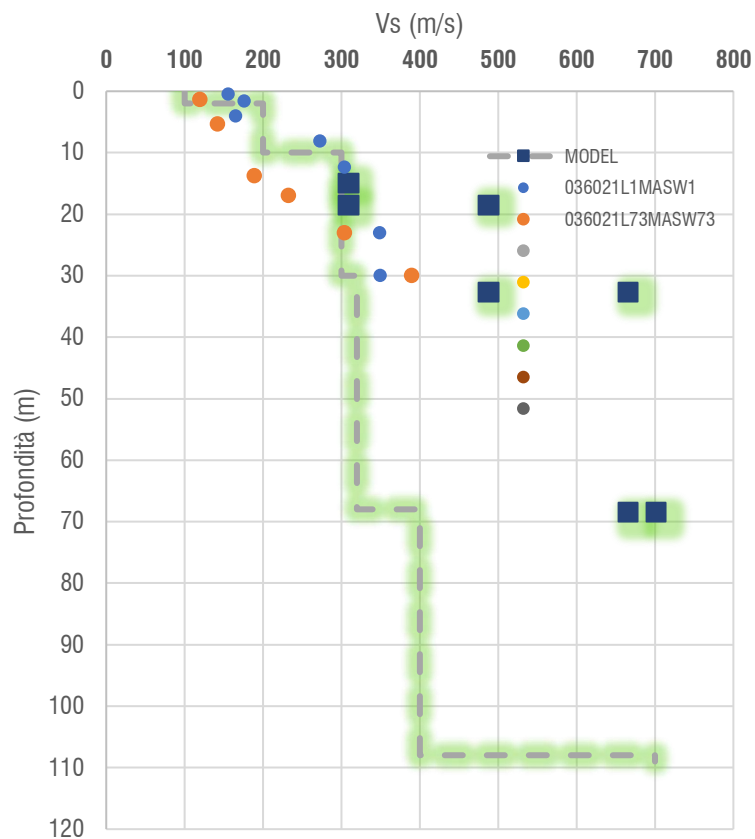


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 39 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Modello di Input

MICROZONA 2001

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	100	ARGILLA	036021P355SCPT355	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	100	ARGILLA	036021P355SCPT355	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	200	ARGILLA	036021P355SCPT355	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	200	ARGILLA	036021P355SCPT355	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	300	LIMI SABBIOSI	036021P355SCPT355	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	300	LIMI SABBIOSI	036021P355SCPT355	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
68	320	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
68	400	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
108	400	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
108	700	BEDROCK			

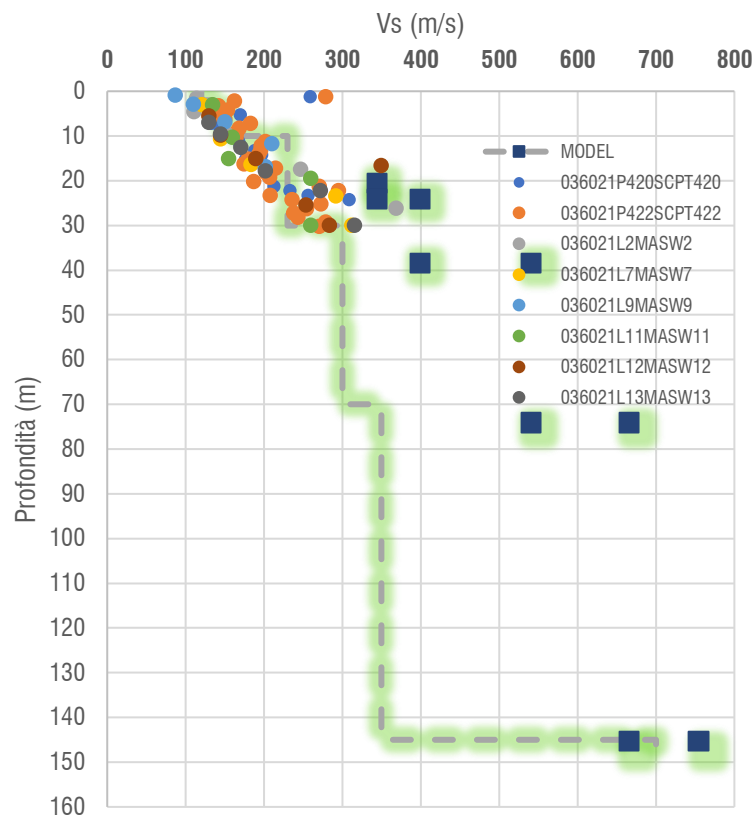


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 40 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Modello di Input

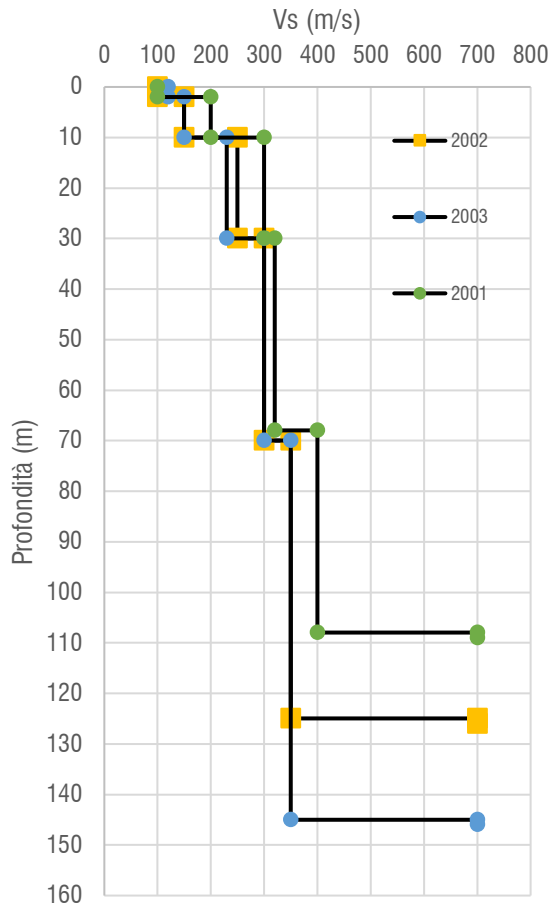
MICROZONA 2003

Z	m/s	TERRENO PREVALENTE	PROVA DI RIFERIMENTO	CURVA G	CURVA D
0	120	ARGILLA	036021P128SCPT128	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	120	ARGILLA	036021P128SCPT128	Argilla Idriss 1990	Argilla Idriss 1990
2	150	ARGILLA	036021P128SCPT128	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	150	ARGILLA	036021P128SCPT128	Vucetic & Dobry PI=30	Vucetic & Dobry PI=30
10	230	LIMI SABBIOSI	036021P128SCPT128	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	230	LIMI SABBIOSI	036021P128SCPT128	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
30	300	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	300	Sabbia	CH_RER	Sabbia Idriss 1990	Sabbia Idriss 1990
70	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
145	350	Limi argillosi	CH_RER	S1CI4_RER	S1CI4_RER
145	700	BEDROCK			



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 41 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SINTESI MODELLI AREE MOPS STABILI



SINTESI MODELLI AREE MOPS INSTABILI

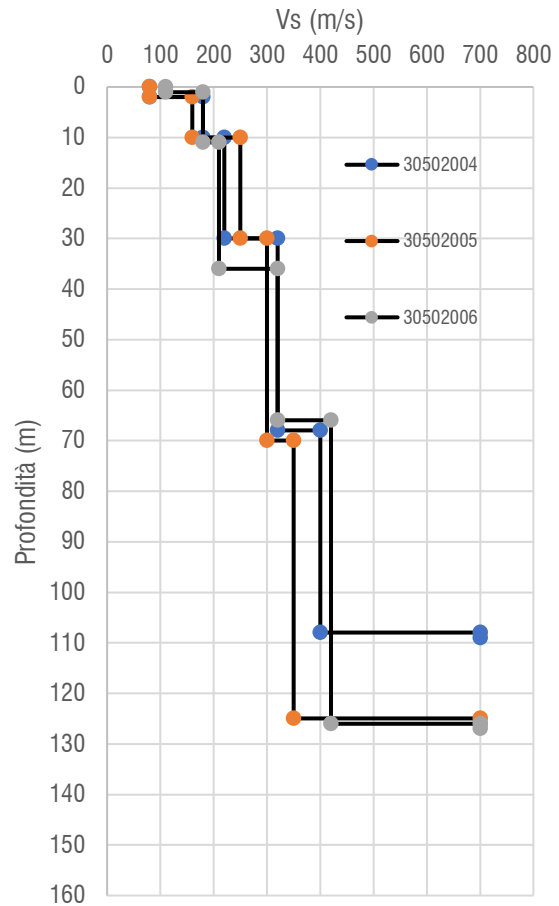


Fig. 6.6 – Grafico di sintesi dei modelli di onde S derivati per le varie elaborazioni

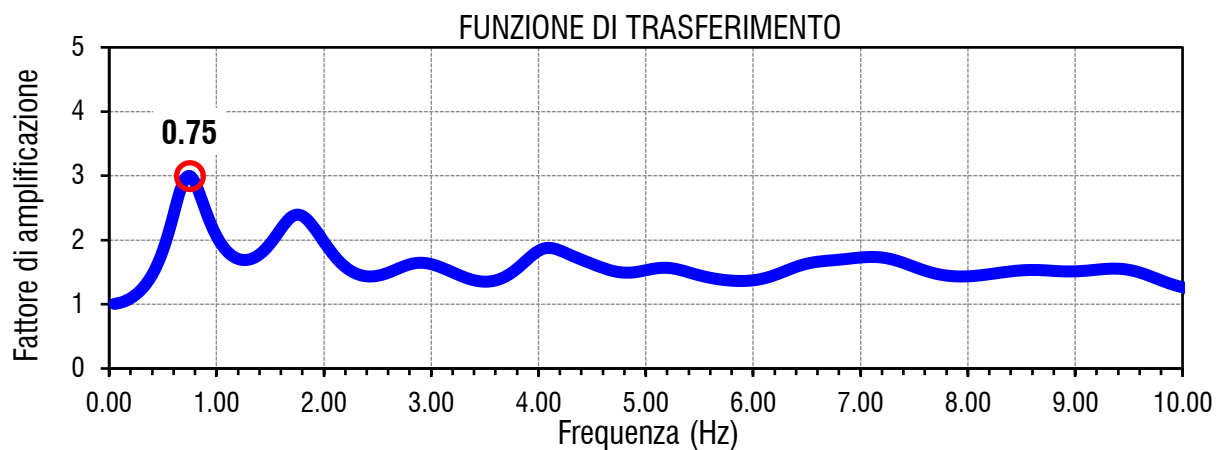
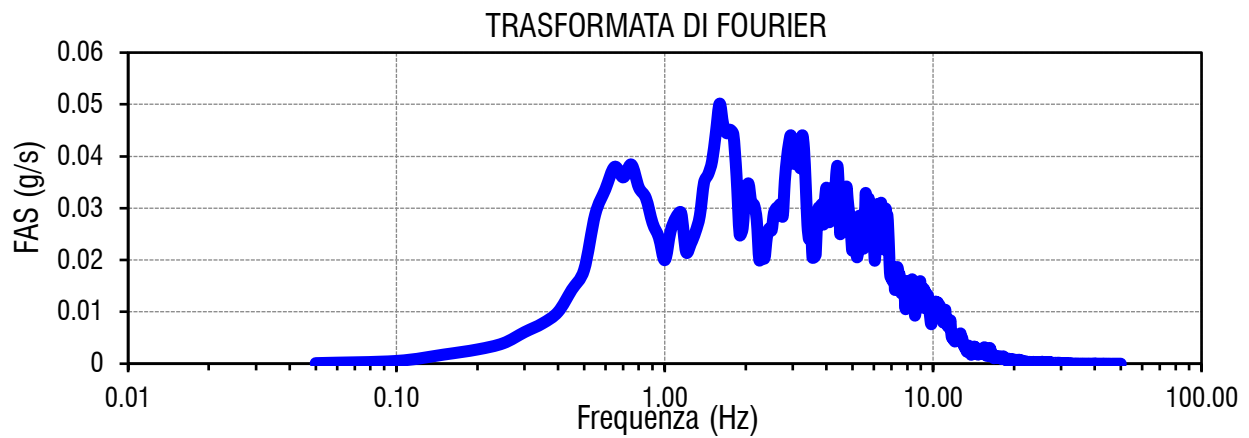
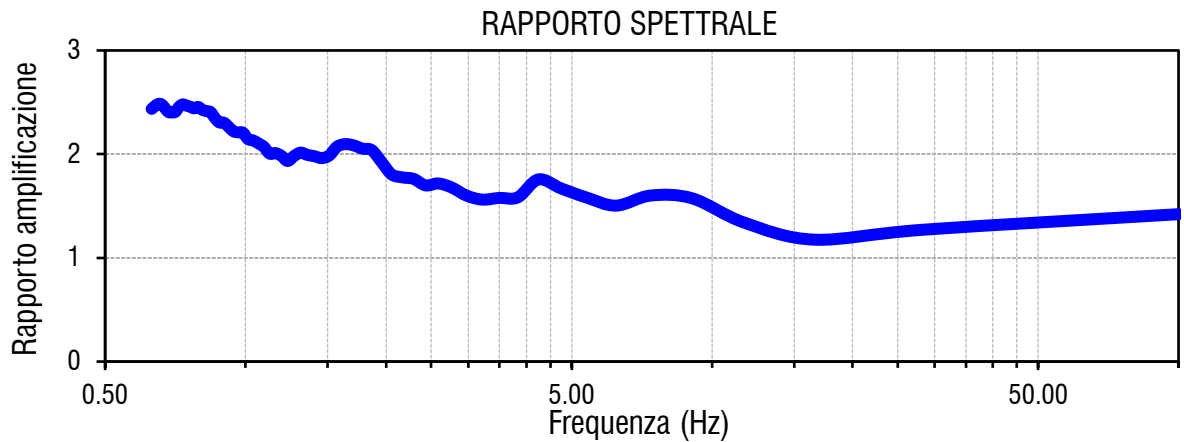
L'input sismico modellato all'interno delle simulazioni RSL deriva dal set accelerometrico (7 segnali) fornito dalla RER come indicato nelle specifiche DGR 476/2021. Le simulazioni sono relative al periodo di ritorno di 475 anni (SLV). Gli accelerogrammi sono stati scalati fino a raggiungere il valore di accelerazione di riferimento per il territorio comunale di Medolla: considerando quanto illustrato precedente è stato adottato il valore di 0.15 g descrittivo della pericolosità sismica locale.

Si illustrano successivamente gli esiti di ciascuna modellazione eseguita

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 42 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

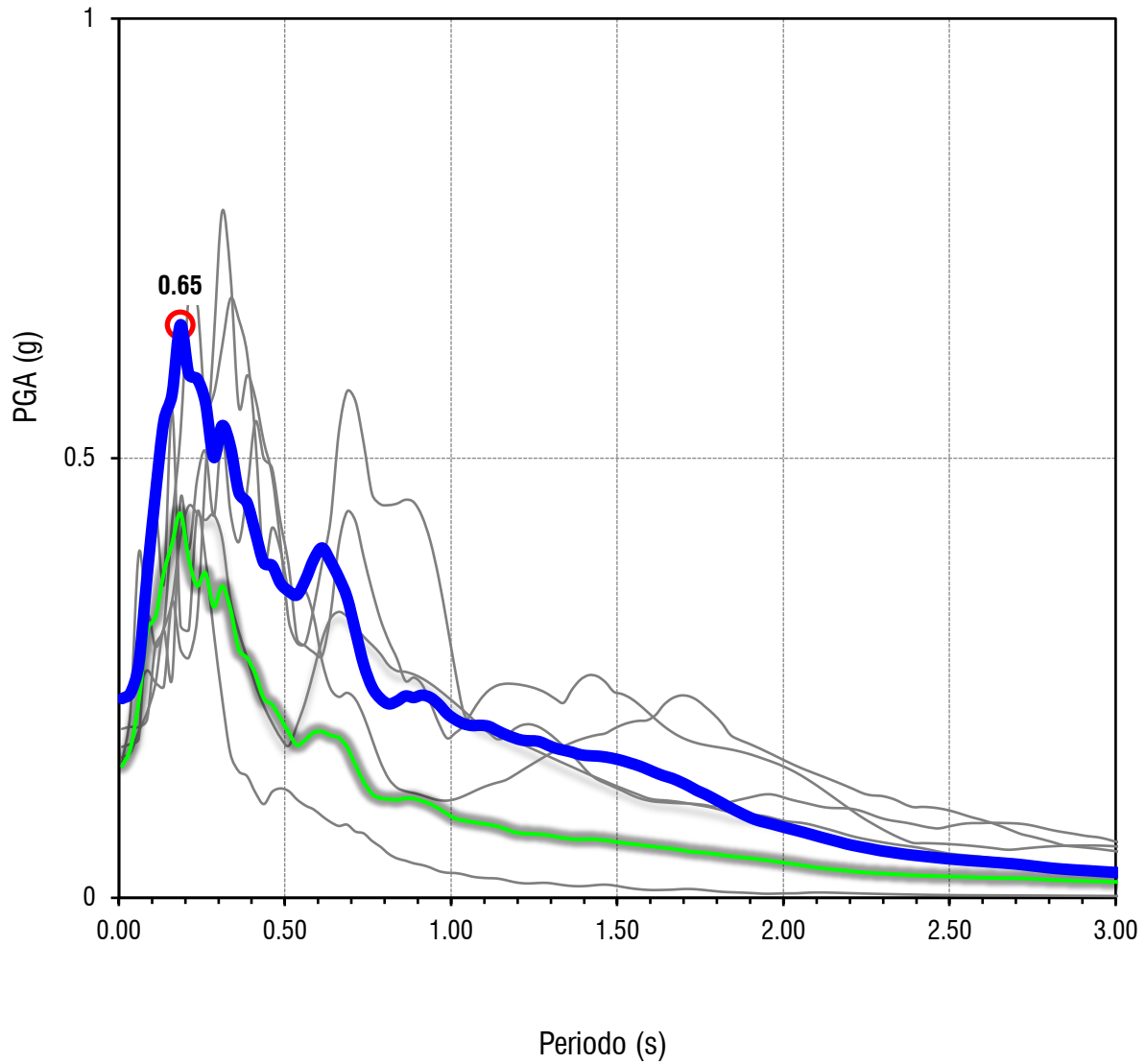
MICROZONA 30522004



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 43 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

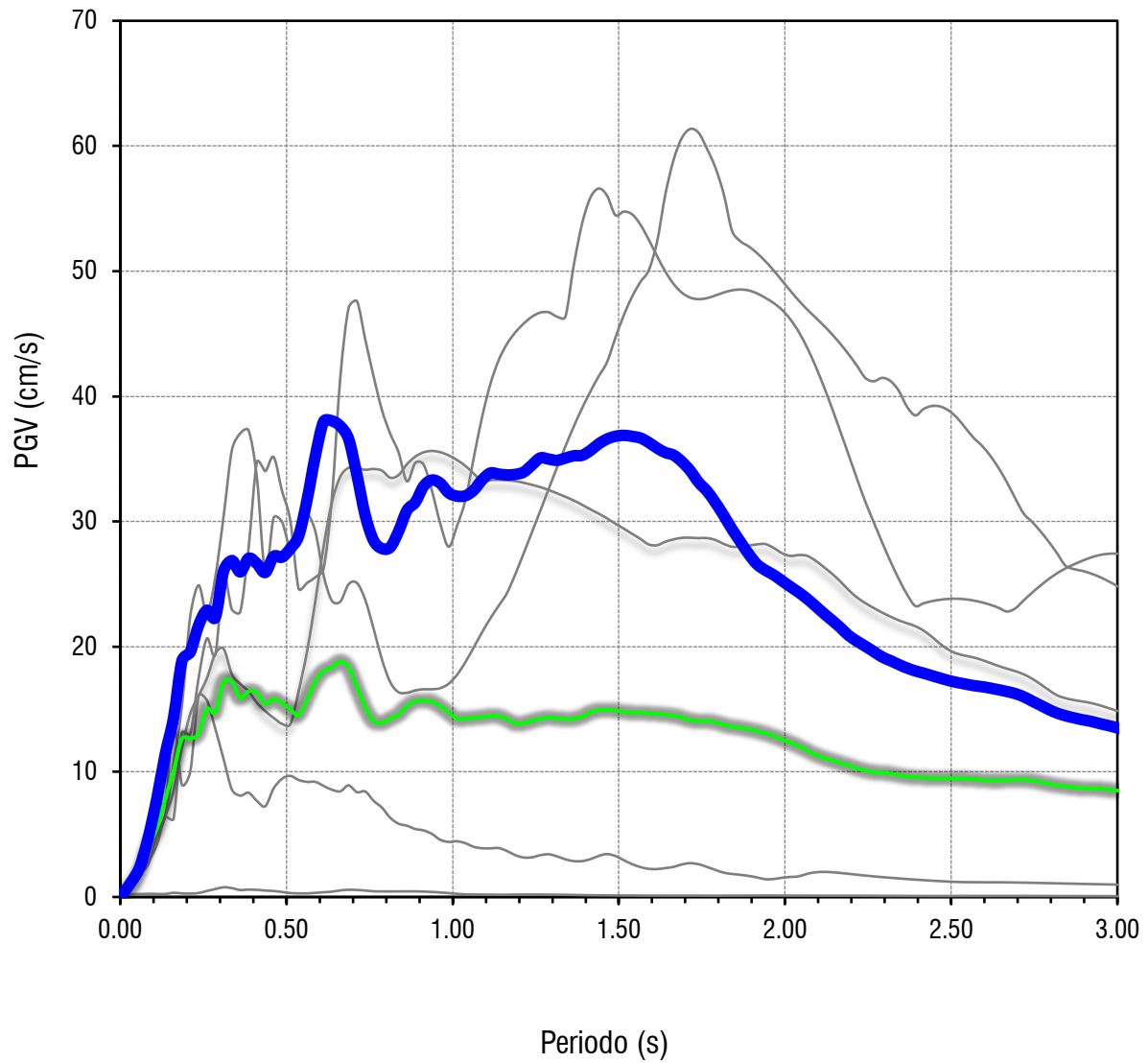
MICROZONA 30522004



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 44 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

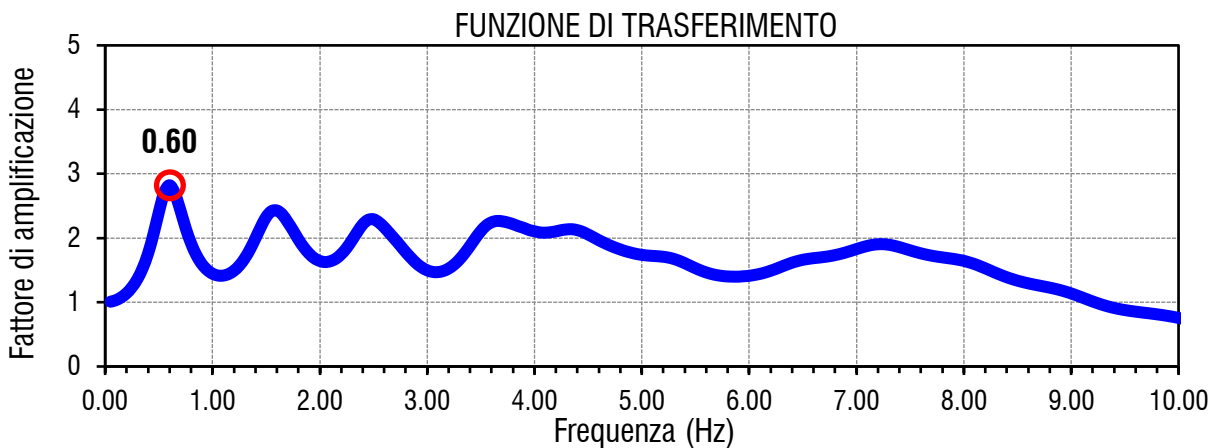
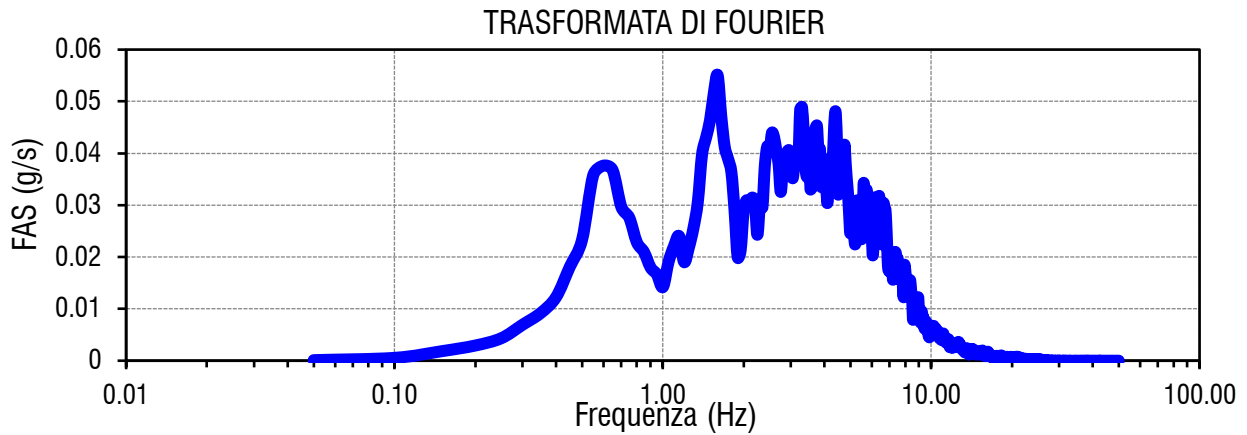
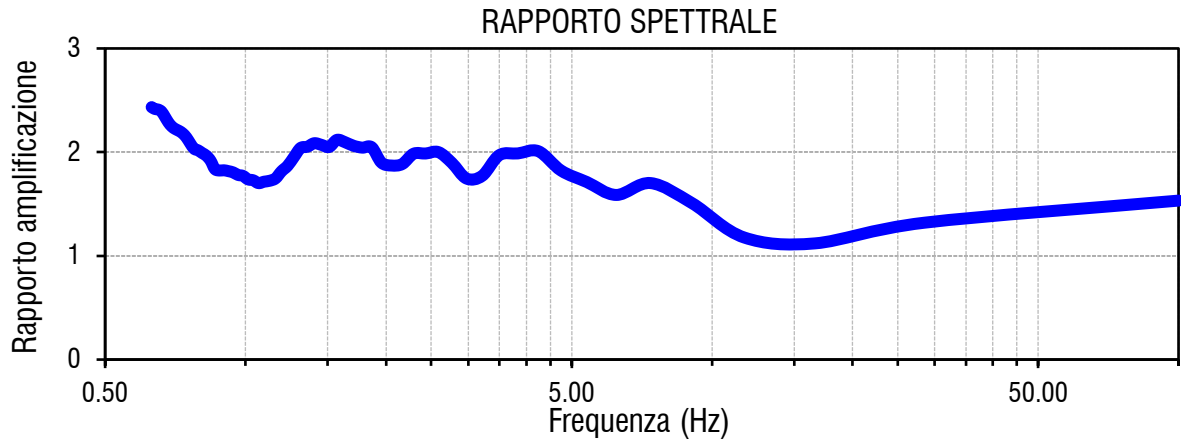
MICROZONA 30522004



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 45 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

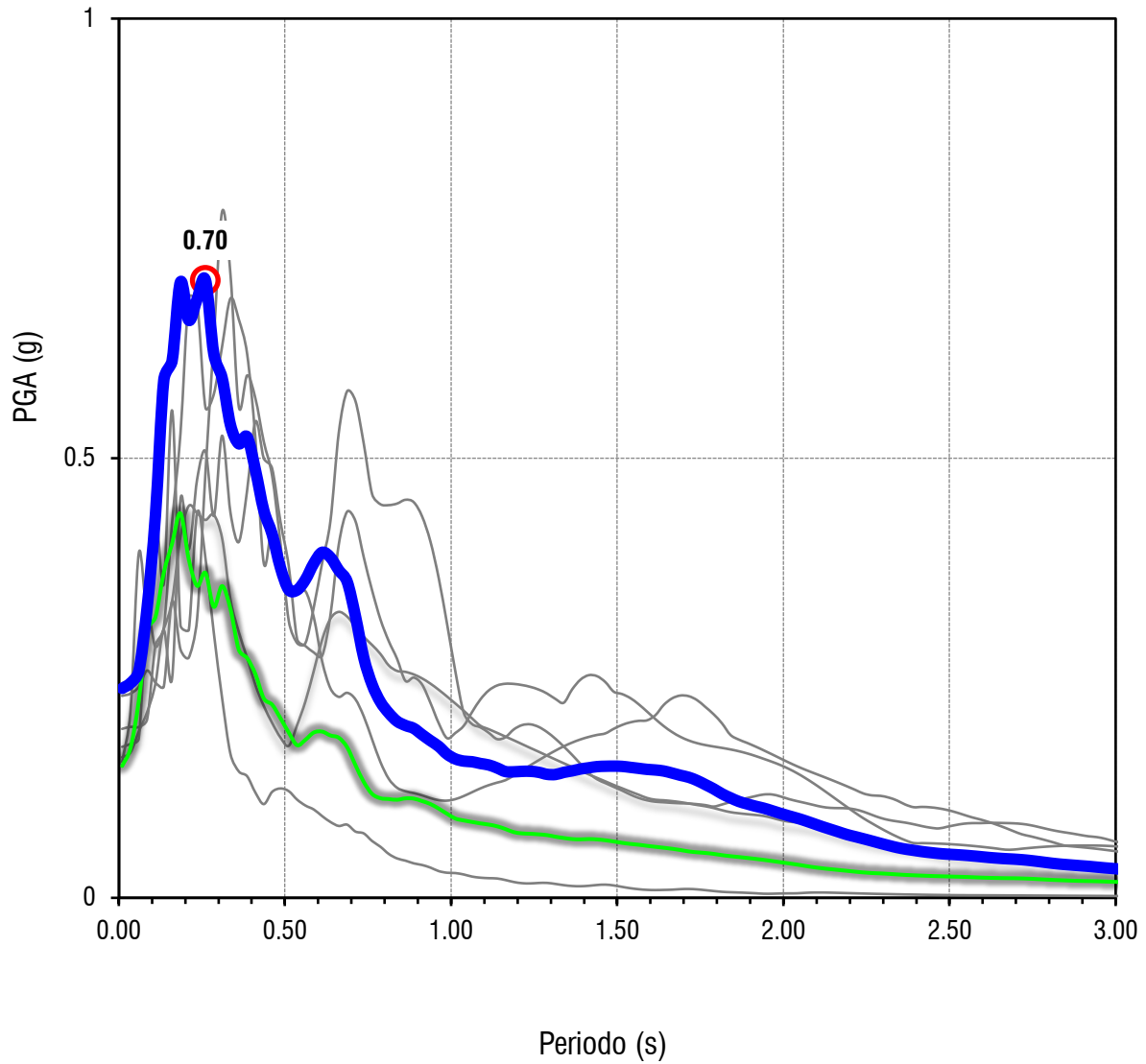
MICROZONA 30522005



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 46 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

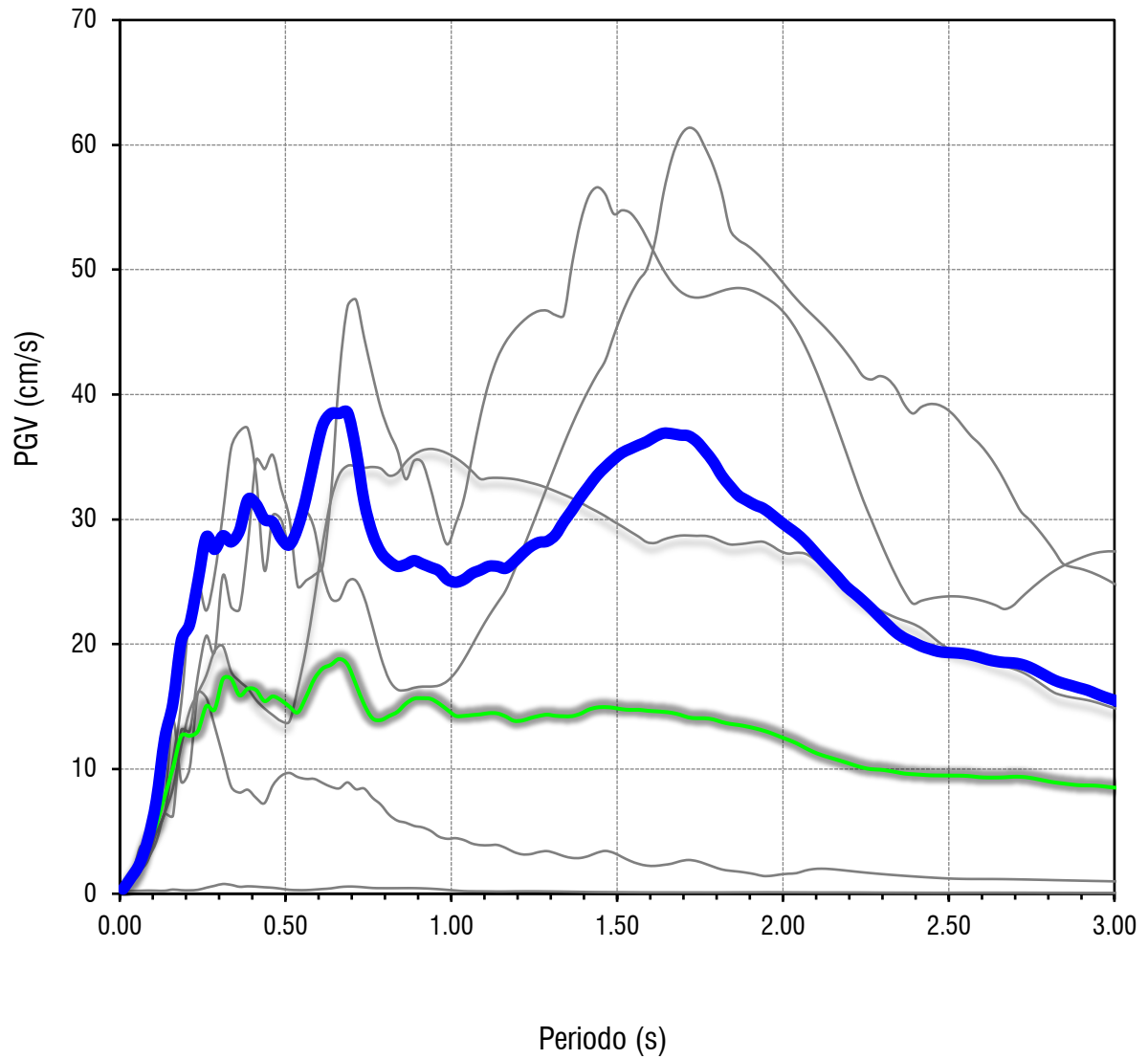
MICROZONA 30522005



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 47 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

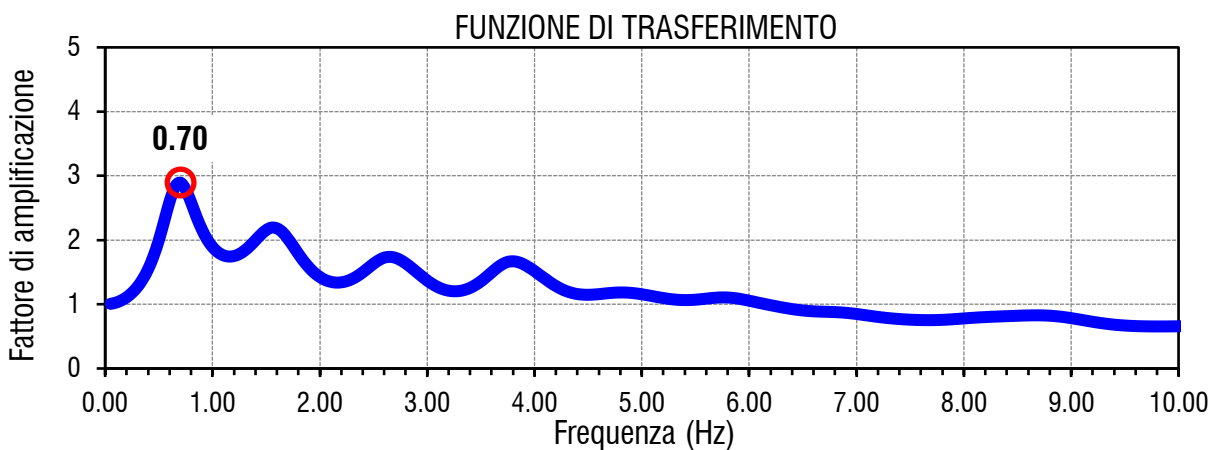
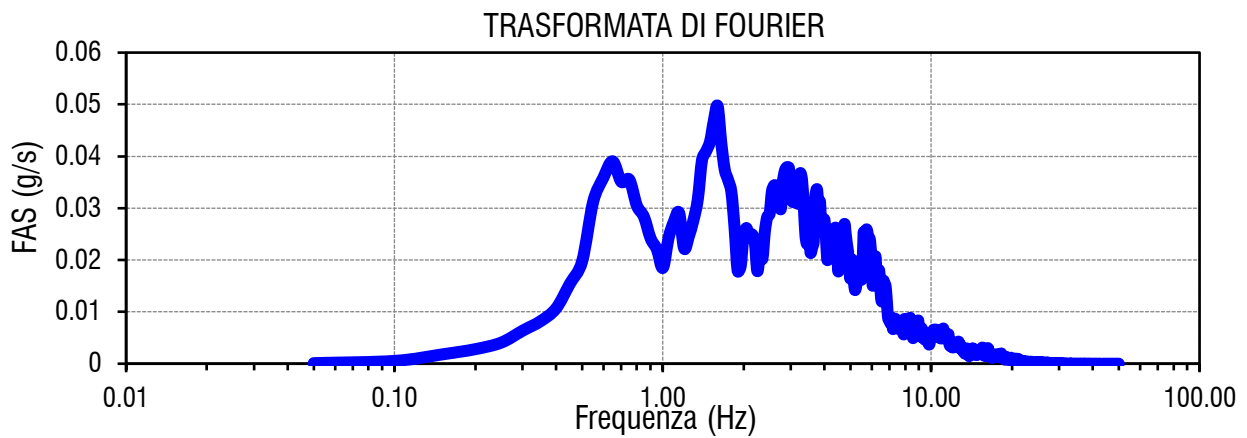
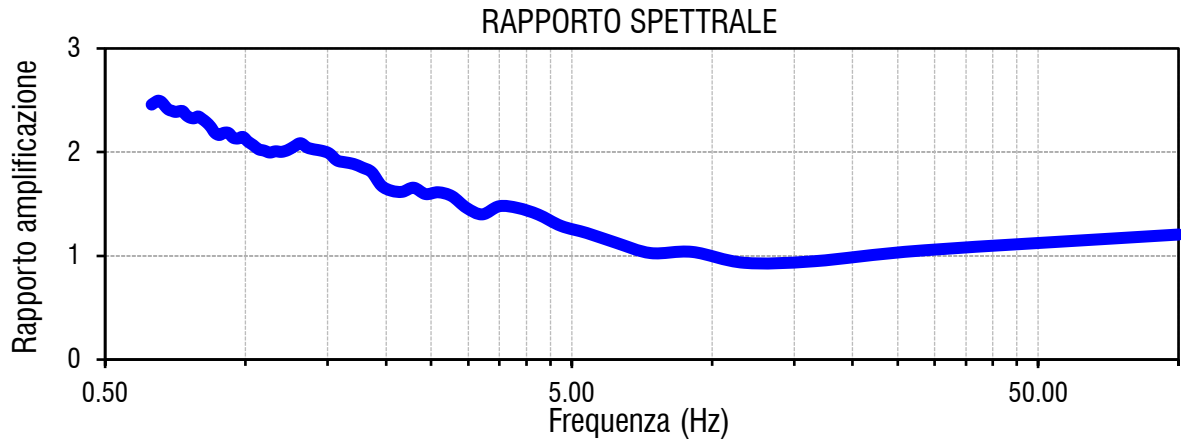
MICROZONA 30522005



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 48 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

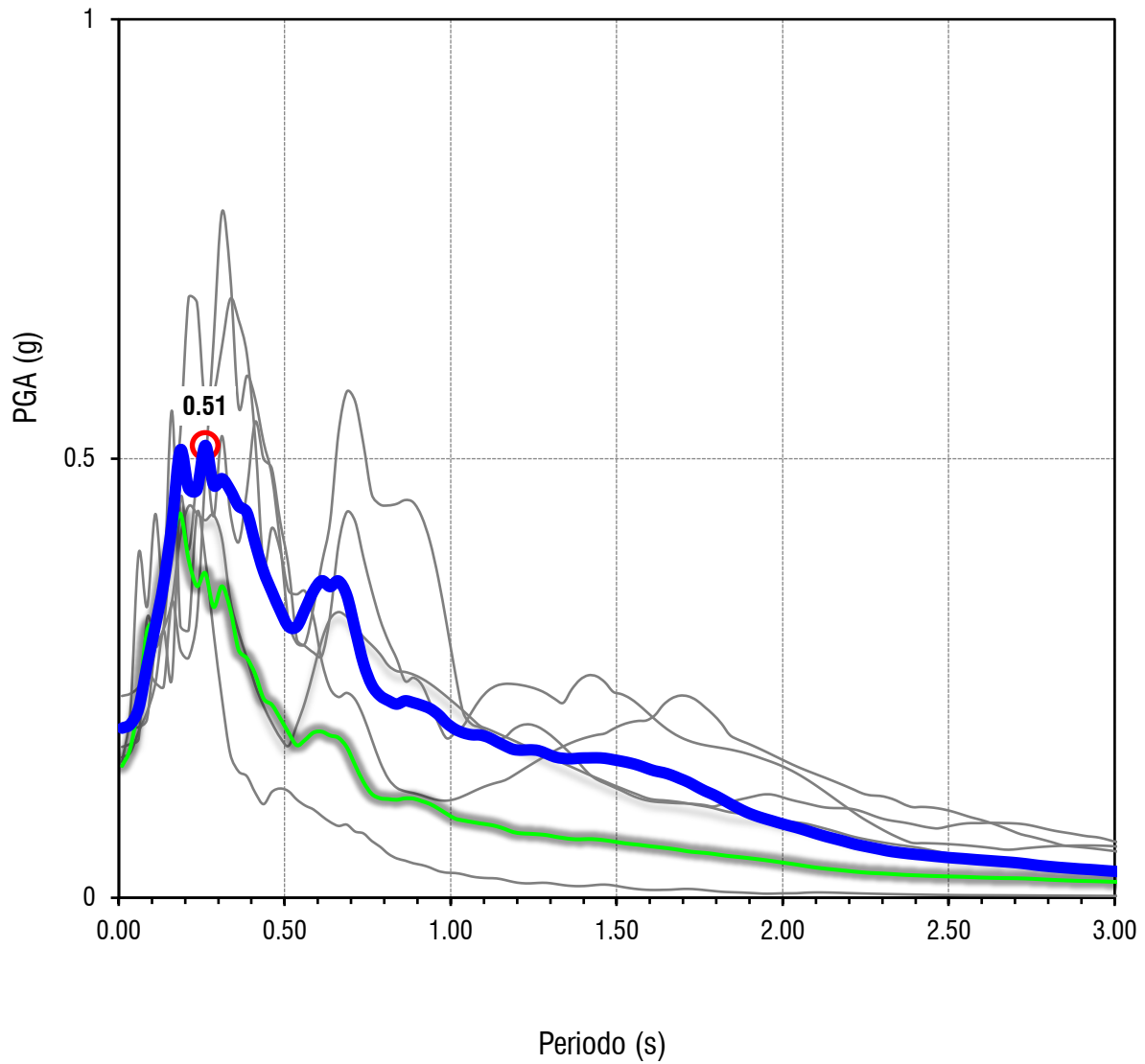
MICROZONA 30522006



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 49 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

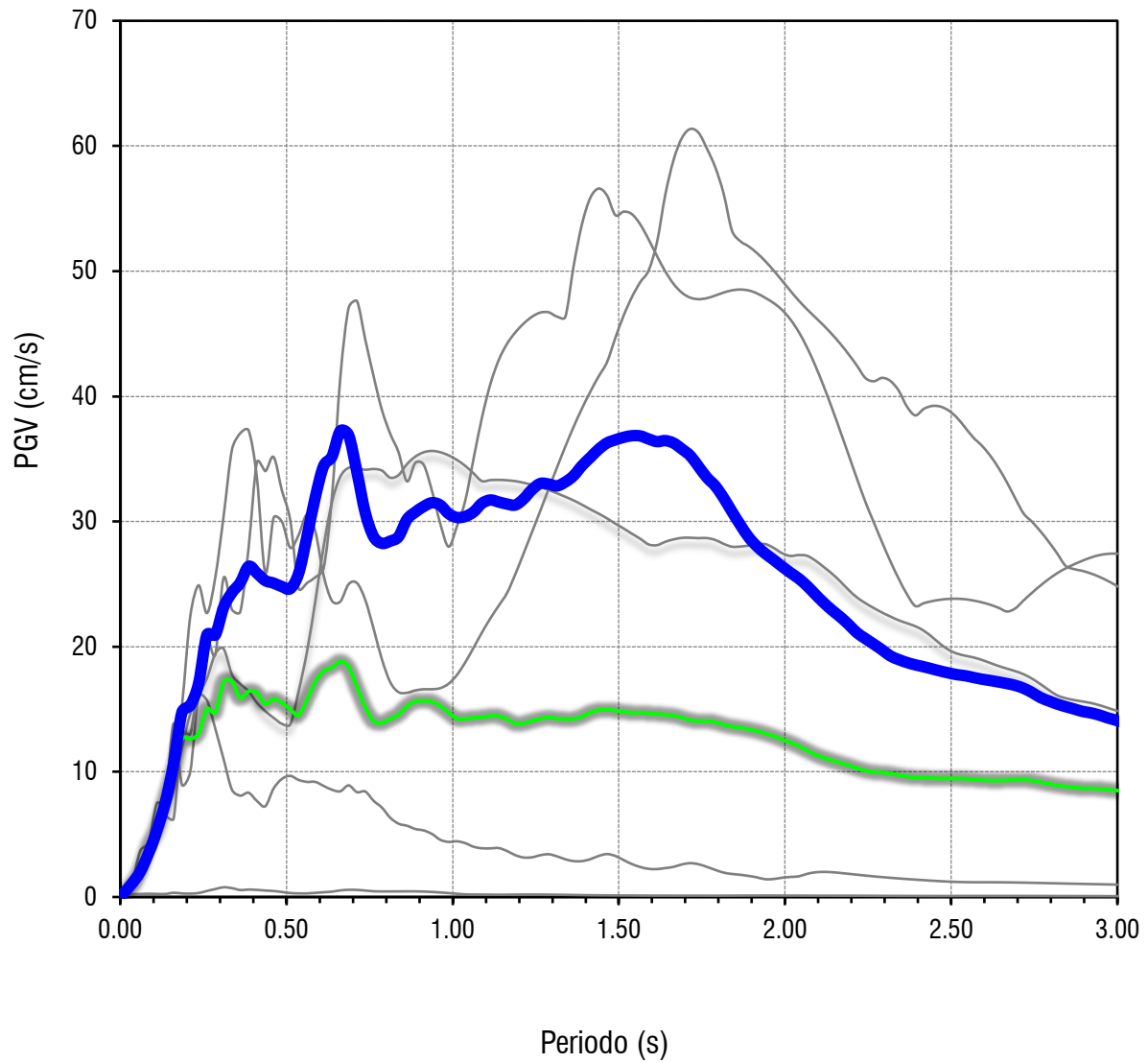
MICROZONA 30522006



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 50 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

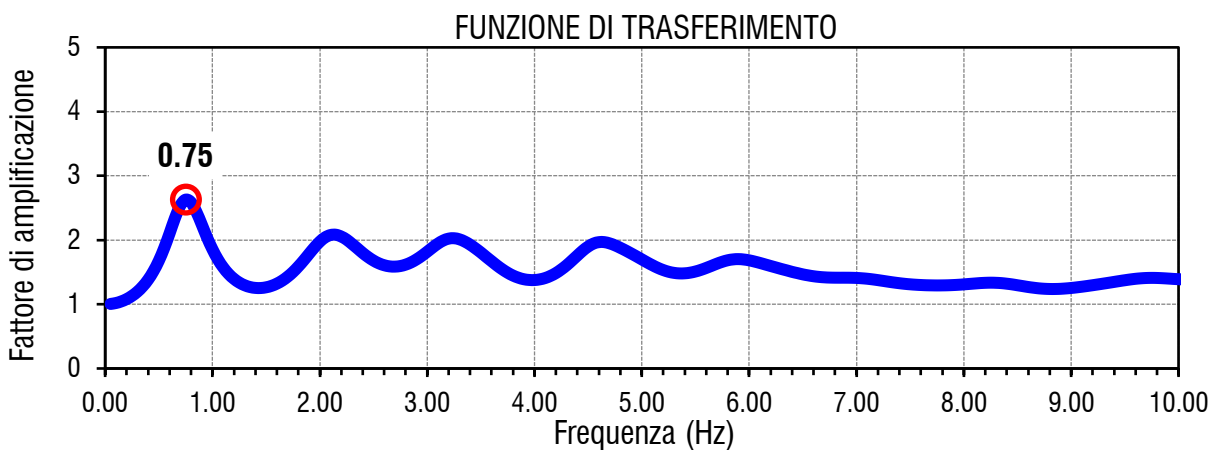
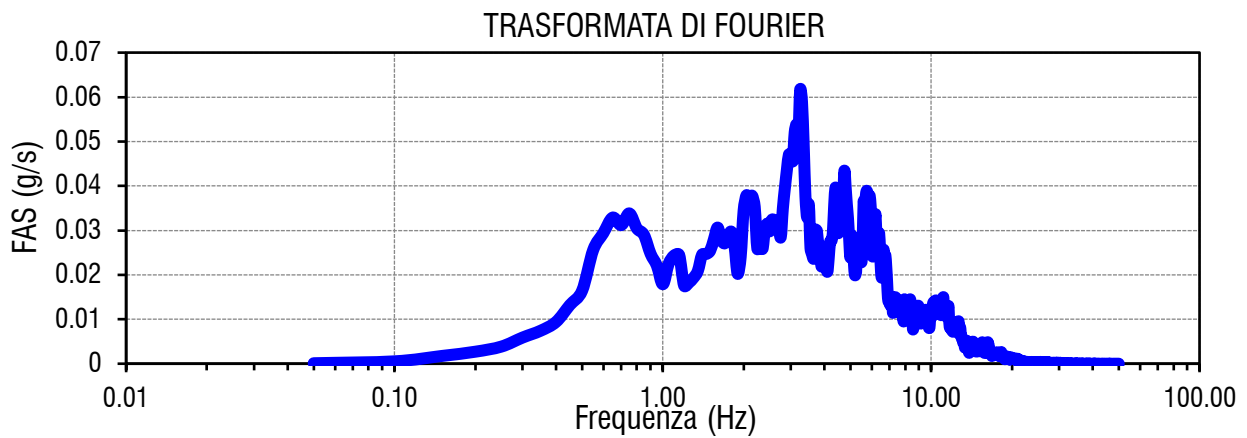
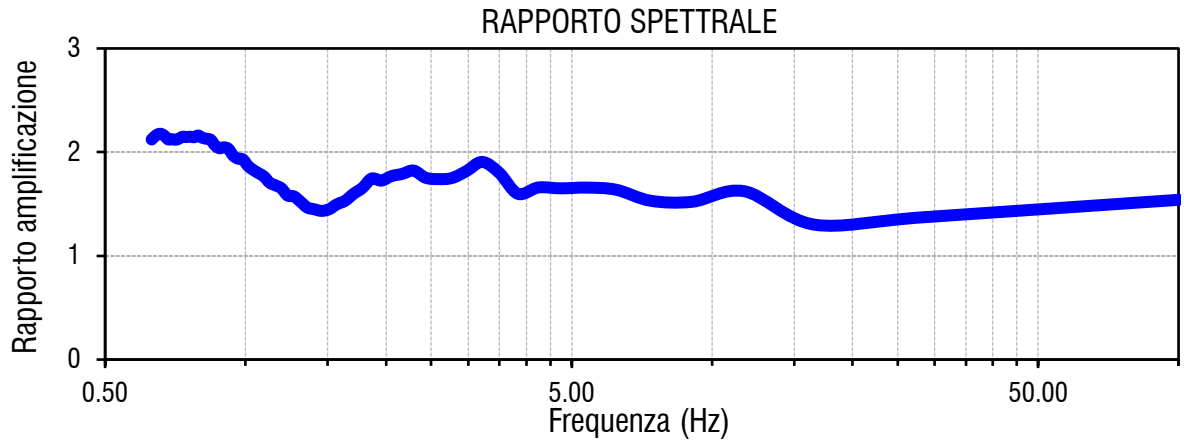
MICROZONA 30522006



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 51 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

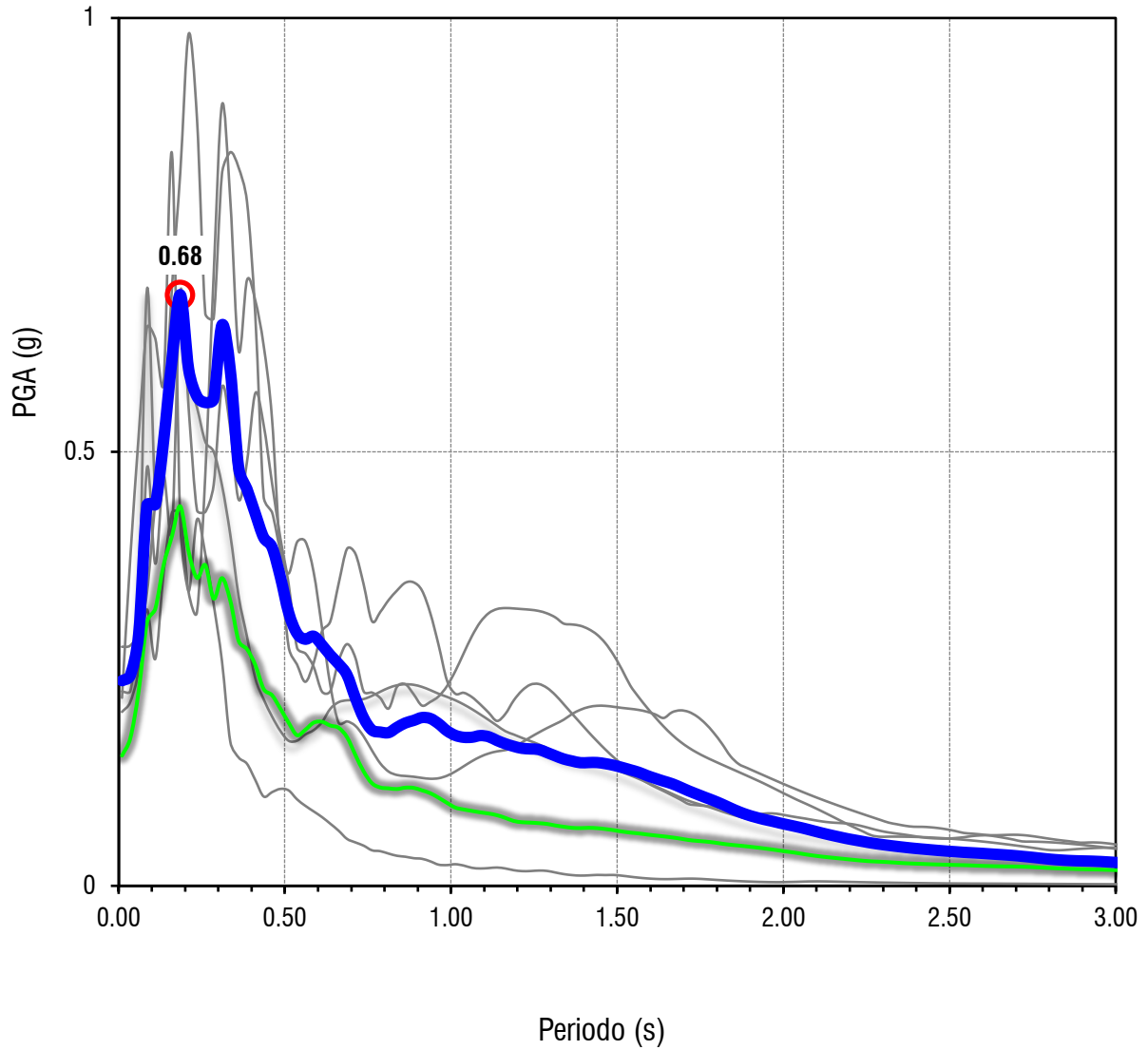
MICROZONA 2001



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 52 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

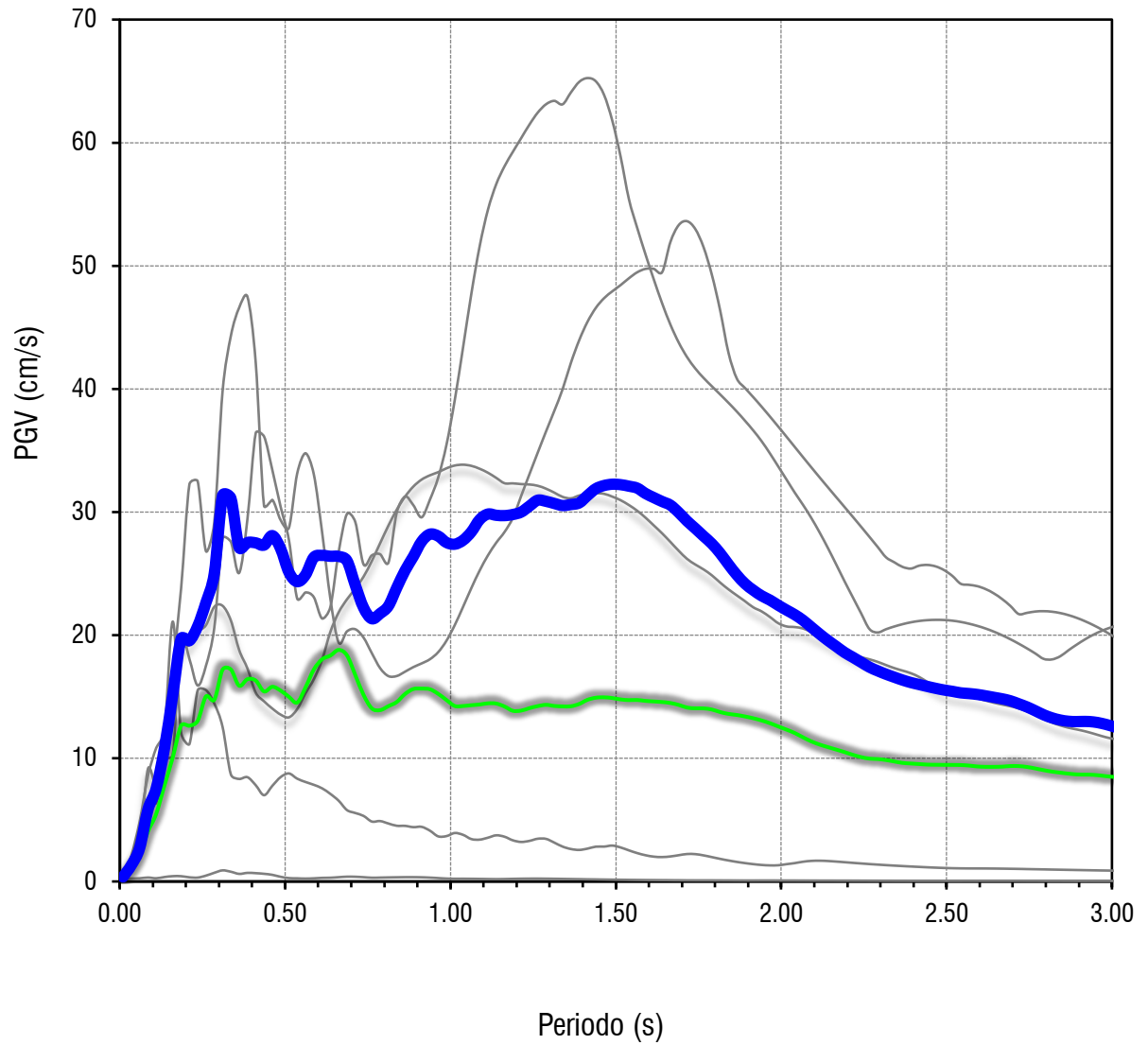
MICROZONA 2001



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 53 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

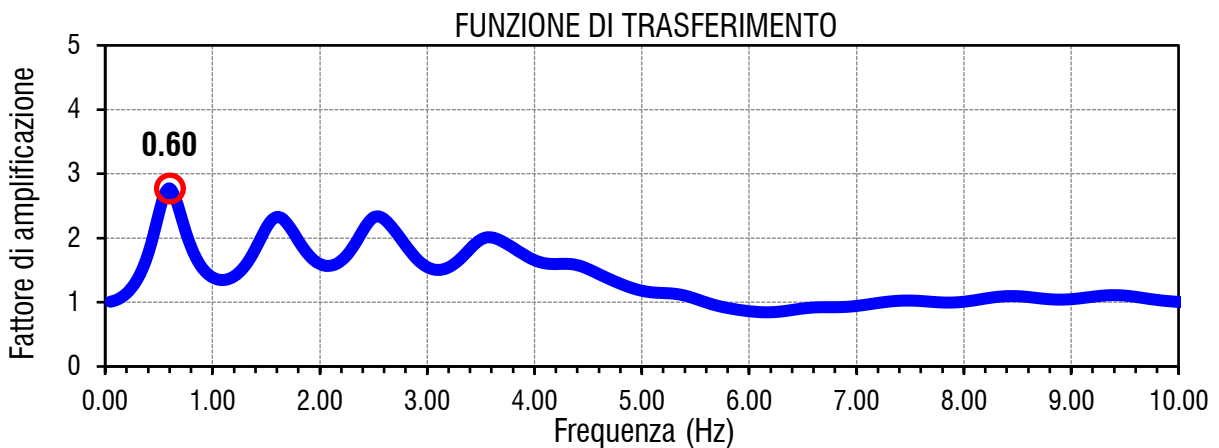
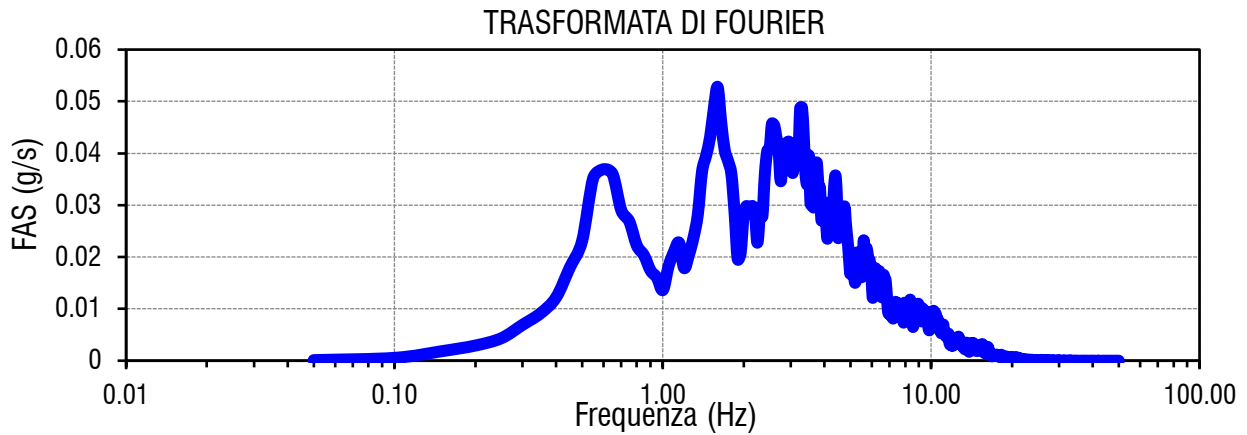
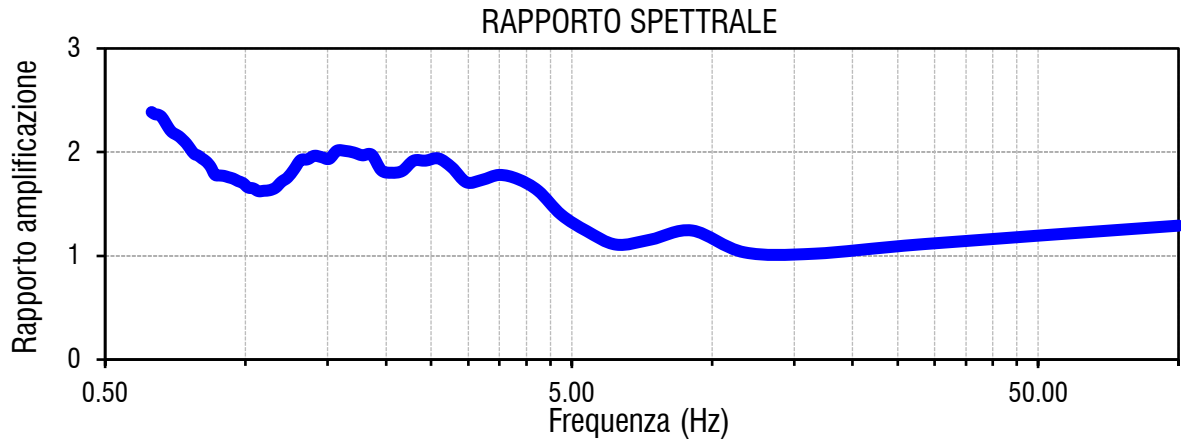
MICROZONA 2001



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 54 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

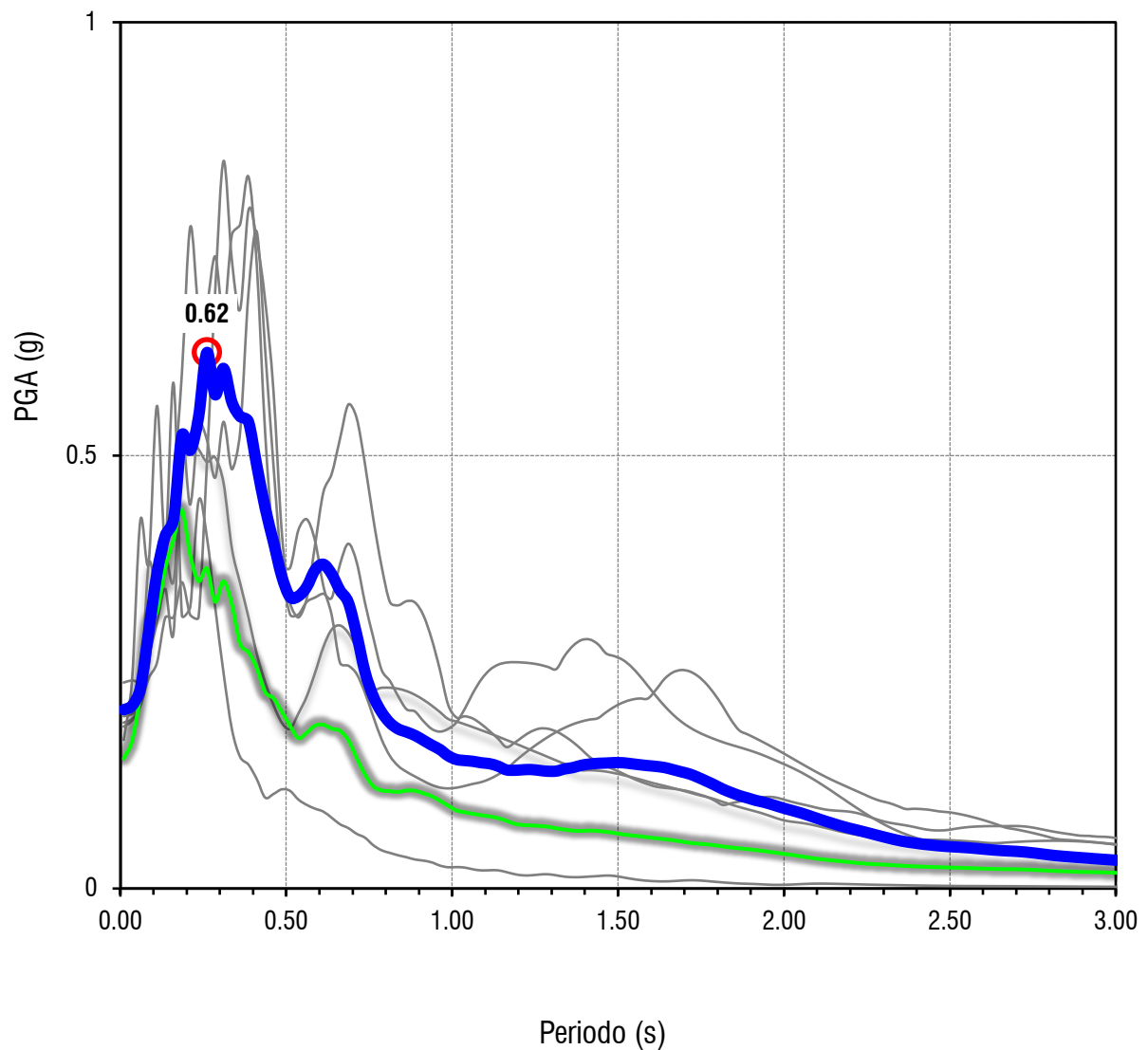
MICROZONA 2002



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 55 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

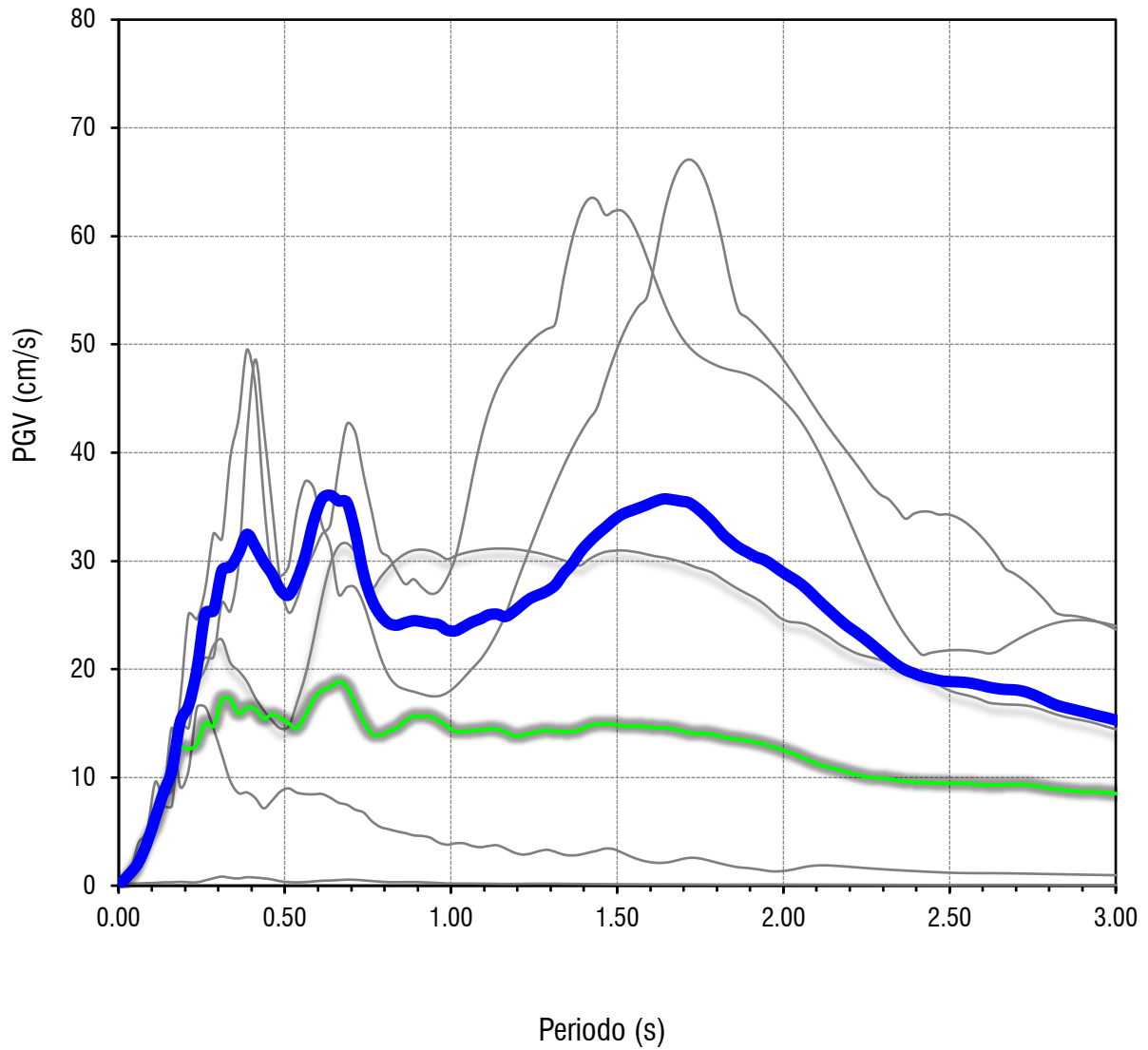
MICROZONA 2002



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 56 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

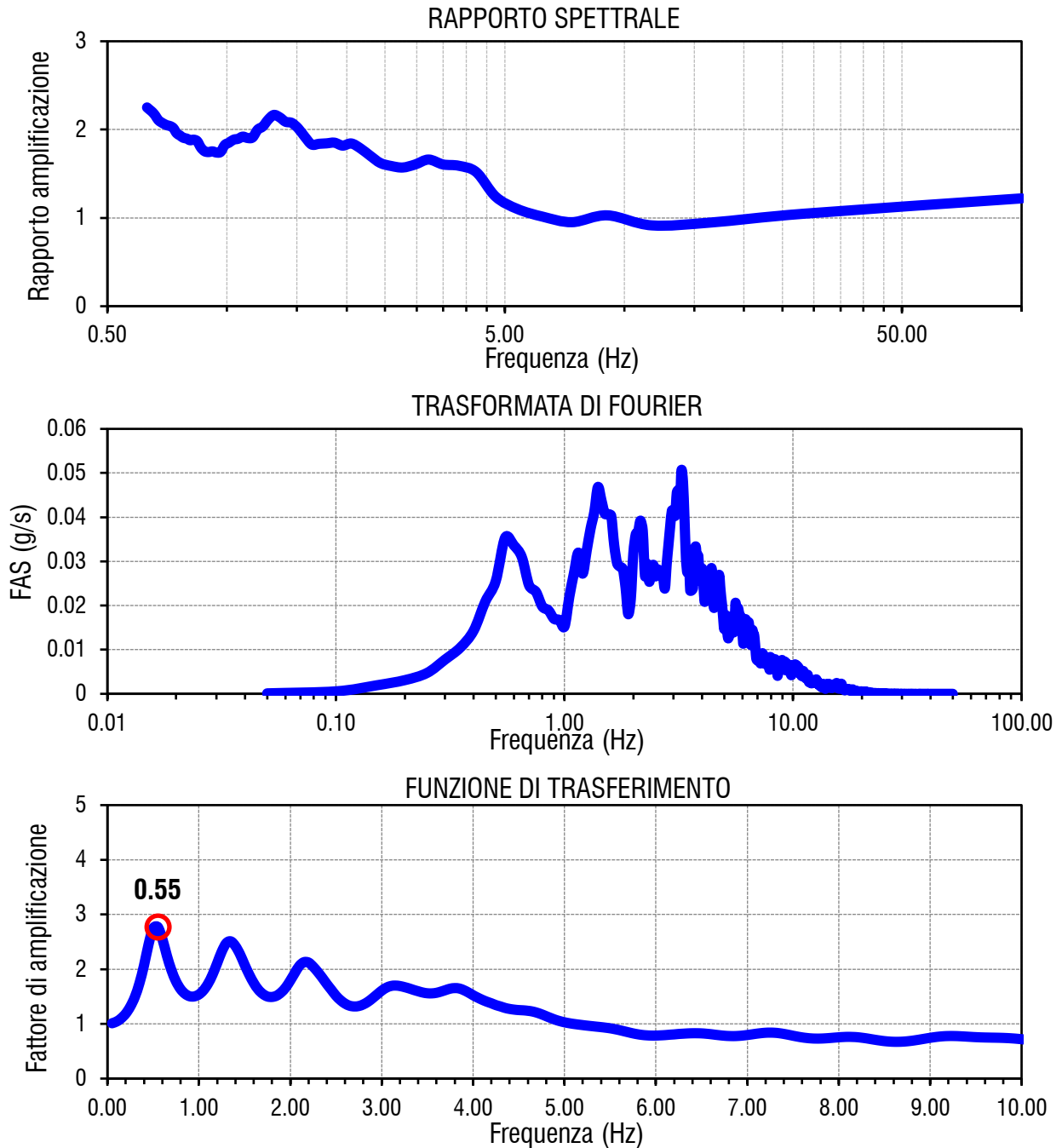
MICROZONA 2002



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 57 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL

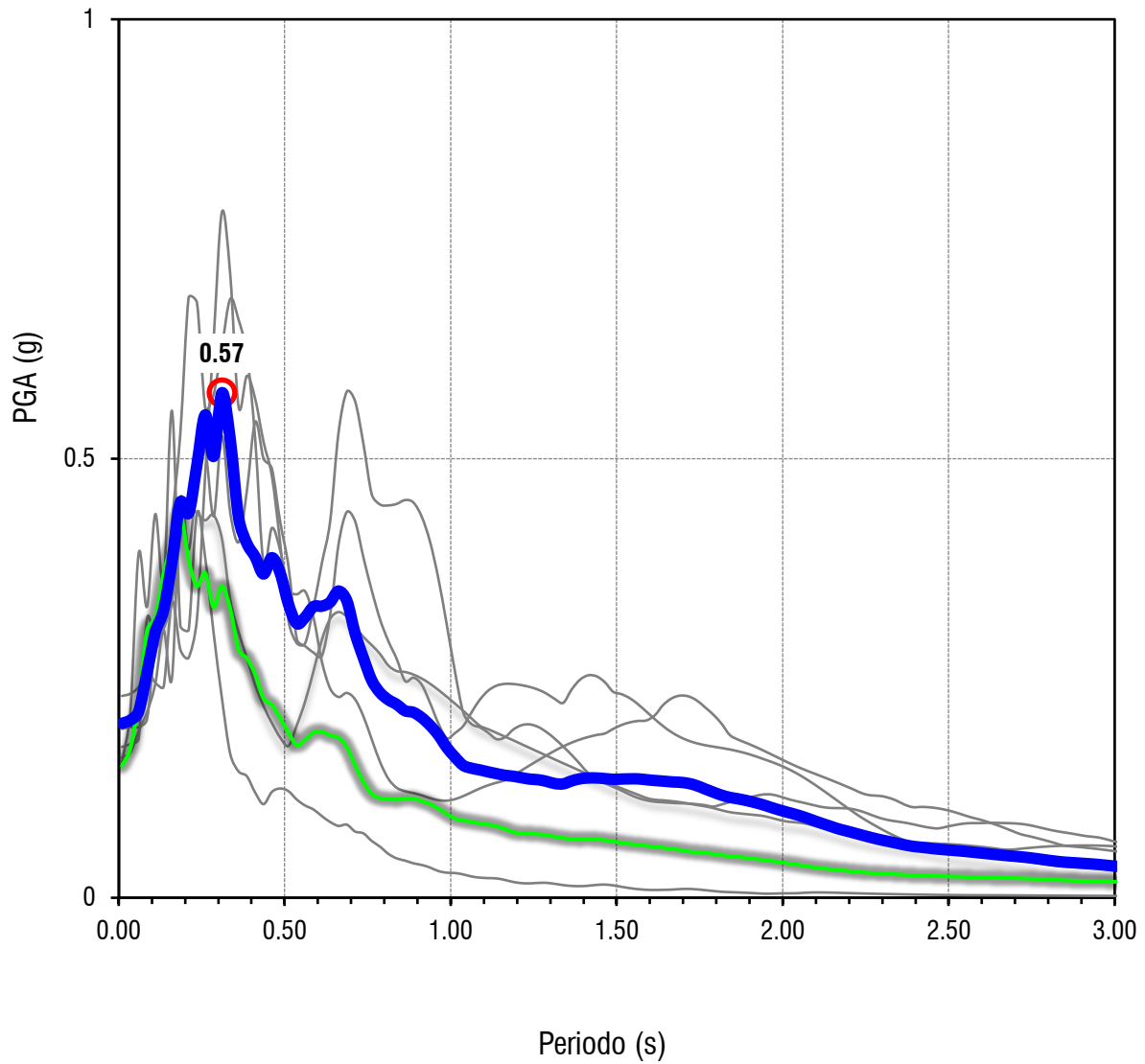
MICROZONA 2003



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 58 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOACCELERAZIONE

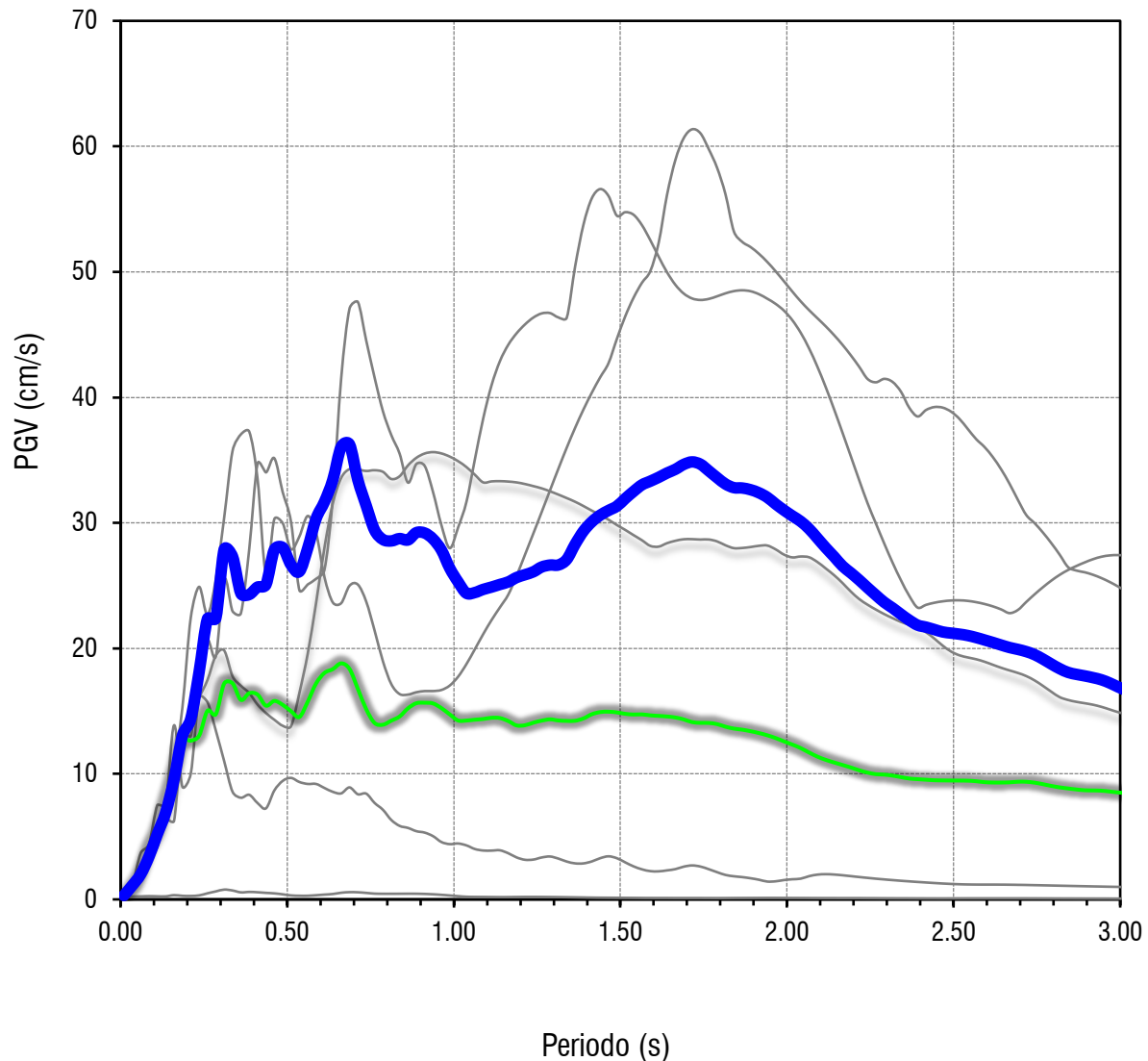
MICROZONA 2003



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 59 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti RSL – SPETTRO PSEUDOVELOCITÀ

MICROZONA 2003



In riferimento agli esiti delle analisi RSL e in ottemperanza con la normativa regionale in materia MS, si illustrano successivamente gli indici che quantificano il fenomeno di amplificazione sismica quali: F_{PGA} , $F_{H_{0.1s-0.5s}}$ (S11), $F_{H_{0.5s-1s}}$, $F_{H_{0.5s-1.5s}}$, $F_{A_{0.1s-0.5s}}$, $F_{A_{0.4s-0.8s}}$, $F_{A_{0.7s-1.1s}}$, $F_{A_{0.5s-1.5s}}$, $H_{MS_{0.1s-0.5s}}$, $H_{MS_{0.4s-0.8s}}$, $H_{MS_{0.7s-1.1s}}$, $H_{MS_{0.5s-1.5s}}$.

Per quanto riguarda il calcolo dei valori H_{MS} è stato adottato un valore di $ASl_{PU}/\Delta T$ medio pari 329.45 cm/s per l'intero territorio comunale. Per quanto riguarda il coefficiente di amplificazione topografica è stato considerato pari a 1.0.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 60 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

NOME MICROZONA	PGA	PGA ₀	F _{PGA}	SI1	SI2	SI3	SA1	SA2	SA3	SA4
2001	0,236	0,150	1,6	1,6	1,6	1,9	1,6	1,6	1,8	1,9
2002	0,206	0,150	1,4	1,5	1,8	1,9	1,7	1,9	1,7	1,9
2003	0,199	0,150	1,3	1,4	1,9	1,9	1,5	1,8	1,9	1,9
30522004	0,227	0,150	1,5	1,5	2,1	2,2	1,5	2,0	2,1	2,2
30522005/30522007	0,238	0,150	1,6	1,7	1,9	2,0	1,7	2,0	1,8	2,0
30522006/30522008	0,193	0,150	1,3	1,3	2,0	2,1	1,3	1,9	2,0	2,1

NOME MICROZONA	ASI _{PU} /ΔT (cm/s)	H _{MS} (g)	H ₀₄₀₈ (g)	H ₀₇₁₁ (g)	H ₀₅₁₅ (g)
2001	329,45	0.517	0.285	0.185	0.190
2002	329,45	0.493	0.341	0.183	0.200
2003	329,45	0.431	0.326	0.205	0.203
30522004	329,45	0.498	0.344	0.226	0.232
30522005/30522007	329,45	0.555	0.358	0.199	0.212
30522006/30522008	329,45	0.425	0.325	0.220	0.222

Gli spettri di risposta ottenuti da ciascuna simulazione sono correttamente archiviati all'interno della cartella predisposta. Si illustra successivamente la nomenclatura impiegata per la classificazione degli spettri in funzione di ciascuna microzona identificata:

NOME MICROZONA	SPETTRO
2001	MedollaPSA001.txt
2002	MedollaPSA002.txt
2003	MedollaPSA003.txt
30522004	MedollaPSA004.txt
30522005	MedollaPSA005.txt
30522006	MedollaPSA006.txt

In seguito all'analisi di liquefazione svolta per ciascuna microzona, illustrata al successivo paragrafo, si è riscontrata la necessità di suddividere alcune microzone instabili in diverse microzone, solamente differenziabili per il valore di IL ma di pari risposta in termini di amplificazione del moto sismico. Si illustra successivamente la distinzione delle microzone eseguita sulla base dell'indice IL.

NOME MICROZONA	SPETTRO
2001	MedollaPSA001.txt
2002	MedollaPSA002.txt
2003	MedollaPSA003.txt
30522004	MedollaPSA004.txt
30522005/30522007	MedollaPSA005.txt
30522006/30522008	MedollaPSA006.txt

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 61 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

6.3. Analisi del rischio di liquefazione

Nel seguente paragrafo viene illustrata la verifica di stabilità del sito nei confronti del fenomeno di liquefazione sismica. La metodologia adottata per la determinazione del calcolo della liquefazione è quella proposta dagli autori Idriss & Boulanger (2014), come indicato nelle normative regionali DGR 630/19 e DGR 476/2021. La valutazione del fenomeno della liquefazione viene svolta attraverso il calcolo del fattore di sicurezza di ciascun livello che compone il sottosuolo analizzato nei confronti del fenomeno stesso. Il fattore di sicurezza è derivato secondo la seguente formulazione:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dove:

CRR è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica;

MSF rappresenta il fattore di scala della magnitudo che è funzione della magnitudo stessa, della PGA e del valore di CRR;

K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata;

CSR è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio indotta dall'azione sismica, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace. Tale parametro è derivabile secondo la seguente formulazione:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

i termini che compongono la seguente relazione sono rappresentati da a_{max}/g che descrive il valore dell'accelerazione orizzontale a $T = 0.00$ s, il rapporto della tensione litostatica totale ed efficace, e il coefficiente riduttivo r_d . Quest'ultimo è stato stimato secondo la seguente formulazione:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

dove M rappresenta il valore di magnitudo di riferimento per il sito in analisi.

Il valore CRR è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da Boulanger & Idriss 2014. Per l'identificazione della resistenza ciclica CRR si è fatto riferimento alle verticali CPTU dove il valore di resistenza alla punta ha permesso di determinare il già menzionato valore di resistenza al taglio in condizioni cicliche. La procedura semi-empirica utilizzata si articola nelle seguenti fasi di calcolo:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 62 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

- 1) Definiti di valori di q_c viene calcolato il valore di q_{c1N} attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{C_N \times q_c}{P_a} \quad C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^m \leq 1.7$$

dove m viene definito per via iterativa tramite la seguente relazione, finché non viene soddisfatta la relazione $\Delta m < 0.01$:

$$m = 1.338 - 0.249 \times (q_{c1N})^{0.264}$$

- 2) Una volta derivato il valore di q_{c1N} si procede al calcolo del parametro I_c .
- 3) Se la condizione di $I_c < 2.60$ risulta essere verificata, allora è possibile calcolare la resistenza ciclica secondo le seguenti relazioni:

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

where :

$$\Delta q_{c1N} = \left(5.4 + \frac{q_{c1N}}{16} \right) \times e^{\left(1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left(\frac{15.7}{FC+0.01} \right)^2 \right)}$$

- 4) Qualora fosse verificata la condizione di $I_c > 2.60$, la resistenza ciclica CRR viene stimata secondo la presente relazione:

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_{vo}=1} = 0.80 \times \frac{S_u}{\sigma'_{vn}} \times K_a$$

Le analisi di liquefazione sono state eseguite entro i -20.00 m rispetto al piano campagna come prescritto dalla normativa di riferimento.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento $M = 6.14$ e una profondità della falda freatica posta a 1 metro dal piano campagna (condizione cautelativa nel lungo termine). Per quanto riguarda l'accelerazione si è fatto riferimento agli esiti dell'analisi RSL svolta per ciascuna microzona, attribuendo ad ogni verticale CPTU il corretto valore in funzione del proprio collocamento.

A seguito dell'identificazione del fattore di sicurezza F_L è stato determinato l'indice potenziale di liquefazione IL (LPI) attraverso il quale è possibile definire l'esposizione del sito al rischio di liquefazione. Il potenziale di liquefazione LPI è stato determinato secondo la seguente formulazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

Dove $F(z)$ viene determinato secondo le formulazioni proposte da Somnez (2003)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 63 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

$$\begin{array}{ll}
 F(z) = 0 & \text{per } F_L \geq 1.2 \\
 F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) & \text{per } 1.2 > F_L \geq 0.95 \\
 F(z) = 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0.95
 \end{array}$$

In base al valore di LPI ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia-Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da Sonmez 2003:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 10$	Alto
$15 > LPI$	Molto alto

A corredo della stima del potenziale di liquefazione eseguito nei riguardi delle verticali di prova CPTU/SCPTU, è stata eseguita l'analoga analisi considerando la totalità delle verticali di prova statica meccanica CPT.

Si illustrano successivamente i valori di LPI ottenuti per ciascuna verticale CPTU o SCPTU considerata, separatamente anche delle verticali di prova CPT, accorpate per ciascuna microzona:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 64 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2001

PGA = 0.236 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P267CPTU267	0.034	Basso
036021P355CPTU355	0.927	Basso
MEDIA CPTU	0.48	Basso

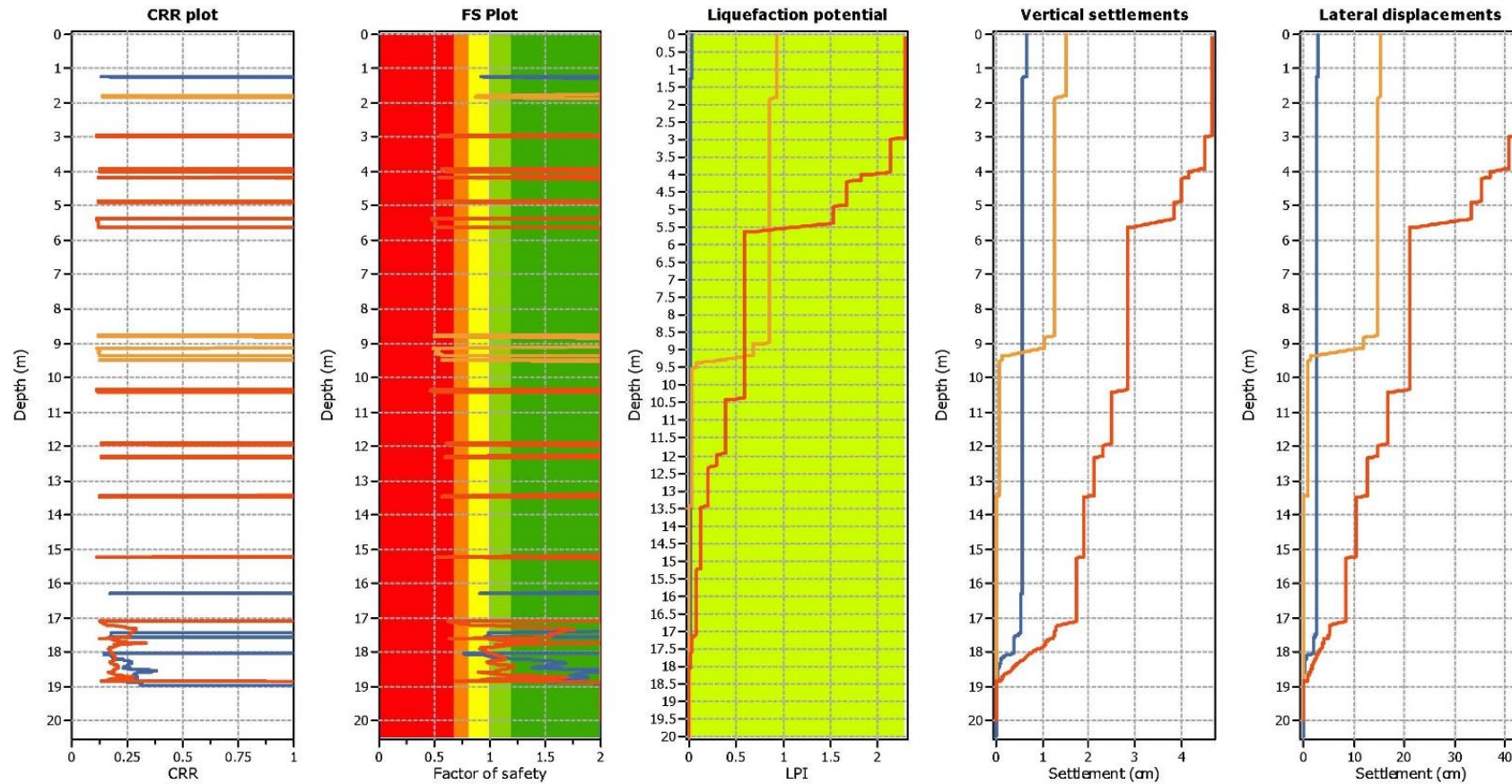
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P276CPT276	2.810	Moderato
036021P204CPT204	0.625	Basso
036021P207CPT207	1.543	Basso
036021P215CPT215	1.430	Basso
036021P216CPT216	1.800	Basso
036021P235CPT235	0.500	Basso
036021P236CPT236	1.394	Basso
036021P237CPT237	1.356	Basso
036021P239CPT239	0.936	Basso
MEDIA CPT + CPTU	1.214	Basso

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 65 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2001

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 66 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2002

PGA = 0.206 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P261CPTU261	0.00	Basso
036021P265CPTU265	0.00	Basso
036021P71CPTU71	0.10	Basso
036021P264CPTU264	0.18	Basso
036021P258CPTU258	0.28	Basso
036021P260CPTU260	0.67	Basso
036021P259CPTU259	0.69	Basso
036021P418CPTU418	0.26	Basso
MEDIA	0.27	Basso

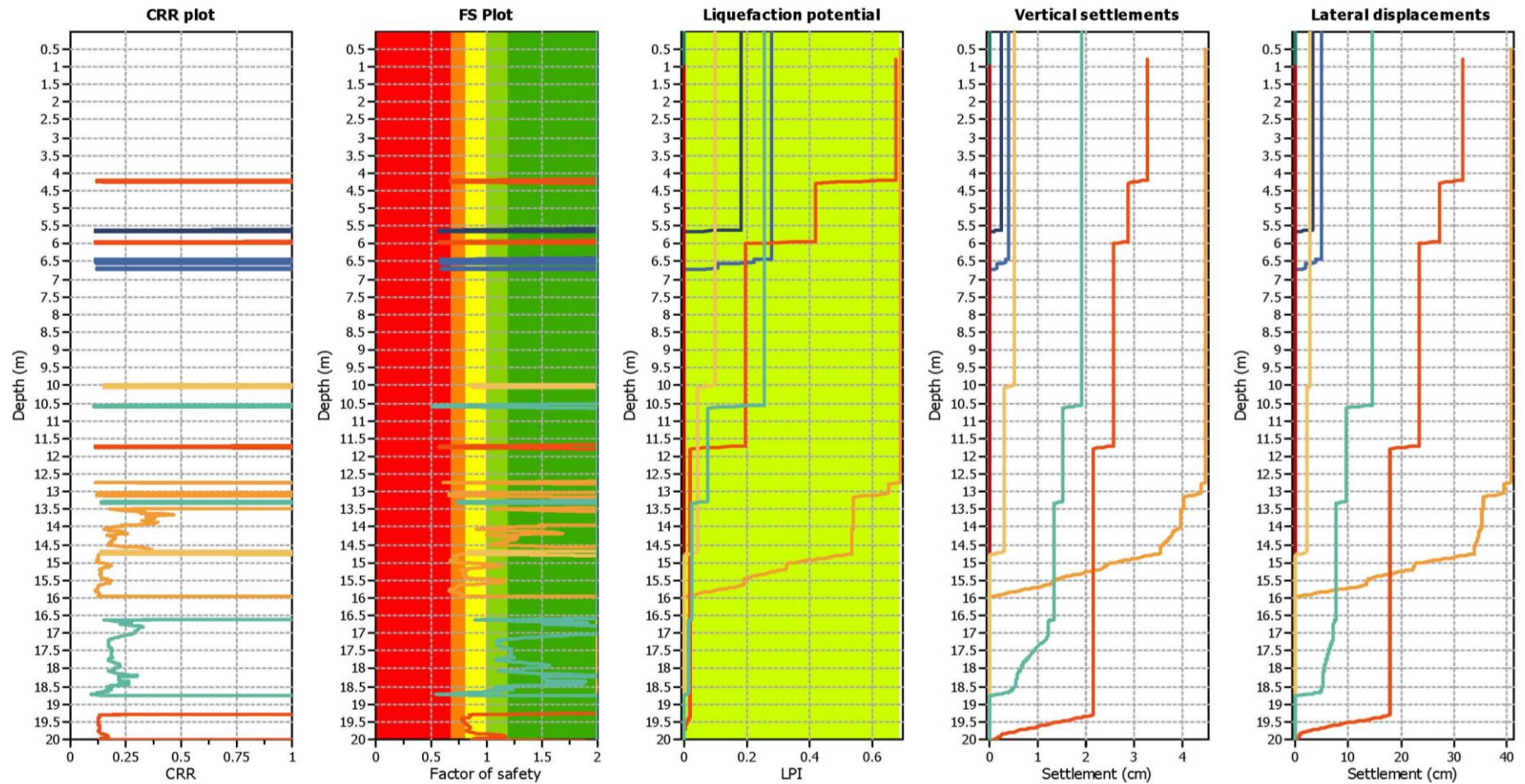
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P273CPT273	0	Basso
036021P289CPT289	0	Basso
036021P299CPT299	0.92	Basso
036021P288CPT288	1.41	Basso
036021P101CPT101	0	Basso
036021P104CPT104	0	Basso
036021P108CPT108	0.004	Basso
036021P111CPT111	0	Basso
036021P112CPT112	0	Basso
036021P113CPT113	0	Basso
036021P115CPT115	0	Basso
036021P118CPT118	0	Basso
036021P119CPT119	6.373	Alto
036021P122CPT122	0	Basso
036021P125CPT125	0	Basso
036021P126CPT126	0	Basso
036021P131CPT131	0	Basso
036021P135CPT135	0.018	Basso
036021P168CPT168	0.094	Basso
036021P84CPT84	0	Basso
036021P98CPT98	0	Basso
036021P99CPT99	0	Basso
MEDIA CPT + CPTU	0.37	Basso

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 67 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2002

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 68 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2003

PGA = 0.199 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P356CPTU356	0	Basso
036021P343CPTU343	0.32	Basso
036021P94CPTU94	0.18	Basso
036021P266CPTU266	0.29	Basso
036021P128CPTU128	0.42	Basso
036021P70CPTU70	0.55	Basso
036021P415CPTU415	1.36	Basso
036021P422SCPT422	0.25	Basso
MEDIA	0.45	Basso

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 69 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

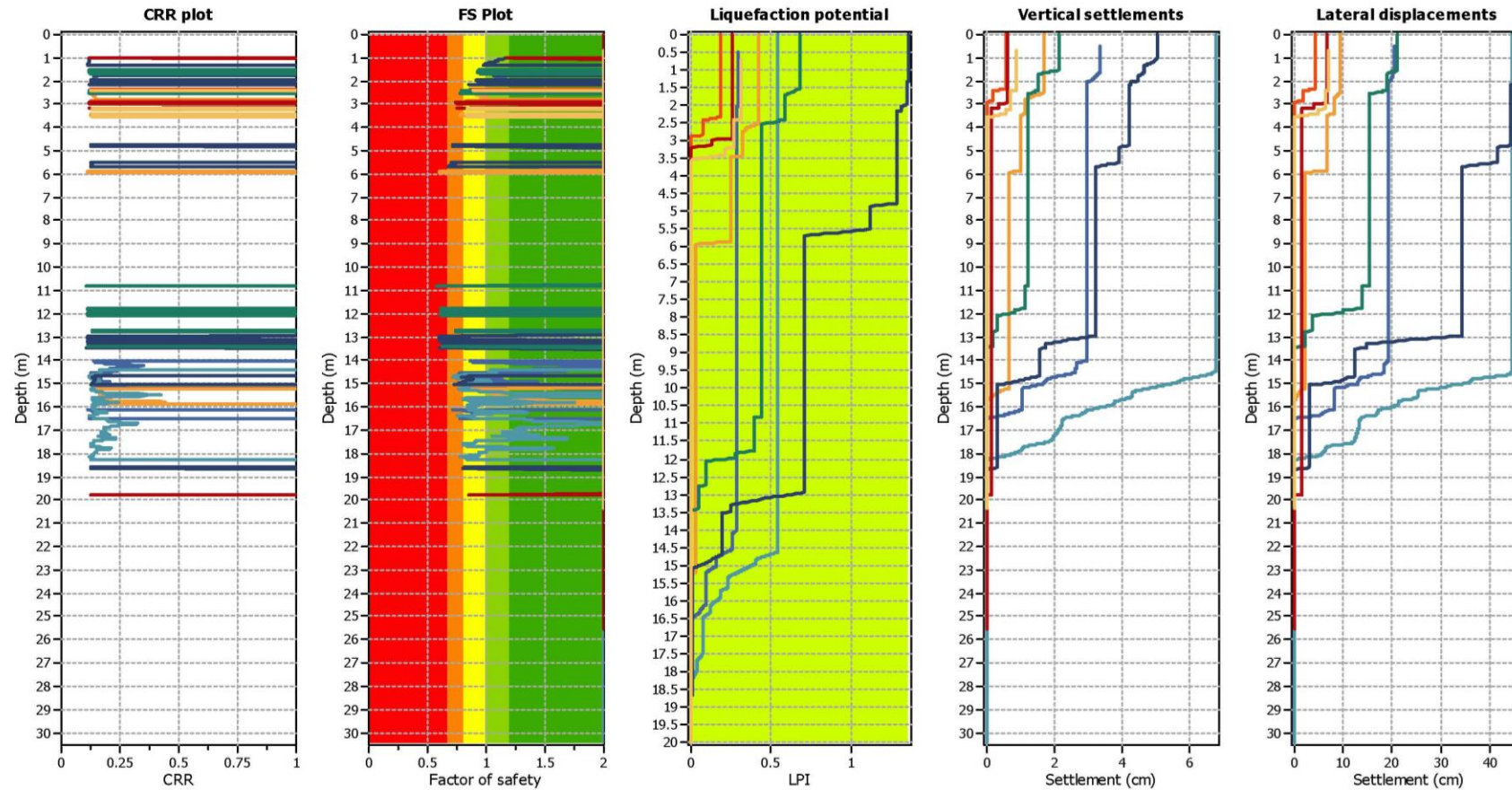
Verticale	LPI	Classe di rischio	Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P271CPT271	0	Basso	036021P102CPT102	0,6	Basso
036021P278CPT278	0	Basso	036021P16CPT16	0	Basso
036021P279CPT279	0	Basso	036021P110CPT110	1,048	Basso
036021P282CPT282	0	Basso	036021P114CPT114	1,246	Basso
036021P283CPT283	0	Basso	036021P123CPT123	0	Basso
036021P286CPT286	0	Basso	036021P124CPT124	0	Basso
036021P303CPT303	0	Basso	036021P134CPT134	1,553	Basso
036021P284CPT284	0.3	Basso	036021P30CPT30	1,07	Basso
036021P291CPT291	0.4	Basso	036021P31CPT31	1,296	Basso
036021P296CPT296	0.63	Basso	036021P35CPT35	0	Basso
036021P300CPT300	0.92	Basso	036021P39CPT39	0	Basso
036021P290CPT290	0.96	Basso	036021P43CPT43	0,943	Basso
036021P302CPT302	1.54	Basso	036021P52CPT52	0,493	Basso
036021P272CPT272	1.77	Basso	036021P58CPT58	0	Basso
036021P295CPT295	2.12	Moderato	036021P64CPT64	1,008	Basso
036021P100CPT100	2.354	Moderato	036021P65CPT65	0	Basso
			036021P87CPT87	0	Basso
			036021P93CPT93	0	Basso
			MEDIA CPT + CPTU	0,60	Basso

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 70 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 2003

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 71 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522004

PGA = 0.227 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P419CPTU419	2.29	Moderato
036021P417CPTU417	2.87	Moderato
036021P423SCPT423	6.35	Alto
MEDIA	3.83	Moderato

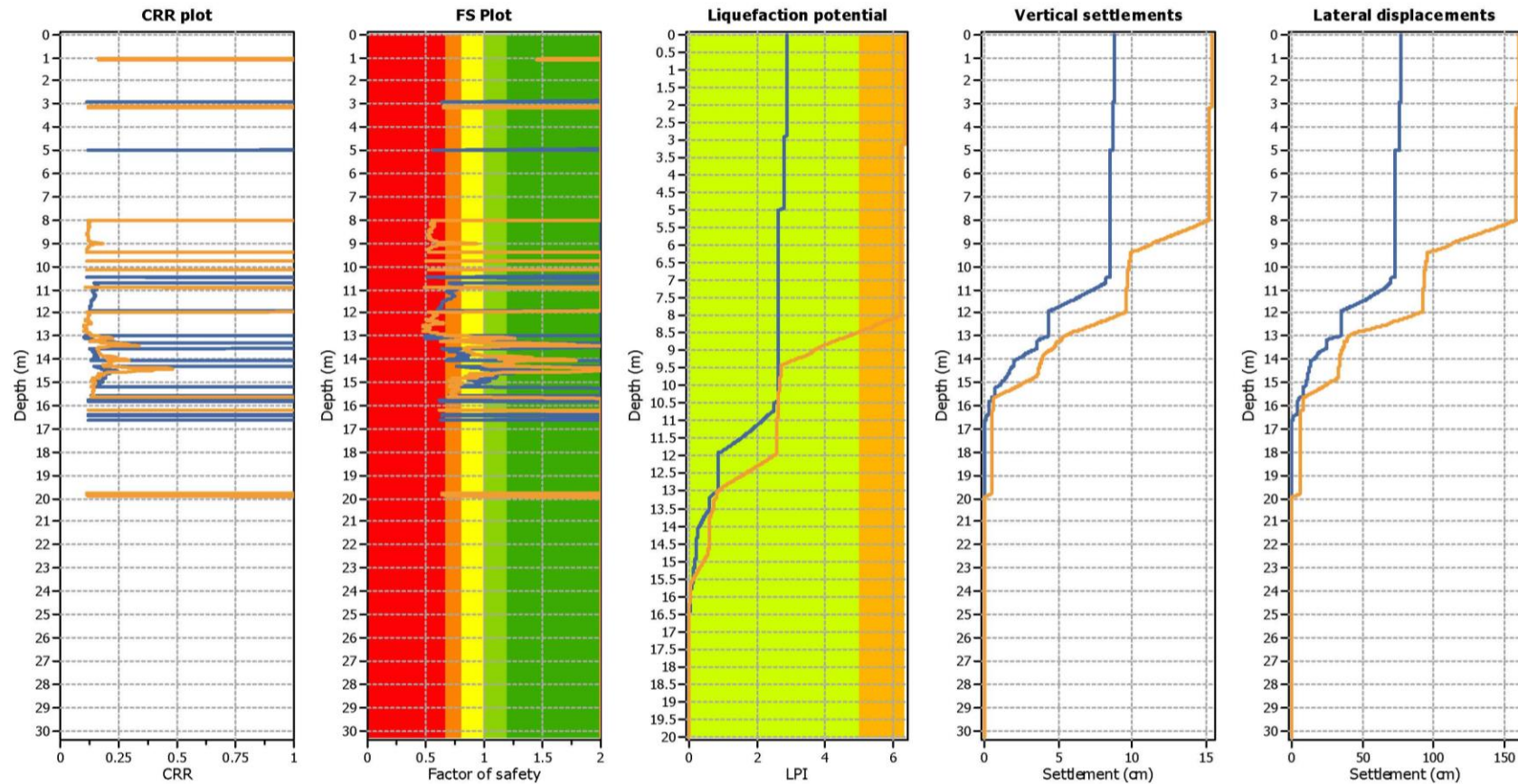
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P200CPT200	2,321	Moderato
036021P219CPT219	3,106	Moderato
036021P220CPT220	3,5	Moderato
036021P221CPT221	4,751	Moderato
MEDIA CPT + CPTU	3.60	Moderato

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 72 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522004

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 73 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522005

PGA = 0.238 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P416CPTU416	11,645	Molto Alto
036021P421SCPT421	9,808	Alto
MEDIA	10.726	Alto

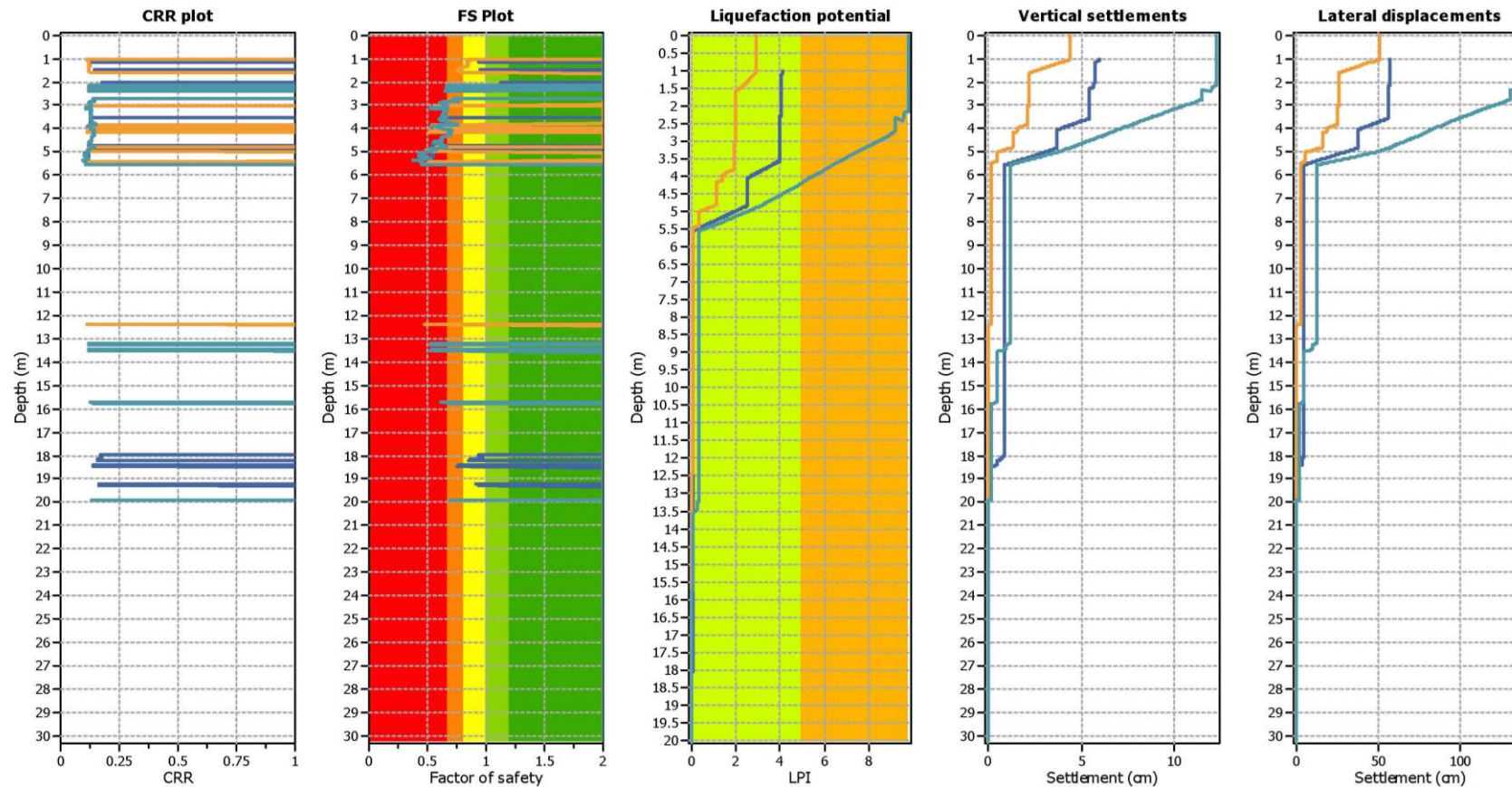
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P301CPT301	5.29	Alto
036021P152CPT152	5.99	Alto
036021P160CPT160	7.72	Alto
036021P162CPT162	5.97	Alto
MEDIA CPT+CPTU	7.74	Alto

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 74 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522005

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 75 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522006

PGA = 0.193 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P268CPTU268	3.63	Moderato
036021P269CPTU269	5.108	Alto
036021P270CPTU270	6.234	Alto
MEDIA	4.99	Moderato

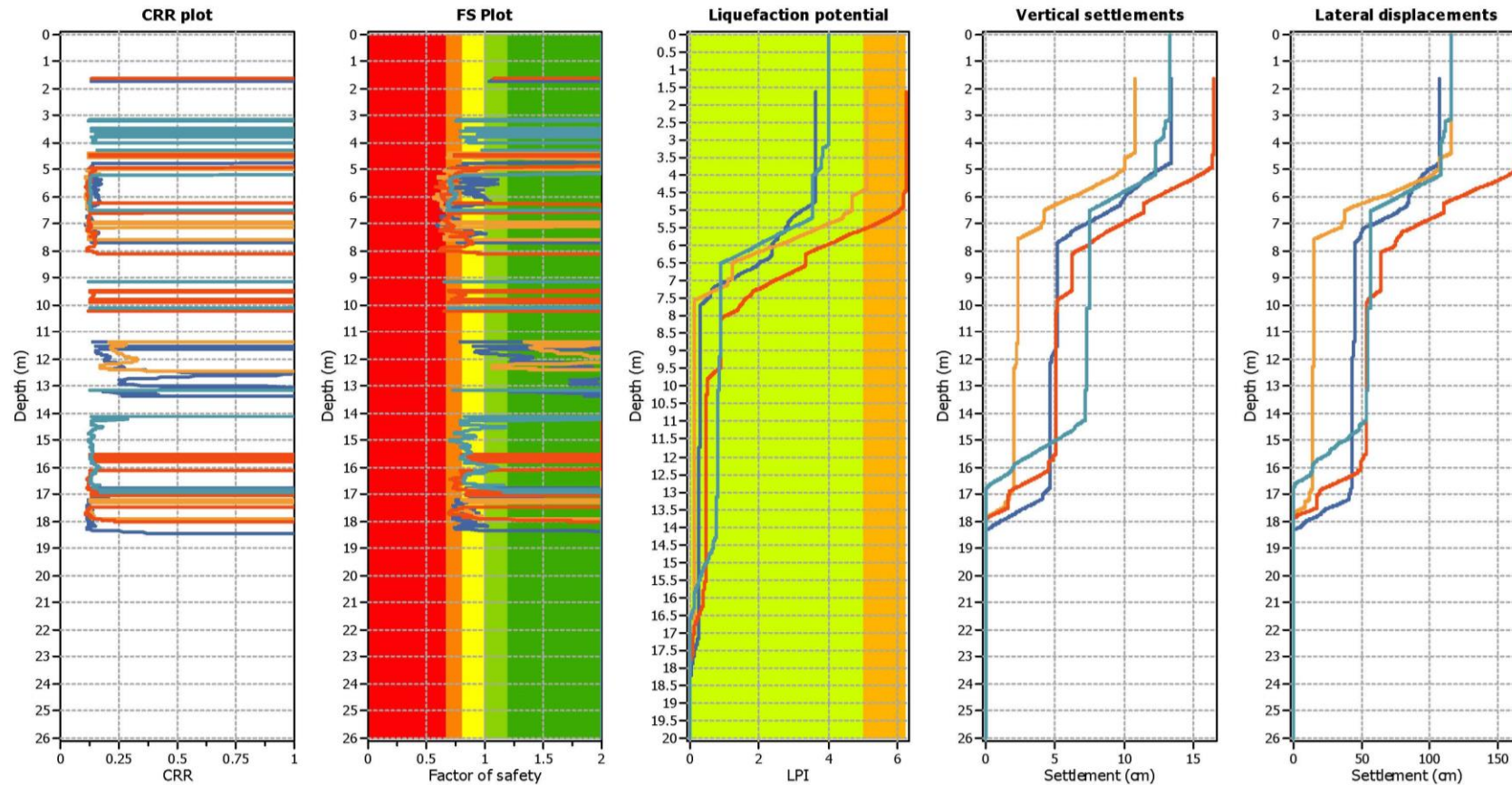
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P293CPT293	12,27	Alto
036021P250CPT250	7,757	Alto
MEDIA CPT+CPTU	7.00	Alto

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 76 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

MICROZONA 30522006

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Esiti analisi liquefazione – I&B 2014

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 77 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

MICROZONA 30522007

PGA = 0.193 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P263CPTU263	4.09	Moderato
036021P414SCPTU414	2.93	Moderato
MEDIA	3.51	Moderato

Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P187CPT187	4.23	Moderato
MEDIA CPT + CPTU	3.75	Alto

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 78 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

MICROZONA 30522008

PGA = 0.193 g		
Verticale	LPI	Classe di rischio
036021P234CPTU234	4.01	Moderato
MEDIA	4.01	Moderato

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 79 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Si illustra successivamente, per via grafica, la sintesi degli esiti relativi alle verifiche a liquefazione:

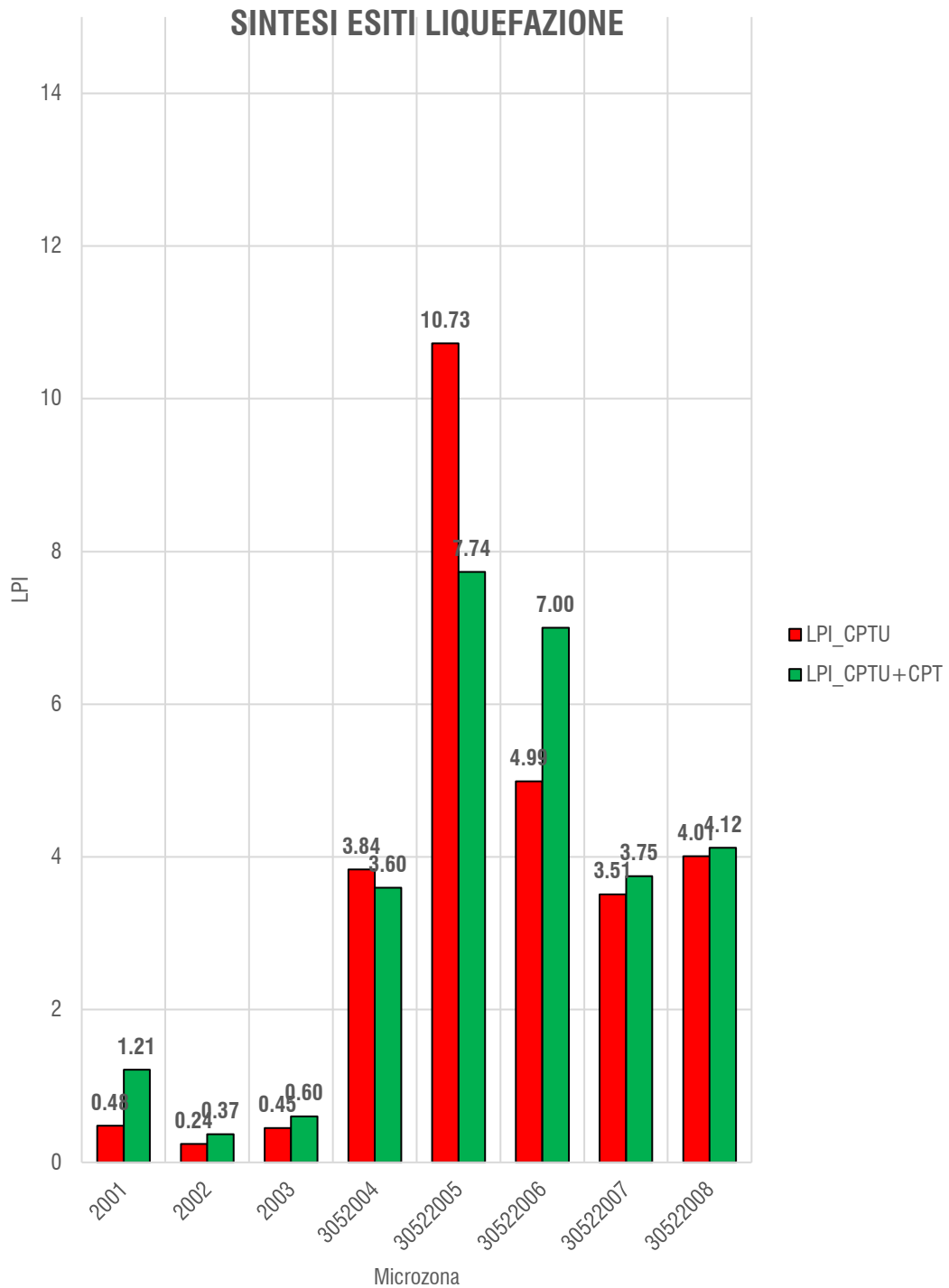


Fig. 6.7 – Sintesi esiti liquefazione per ciascuna microzona considerato i valori di LPI derivati per il calcolo da sole prove CPTU e prove CPTU insieme a prove CPT

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 80 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

7. Elaborati cartografici

La totalità degli elementi derivati dalle analisi e verifiche precedentemente descritte è confluita nel quadro conoscitivo raccolto nella cartografia prodotta a illustrazione dello studio MS. La cartografia è stata realizzata in accordo agli standards di rappresentazione ed archiviazione informatica nazionali (Standard MS 4.2) e dalla normativa regionale in materia. Gli elaborati sono stati realizzati su base CTR raster a scala 1:10.000 aggiornata all'ultimo volo RER del 2018.

Nella successiva tabella vengono riassunti gli elaborati cartografici realizzati:

ELABORATO	DENOMINAZIONE	SCALA
Carta delle indagini	Tavola 1a, 1b, 1c	1:10.000
Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica	Tavola 2	1:10.000
Carta delle frequenze naturali dei terreni	Tavola 3	1:10.000
Carta delle Microzone Omogenee	Tavola 4	1:10.000
Carta delle velocità delle onde taglio	Tavola 5	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) - F_{PGA}	Tavola 6	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FH_{0,1-0,5 s}$	Tavola 7	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FH_{0,5-1,0 s}$	Tavola 8	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FH_{0,5-1,5 s}$	Tavola 9	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FA_{0,1-0,5 s}$	Tavola 10	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FA_{0,4-0,8 s}$	Tavola 11	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FA_{0,7-1,1 s}$	Tavola 12	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $FA_{0,5-1,5 s}$	Tavola 13	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $HSM_{0,1-0,5 s}$	Tavola 14	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $H_{0,4-0,8 s}$	Tavola 15	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $H_{0,7-1,1 s}$	Tavola 16	1:10.000
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – $H_{0,5-1,5 s}$	Tavola 17	1:10.000
Sezione geologica n. 1	Tavola 18	1:10.000
Sezione geologica n. 2	Tavola 19	1:10.000

7.1. Carta delle indagini (Tavola n.1)

La carta delle indagini raccoglie la totalità delle indagini che sono archiviate nel database .mdb predisposto per lo studio MS secondo gli standard forniti. Le indagini sono state classificate per tipologia di indagine. La rappresentazione copre l'intero territorio comunale di Medolla.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 81 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

7.2. Carta Geologico Tecnica (Tavola n.2)

La cartografia in oggetto riporta l'assetto delle unità superficiali: risulta il prodotto derivante dalle informazioni geologiche raccolte in sede delle ricerche bibliografiche eseguite e precedentemente illustrate, congiuntamente all'interpretazione dei dati geognostici a disposizione. La ricostruzione dei vari domini stratigrafici è stata fondata anche sull'analisi delle sezioni geologiche predisposte per lo studio MS (Tavola n. 18 e Tavola n. 19). La cartografia prodotta mostra le unità litologiche prevalenti nei primi 5 metri di profondità: per l'identificazione dell'estensione areale delle varie litologie sono state classificate le indagini geognostiche raccolte in sede di studio. Per ogni verticale di indagine è stata individuata la litologia media che caratterizza i primi 5 metri di profondità; successivamente, in funzione della distribuzione delle litologie medie, è stata eseguita una prima analisi statistica attraverso la mappatura secondo poligoni di Voronoi. Sulla scorta di questa prima semplificazione, è stata dedotta la cartografia geologica di riferimento allo studio MS (Fig. 7.1).

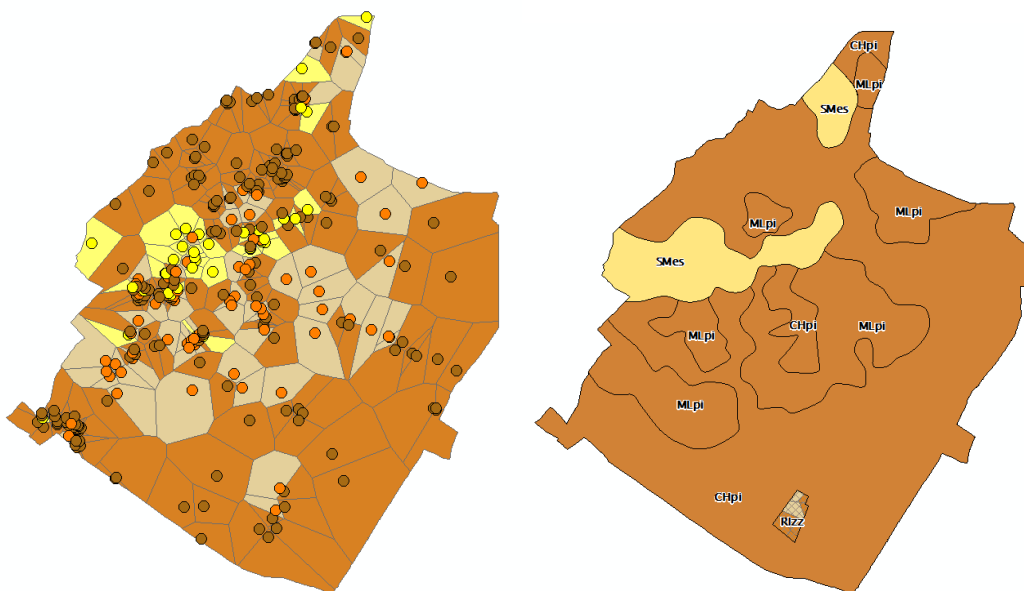


Fig. 7.1 – A sinistra: interpolazione secondo poligoni Voronoi delle varie litologie; A destra: cartografia geologica derivata a seguito dell'interpretazione dei poligoni Voronoi;

In aggiunta all'estensione dei vari depositi superficiali, la cartografia mostra l'andamento presunto dell'asse del paleodosso identificato da analisi dei dati di elevazione e dell'estensione delle unità sabbiose superficiali. La cartografia ha estensione pari all'intero territorio comunale.

7.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tavola n. 3)

La cartografia in oggetto rappresenta la dispersione territoriale della frequenza fondamentale identificata a seguito dell'analisi delle misure HVSR eseguita ad hoc per lo studio MS (Campagna 2021). Nella cartografia vengono geolocalizzate le misure HVSR eseguite e viene indicato con apposita etichetta la frequenza (massima ampiezza picco H/V) derivata per ciascuna analisi.

7.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavola n.4)

La seguente cartografia illustra la distribuzione delle varie microzone identificate a seguito delle analisi e considerazioni precedentemente descritte. La cartografia deriva dall'intersezione di diverse cartografie relative alla dispersione dei principali parametri illustrativi della condizione geologica, geotecnica e sismica del sottosuolo in prospettiva sismica (frequenza fondamentale, velocità onde S nei primi 30 metri, potenziale di liquefazione).

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 82 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Le microzone sono state divise in due principali categorie: aree stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone di attenzione per instabilità. Nel caso presente l'instabilità deriva sostanzialmente dalla potenziale verificabilità di fenomeni di liquefazione entro i primi 20 metri di profondità rispetto al piano campagna. Si elencano, con relativa descrizione, le principali microzone:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- **Microzona 2001**
Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri con rari intervalli di lenti costituite da limi sabbiosi. Frequenza HVSR pari o superiore a 1.1 Hz - Bedrock sismico a profondità di circa 100 metri (+/- 10 metri);
- **Microzona 2002**
Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri. Nell'intervallo di profondità tra 20 e 30 metri si riscontra raramente la presenza di corpi sabbiosi lenticolari. Frequenza HVSR compresa tra 0.90 Hz e 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità pari a circa 120 metri (+/- 10 metri);
- **Microzona 2003**
Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 20 metri interrotte da corpi lenticolari di limi sabbiosi e limi argillosi. Frequenza HVSR compresa tra 0.70 Hz e 0.90 Hz. Bedrock sismico a profondità superiori i 140 metri;

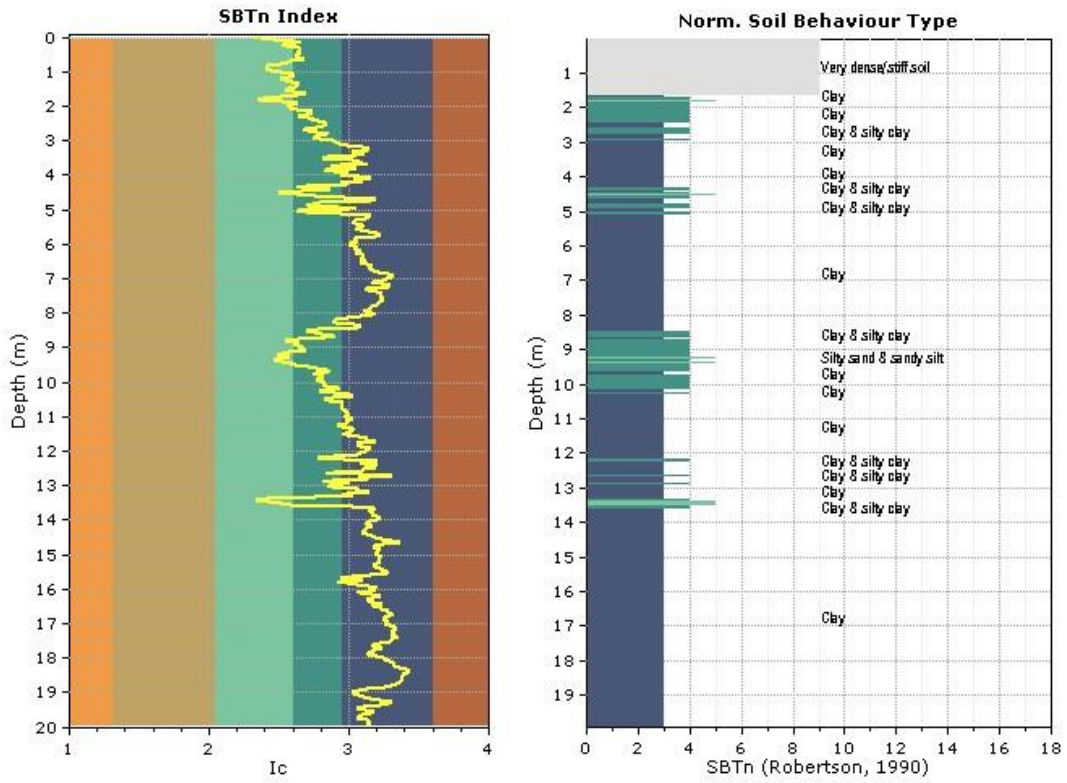
ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

- **Microzona 30502004**
Argille o argille limose mediamente consistenti di spessore superiore a 10 metri. Segue un livello sabbioso, ad addensamento e granulometria crescente con la profondità fino a 15 metri. Fino alla profondità di 25 metri sono presenti nuovamente terreni coesivi seguiti da terreni limosi e sabbiosi addensati. Frequenza HVSR pari o superiore a 1.1 Hz. Bedrock sismico a profondità di circa 100 metri (+/- 10 metri);
- **Microzona 30502005**
Sabbie e limi intercalati ad addensamento sciolto/medio fino alla profondità di 7/8 metri. Seguono terreni argillosi da medi a consistenti fino alla profondità di circa 23/24 metri seguiti da gruppo di terreni sabbiosi addensati. Frequenza HVSR compresa tra 0.90 Hz e 1.1 Hz - Bedrock sismico a profondità pari a circa 120 metri (+/- 10 metri);
- **Microzona 30502006**
Sabbie e limi intercalati ad addensamento sciolto/medio fino alla profondità di 10 metri. Seguono terreni argillosi da medi a consistenti fino alla profondità di circa 23/24 metri seguiti da gruppo di terreni sabbiosi addensati. Frequenza HVSR compresa tra 0.70 Hz e 0.90 Hz - Bedrock sismico a profondità superiori i 140 metri;

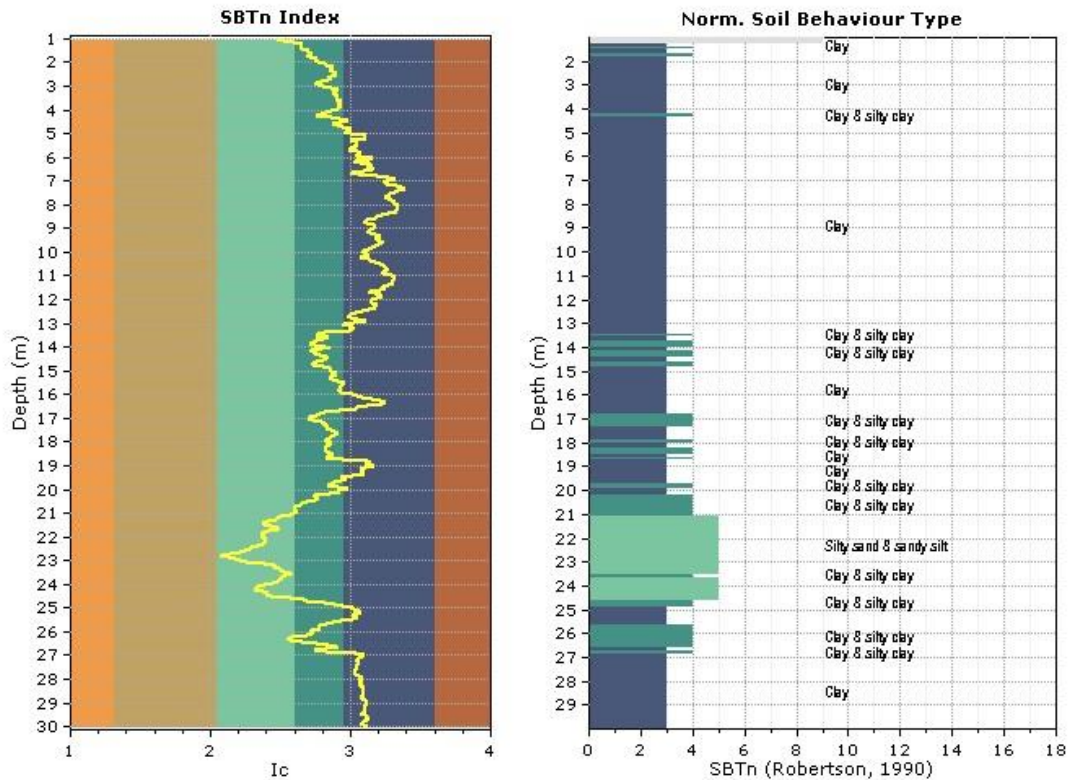
Con l'introduzione dello standard di rappresentazione versione 4.2 è stata inserita la necessità di indicare la Stratigrafia "tipo" della singola microzona omogenea (SMS): per le varie microzone è stata identificata una stratigrafia media sulla base dei parametri derivati dalle prove CPTU e SCPTU a corredo dello studio MS. Si illustrano successivamente le stratigrafie medie (SMS) di riferimento per ciascuna microzona. Trattandosi di una stratigrafia media, non si è ritenuto ragionevole indicarne un punto nella georeferenziazione generale delle indagini. Le SMS risultano quindi relative a l'intero poligono della microzona.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 83 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MICROZONA 2001

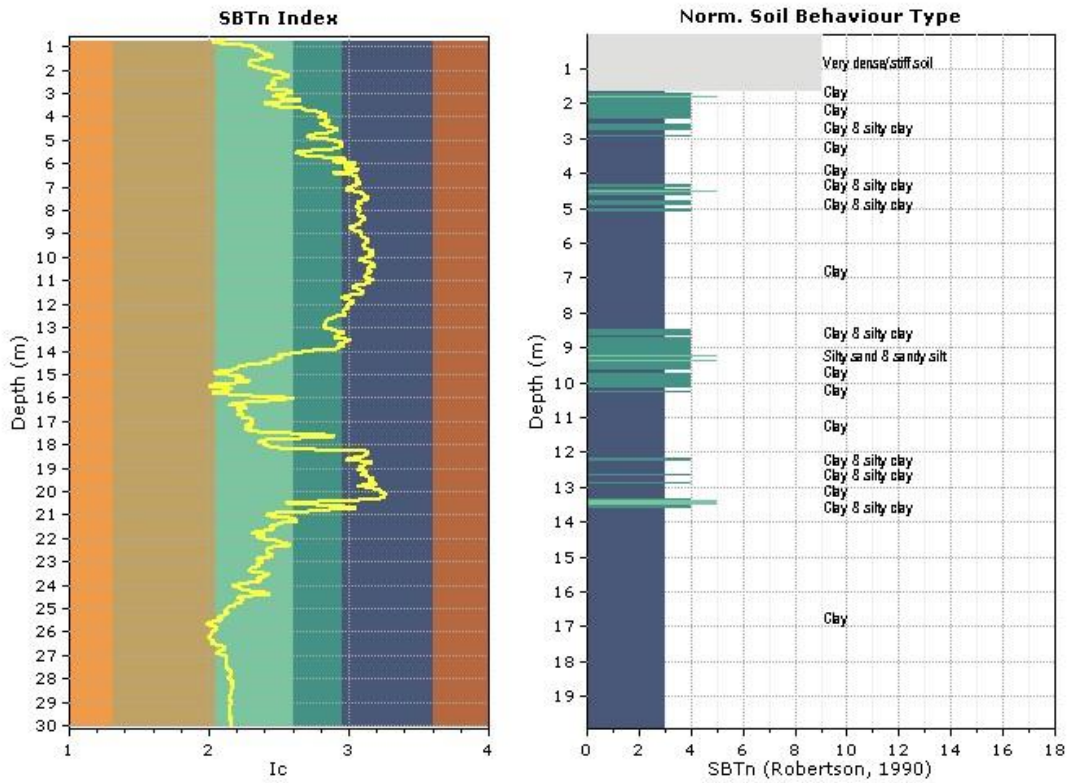


SMS MICROZONA 2002

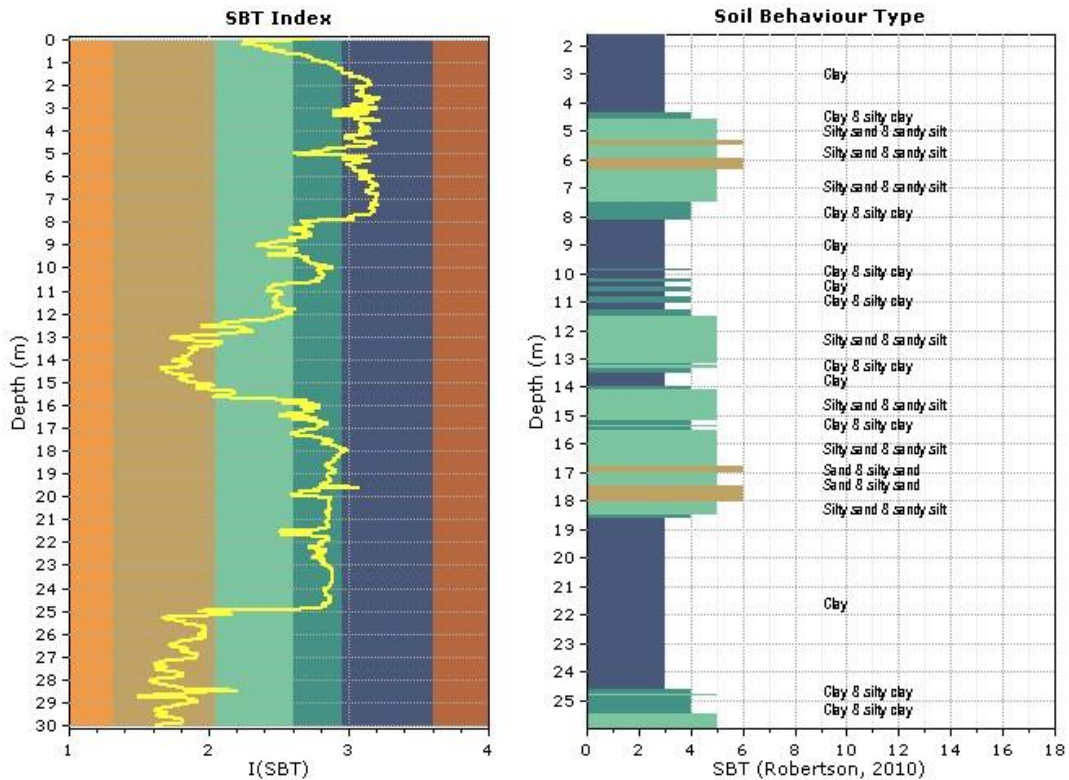


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 84 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MICROZONA 2003

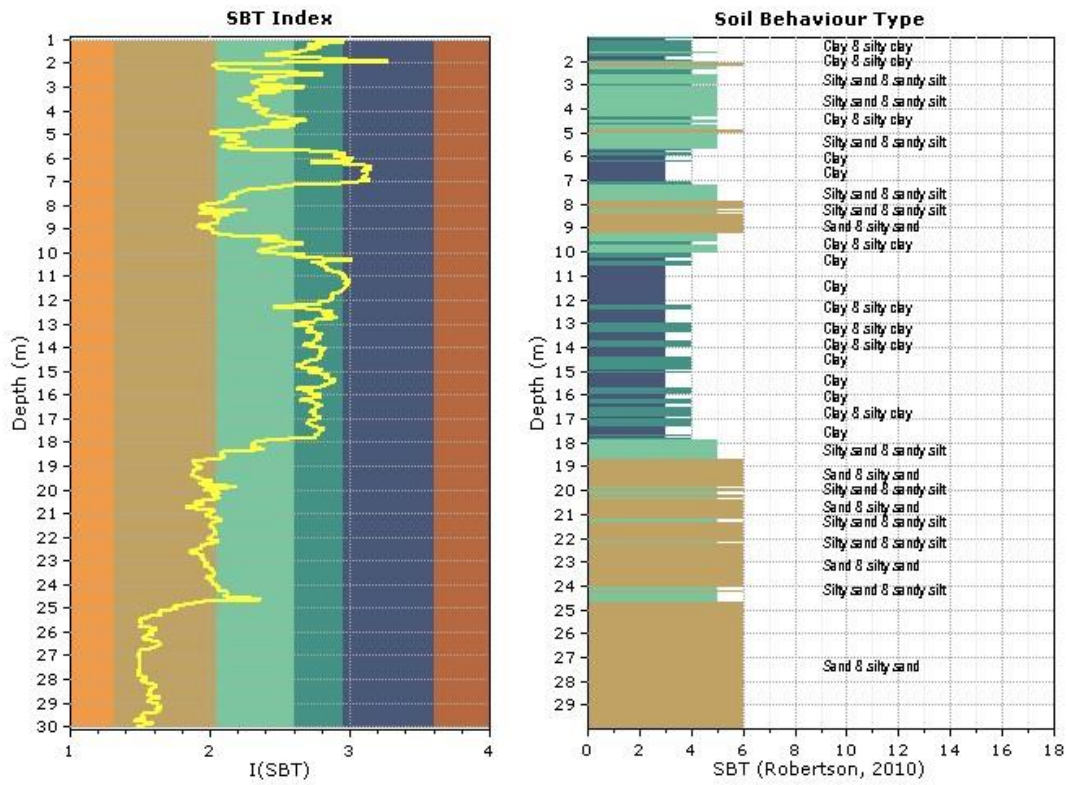


SMS MICROZONA 30502004

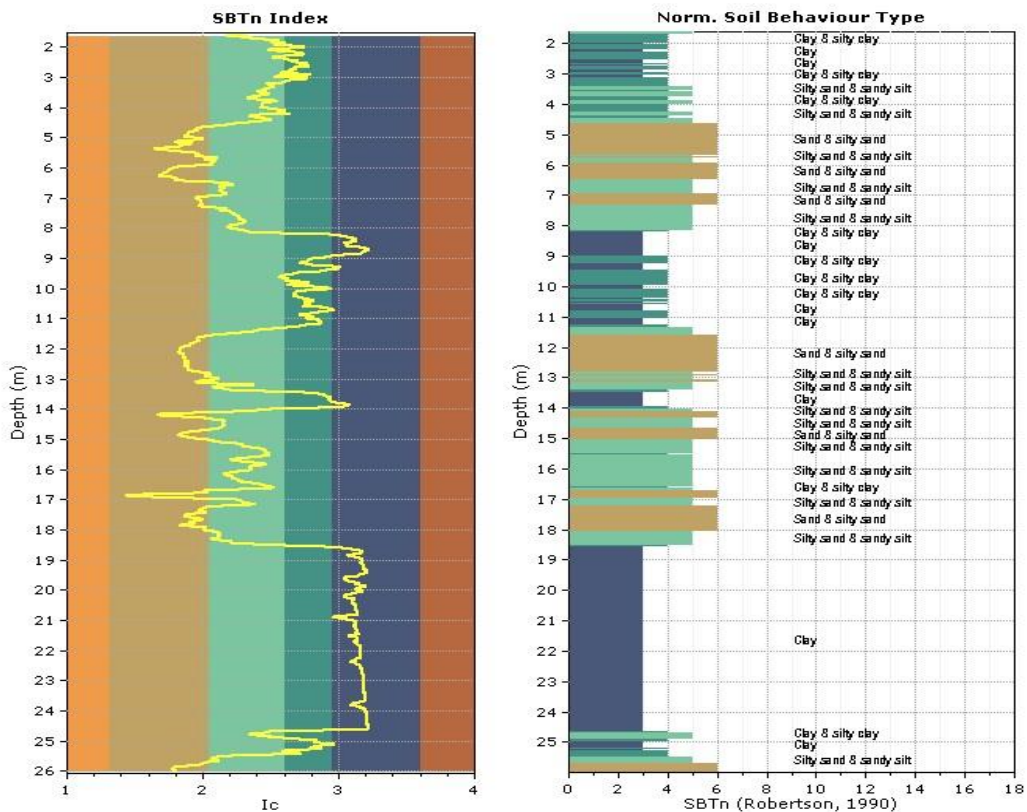


Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 85 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MICROZONA 30502005



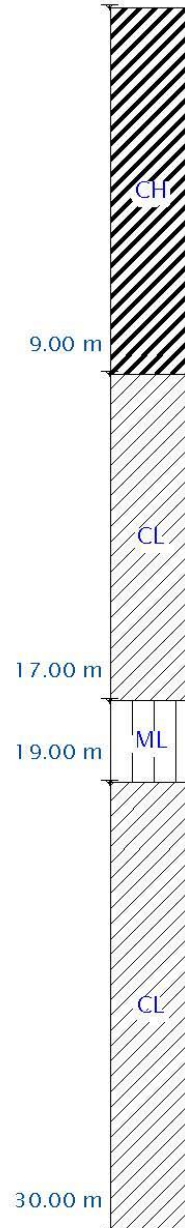
SMS MICROZONA 30502006









Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 86 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 2001

MOPS 2001



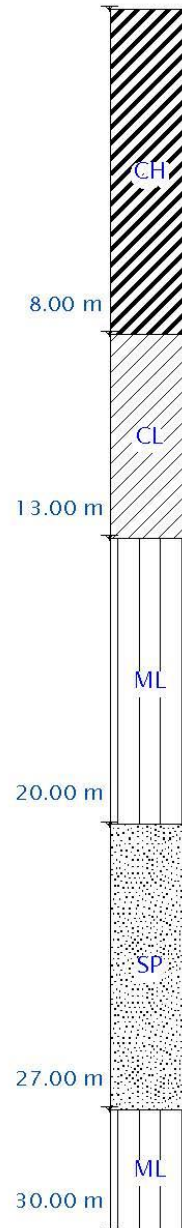
Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita







Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 87 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 2002

MOPS 2002



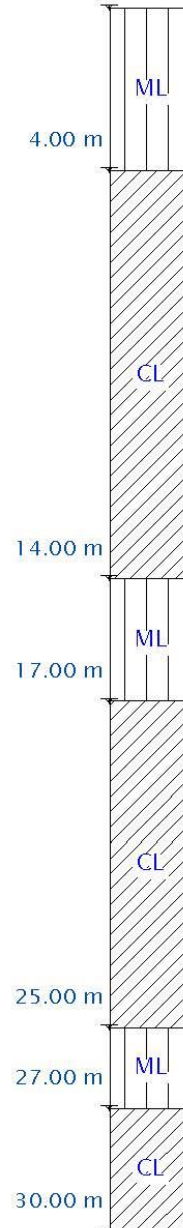
Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita







Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 88 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 2003

MOPS 2003



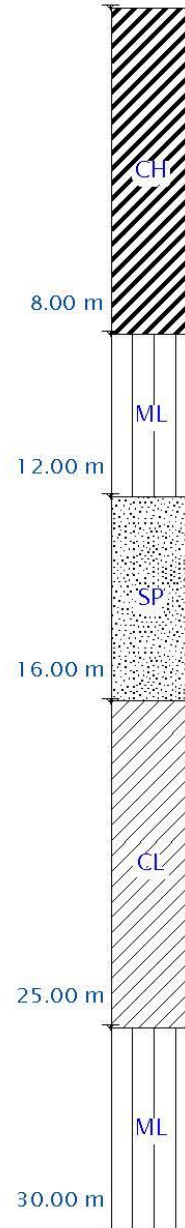
Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita







Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 89 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 30522004

MOPS 30522004



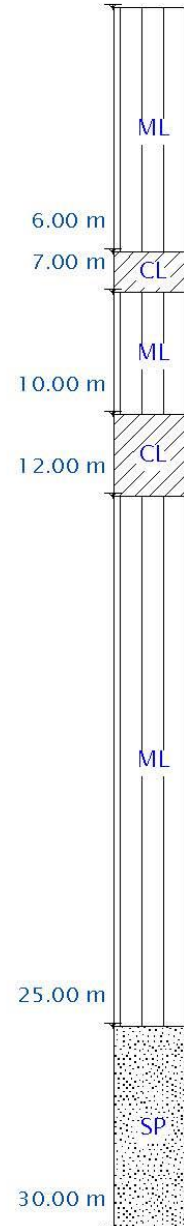
Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita







Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 90 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 30522005

MOPS 30522005



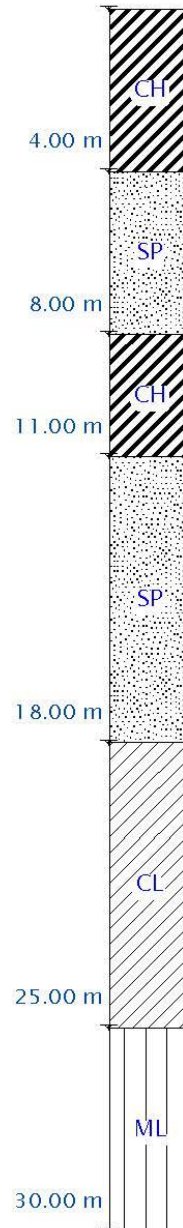
Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita







Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 91 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

SMS MOPS 30522006

MOPS 30522006



Legenda

-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
-  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
-  Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
-  Argille organiche di medio-alta plasticità, limi organici
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  Sabbie pulite con granulometria poco assortita

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 92 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

7.5. Carta delle velocità delle onde di taglio S (Tavola n.5)

La cartografia a scala 1:10.000 mostra l'andamento del valore di velocità di onde di taglio S in corrispondenza dei punti di indagine, relativi a campagne di indagine di repertorio e indagini eseguite ad hoc per il presente studio MS.

Le indagini illustranti l'andamento delle velocità di onde di taglio S si distinguono in indagini dirette e indagini indirette. Le indagini analizzate e rappresentate nella seguente cartografia sono le seguenti:

INDAGINI DIRETTE		INDAGINI INDIRETTE	
INDAGINE	NUMERO	INDAGINE	NUMERO
Indagine sismica in foro di tipo CROSS-HOLE (CH)	1	Indagine sismica secondo analisi di dispersione di onde superficiali (MASW)	76
Indagine sismica in foro con cono sismico (SCPT)	9		

La totalità delle indagini sismiche considerate porta a classificare il sottosuolo secondo la categoria di sottosuolo C in riferimento alla normativa tecnica nazionale NTC 2018.

7.6. Carte di microzonazione sismica (Tavole da n. 6 a n. 11)

Le cartografie relative allo studio MS di III livello sono realizzate in accordo con quanto previsto dagli Standard MS 4.2 e dalle DGR n.630/2019, DGR 476/2021 e 566/2021.

Le tavole sono rappresentate a scala 1:10.000: la rappresentazione dei valori descrittivi dell'amplificazione locale e della instabilità sismica è stata circoscritta al poligono indicato nelle carte. Tale poligono riguarda le aree maggiormente urbanizzate in corrispondenza delle quali risiede la maggior parte delle indagini considerate per la realizzazione dello studio MS. Nei seguenti settori è atteso, inoltre, lo sviluppo futuro dei piani e programmi di sviluppo urbanistico del Comune di Medolla.

Gli indici descrittivi dei fenomeni di amplificazione sismica rappresentati nelle cartografie sono i seguenti: F_{PGA} , $F_{H_{0.1s-0.5s}}$ (SI1), $F_{H_{0.5s-1s}}$ (SI2), $F_{H_{0.5s-1.5s}}$ (SI3), $F_{A_{0.1s-0.5s}}$ (SA1), $F_{A_{0.4s-0.8s}}$ (SA2), $F_{A_{0.7s-1.1s}}$ (SA3), $F_{A_{0.5s-1.5s}}$ (SA4), $H_{MS_{0.1s-0.5s}}$, $H_{0.4s-0.8s}$, $H_{0.7s-1.1s}$, $H_{0.5s-1.5s}$. Per quanto riguarda il calcolo dei valori H_{MS} è stato adottato un valore di $AS_{I_{PU}}/\Delta T$ medio pari 329.45 cm/s per l'intero territorio comunale. Per quanto riguarda il coefficiente di amplificazione topografica è stato considerato pari a 1.0. Le cartografie relative ai parametri HSM e H sono rappresentate alla luce delle ultime linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazione (Ver.2.0 – Roma 2022).

La cartografia raccoglie anche gli esiti delle verifiche del fenomeno di liquefazione precedentemente descritte. Le zone instabili (contraddistinte da opportuno retino come da standard MS 4.2) sono state classificate in funzione del parametro LPI medio derivabile per ciascuna microzona instabile. Le classi di rischio, in accordo con gli standard MS 4.2, fanno riferimento alla classificazione di Somnez (2003) e si dividono in rischio moderato ($2 < LPI \leq 5$) e rischio elevato ($5 < LPI \leq 15$). Nell'analisi della suscettività al fenomeno di liquefazione non sono stati osservati LPI medi superiori alla soglia di 10 mentre le microzone con LPI compreso tra 0 e 2 sono state classificate come stabili. La cartografia relativa all'instabilità per liquefazione è stata integrata rappresentando i valori di LPI puntuale relativamente alla totalità di verticali CPTU e SCPTU impiegate per l'analisi del rischio.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 93 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

7.7. Sezioni geologiche (Tavole da n. 18 a n. 19)

Alle tavole n.18 e n.19 vengono fornite le sezioni geologiche derivanti dall'interpretazione dei dati penetrometrici in corrispondenza dei principali assi di sviluppo urbano del Comune di Medolla. Le sezioni recano l'andamento del parametro stratigrafico I_c (Robertson) e il valore di resistenza alla punta Q_c (MPa). Le sezioni raggiungono la quota minima di 20 metri rispetto al piano campagna relativo per ciascuna prova, fino a raggiungere per alcune verticali la quota di 30 metri sempre rispetto al piano campagna.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 94 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

8. Confronto esiti studio MS con la distribuzione degli effetti osservati in occasione del sisma 2012

L'analisi storia in riferimento agli eventi sismici che hanno interessato il comune di Medolla indica che l'evento che ha provocato i maggiori effetti e danneggiamenti del territorio è rappresentato dalla scossa del 29/05/2012 ($M_w=5.9$), avente area epicentrale in prossimità della città di Medolla. La mappa di scuotimento interpretata da INGV con riferimento alla scossa in oggetto mostra valori di PGA compresi nell'intervallo di 0.28 g e 0.32 g. Come precedentemente illustrato, la pericolosità sismica per il territorio comunale di Medolla in riferimento alla PGA attesa per un tempo di ritorno di 475 anni risulta compresa tra valori di 0.125 g e 0.175 g, derivando un valore medio di 0.15 g. Considerando tale valore riferito al suolo rigido e in riferimento alle mappe di accelerazione prodotte da INGV si deriverebbero fattori di amplificazione stratigrafica, ammettendo nulli quelli di natura topografica, compresi tra 1.86 (0.28 g) e 2.13 (0.32 g). Considerando lo studio di pericolosità sismica regionale derivato da Martelli et al. (2017), la PGA attesa al suolo rigido sarebbe pari a circa 0.20 g sempre in riferimento a un tempo di ritorno pari a 475 anni. Sulla scorta di tale assunzione i fattori di amplificazione stratigrafica risulterebbero compresi tra 1.4 (0.28 g) e 1.6 (0.32 g).

In riferimento a quanto precedentemente esposto, in particolare ai fattori di amplificazione derivati considerando una PGA al suolo rigido pari a 0.20 g, lo studio di III livello eseguito per il territorio comunale di Medolla attraverso diverse simulazioni di risposta sismica locale, sembrerebbe confermare pienamente la risposta sismica in termini di amplificazione del sottosuolo. Come illustrato nella cartografia dedicata allo studio di III livello si derivano valori di amplificazione massima pari a 1.5/1.6 per il settore Nord del territorio, disposti in prossimità dell'alto strutturale individuato e ben conosciuto. Allontanandosi da tale settore i fattori di amplificazione stratigrafica si riducono fino a raggiungere FA pari a 1.4/1.3 in corrispondenza dei settori distali rispetto l'asse dell'anticlinale. Tale concordanza dei dati ottenuti dai modelli numerici rispetto ai dati osservati permette di attribuire un discreto grado di confidenza delle analisi eseguite nei confronti dello studio dei fenomeni di amplificazione del moto sismico.

L'analisi della suscettività del primo sottosuolo (0/20 metri) nei confronti dei fenomeni di liquefazione dei terreni incoerenti ha identificato diversi settori potenzialmente instabili, caratterizzati da livelli di rischio potenziale differente (moderato e alto classificazione Somnez 2003). In concomitanza dell'evento sismico del 29/05/2012 sono state osservate diverse manifestazioni in superficie. Tali punti censiti sono individuabili all'interno della cartografia MOPS realizzata in sede del presente studio. La disposizione dei punti individuata permette di derivare una classificazione degli stessi in due macrocategorie: eventi di liquefazione osservati in corrispondenza dell'abitato di Medolla e nelle aree poste a Nord, eventi di liquefazione osservati in corrispondenza del settore centrale del territorio comunale (loc. Fondo Gallo e loc. C. Papazzoni). In considerazione ai fenomeni ubicati nel settore Nord e facendo riferimento alla cartografia prodotta è possibile definire una buona coerenza degli esiti in quanto la maggior parte degli effetti osservati è collocata in corrispondenza di aree per le quali è stata definita instabilità. I punti per i quali sono state osservate manifestazioni di liquefazione in corrispondenza delle località Fondo Gallo e loc. C. Papazzoni non sembrano trovare conferma all'interno delle analisi eseguite: si sottolinea che in alcuni casi i punti di liquefazione censiti nel registro degli eventi osservati si riferiscono a effetti accessori o "appendice" rispetto alla primaria instabilità geotecnica per liquefazione (reale perdita di resistenza di orizzonti di suolo granulare), come per esempio risalita di sabbie all'interno di pozzi o "vulcanelli di sabbia". Tali fenomenologie, seppur ascrivibili all'interno degli effetti associabili alla liquefazione, possono non trovare riscontro all'interno delle analisi convenzionali per l'individuazione del potenziale di liquefazione.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 95 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

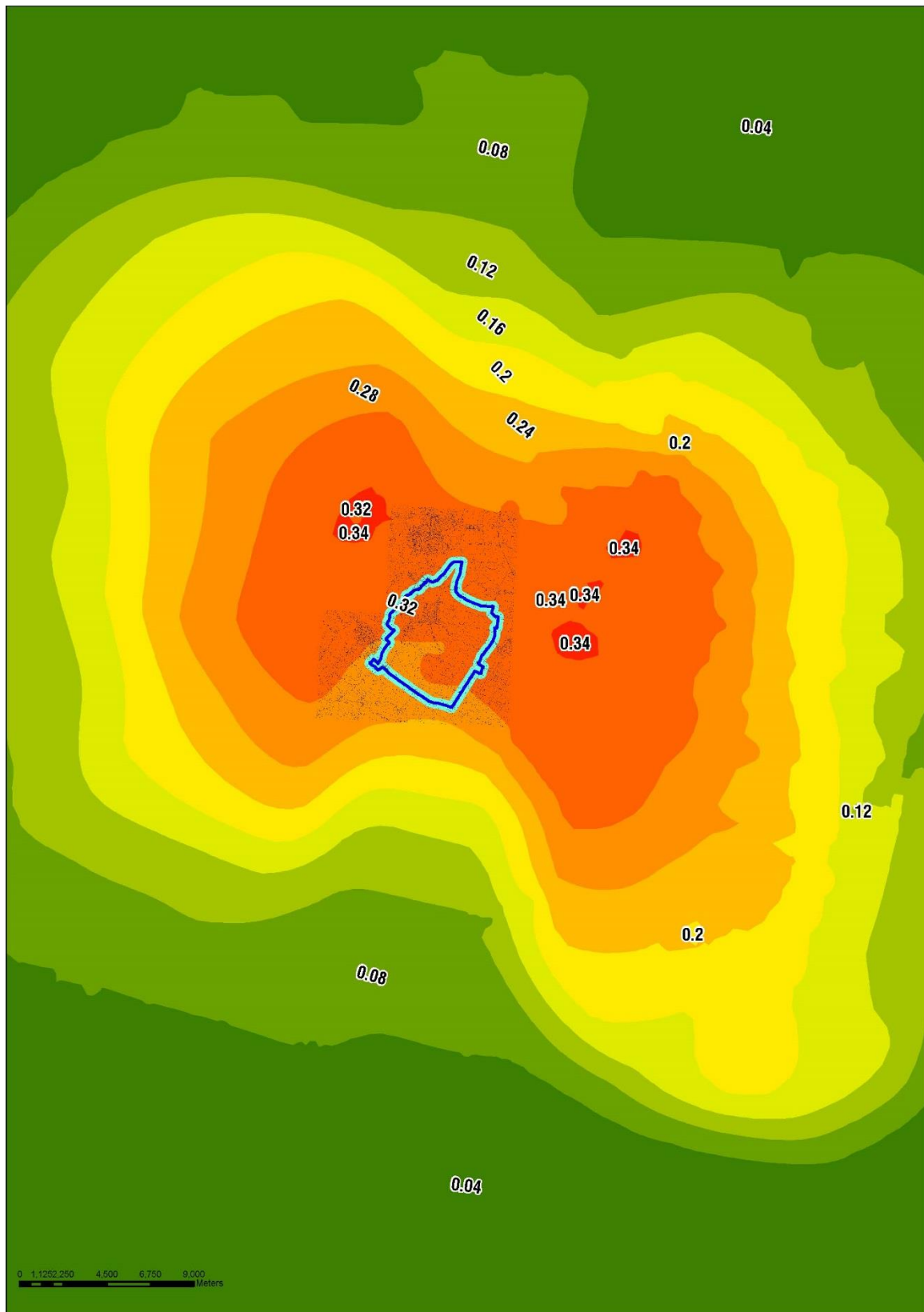


Fig. 8.1 – Mappa di PGA prodotta da INGV in riferimento all'evento sismico del 29 maggio 2012 con indicazione del territorio comunale di Medolla

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 96 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

9. Sintesi dei risultati della microzonazione sismica

Il presente studio MS raccoglie la totalità di analisi e verifiche eseguite per il raggiungimento del III livello di approfondimento in riferimento allo studio dei fenomeni di amplificazione locale in prospettiva sismica congiuntamente all'analisi comunale della potenziale suscettibilità dei terreni nei confronti dei fenomeni di liquefazione.

Lo studio dell'amplificazione locale è stato condotto attraverso specifiche analisi RSL monodimensionali basate su modelli stratigrafici e meccanici ricostruiti a seguito dell'interpretazione dei dati relativi alle indagini che compongono il database costituito per lo studio MS.

Le verifiche del fenomeno di liquefazione sono eseguite secondo la metodologia proposta dagli autori Idriss & Boulanger (2014) in accordo con la normativa regionale vigente in materia di microzonazione sismica.

Trattandosi di studi eseguiti a scala comunale resta ferma la necessità di eseguire specifici studi dettagliati per ogni intervento previsto, sia in sede progettuale sia in quella preliminare, al fine di validare e approfondire i contenuti del presente studio MS. In particolare, poiché lo studio del rischio di liquefazione si basa su un numero limitato di verticali di prova CPTU/SCPTU, si prescrive la realizzazione di suddette prove all'atto di caratterizzazione geologica/geotecnica a supporto di fasi di progettazione e di analisi programmata urbanistica, in accordo con i contenuti della normativa regionale in materia.

Nelle zone classificate instabili, in aggiunta all'esecuzione di prove CPTU/SCPTU, occorre prevedere analisi di risposta sismica locale mentre, in riferimento a quelle classificate stabili, resta la possibilità di approssimare lo studio dell'amplificazione locale secondo metodi semplificate purché le condizioni meccaniche e geologiche del sottosuolo lo permettano.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 97 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

10. Bibliografia

Acerra, C., Havenith, H. B., & Zacharopoulos, S. (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation (No. European Commission–EVG1-CT-2000-00026 SESAME). European Commission.

Boccaletti, M., Bonini, M., Corti, G., Gasperini, P., Martelli, L. P. L., Severi, P., ... & Sarti, G. (2004). Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1/250000, Note Illustrative.

Boulanger, R. W., & Idriss, I. M. (2014). CPT and SPT based liquefaction triggering procedures. Report No. UCD/CGM.-14, 1.

Basili, R., Burrato, P., Fracassi, U., Kastelic, V., Maesano, F., Tarabusi, G., ... & DISS Working Group. (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2. 1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas.

Castiglioni, G. B., Ajassa, R., Baroni, C., Biancotti, A., Bondesan, A., Bondesan, M., ... & Zorzini, R. (1997). Carta Geomorfologica della Pianura Padana a scala 1: 250.000.

Martelli, L., Bonini, M., Calabrese, L., Corti, G., Ercolessi, G., Molinari, F. C., ... & Severi, P. (2017). Note illustrative della carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe. Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe; Regione Emilia-Romagna, Ed, 94.

Martelli, L., Calabrese, L., Ercolessi, G., Severi, P., Romani, M., Tarabusi, G., ... & Ricci, L. (2013). Microzonazione sismica dell'area epicentrale del terremoto della pianura emiliana del 2012 (Ord. 70/2012). Atti del 32o Convegno nazionale GNGTS. Tema, 2, 428-433.

Emilia-Romagna, R. ENI-AGIP (1998) Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. S. EL. CA, Firenze, 120.

Robertson, P. K. (2009). Performance based earthquake design using the CPT. Proc. IS-Tokyo, 3-20.

Sonmez, H. (2003). Modification of the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol, Turkey). Environmental Geology, 44(7), 862-871.

Tarabusi, G., & Caputo, R. (2017). The use of HVSR measurements for investigating buried tectonic structures: the Mirandola anticline, Northern Italy, as a case study. International journal of earth sciences, 106(1), 341-353.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
COMUNE DI MEDOLLA	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDOLLA	Relazione tecnica	Pag. 98 a 98
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

11. Allegati

- Carta delle indagini – Scala 1:5.000 – Tavola n. 1a, Tavola n. 1b, Tavola n. 1c
- Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica – Scala 1:10.000 – Tavola n. 2
- Carta delle frequenze naturali del terreno – Scala 1:10.000 – Tavola n. 3
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Scala 1:10.000 – Tavola n. 4
- Carta delle velocità delle onde di taglio – Scala 1:10.000 – Tavola n. 5
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 F_{PGA} – Scala 1:7.000 – Tavola n. 6
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FH_{0.1s-0.5s}$ (SI1) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 7
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FH_{0.5s-1s}$ (SI2) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 8
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FH_{0.5s-1.5s}$ (SI3) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 9
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FA_{0.1s-0.5s}$ (SA1) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 10
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FA_{0.4s-0.8s}$ (SA2) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 11
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FA_{0.7s-1.1s}$ (SA3) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 12
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $FA_{0.5s-1.5s}$ (SA4) – Scala 1:7.000 – Tavola n. 13
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $H_{MS 0.1s-0.5s}$ – Scala 1:7.000 – Tavola n. 14
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $H_{0.4s-0.8s}$ – Scala 1:7.000 – Tavola n. 15
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $H_{0.7s-1.1s}$ – Scala 1:7.000 – Tavola n. 16
- Carta di Microzonazione Sismica Livello 3 $H_{0.5s-1.5s}$ – Scala 1:7.000 – Tavola n. 17
- Sezione geologica n. 1 – Scala 1:10.000 – Tavola n. 18
- Sezione geologica n. 2 – Scala 1:10.000 – Tavola n. 19

- Allegato 1 – Rapporti di Prova
- Allegato 2 – Analisi della suscettività del sito nei confronti della liquefazione