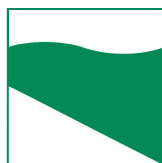




PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



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 Medicina



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	GEO GROUP SRL	
dott. geol. Luca Martelli	collaboratori studio MS e CLE: dott. Geol. Gabriele Ghirardini dott. Geol. Linda Veratti	Data 2024

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 1 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	2
1.1.	Criteri di realizzazione dello studio e riferimenti normativi.....	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE CARTOGRAFICO.....	3
3.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI SISMICI DI RIFERIMENTO.....	4
3.1.	Sismicità del territorio comunale.....	7
3.2.	Sorgenti sismogenetiche.....	9
4.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	10
4.1.	Assetto strutturale.....	10
4.2.	Elementi geologici.....	11
4.3.	Contesto geomorfologico.....	13
5.	DATI GEOGNOSTICI E GEOFISICI.....	15
5.1.	Indagini pregresse.....	15
5.2.	Indagini eseguite per la microzonazione sismica.....	15
6.	APPROFONDIMENTO DI III LIVELLO – ZONE INSTABILI.....	18
6.1.	Analisi di Risposta Sismica Locale – Cenni Teorici.....	18
6.2.	Verifica quantitativa Indice Potenziale Liquefazione (IPL).....	20
6.3.	Analisi III livello Microzone.....	22
6.4.	Verifica della liquefazione.....	28
6.5.	Commento ai risultati ottenuti.....	28
7.	APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO.....	29
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	30
8.1.	Carta delle indagini (Tavola n.1).....	31
8.2.	Carta Geologico Tecnica (Tavola n.2).....	31
8.3.	Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tavola n. 3).....	32
8.4.	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Tavola n.4).....	32
8.5.	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavola n.5).....	33
8.6.	Carte di microzonazione sismica (Tavole da n. 6 a n. 17).....	36
9.	Sintesi dei risultati della microzonazione sismica.....	38
10.	Bibliografia.....	39
11.	Allegati.....	42

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 2 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

1. PREMESSA

Su incarico del Nuovo Circondario Imolese (successivamente abbreviato in “NCI”) è stato realizzato il presente studio di microzonazione sismica di III livello in riferimento al territorio comunale di Medicina. Lo studio ha previsto l’aggiornamento e l’integrazione del precedente studio di microzonazione sismica di II livello redatto dal dott. Geol. Giorgio Gasparini nel mese di ottobre 2017.

1.1. Criteri di realizzazione dello studio e riferimenti normativi

Lo studio di Microzonazione sismica (successivamente abbreviato in “Studio MS”) del Comune di Medicina 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 al seguente quadro normativo:

- O.C.D.P.C. 293/2015 E D.C.D.P.C. DEL 14 DICEMBRE 2015;
- D.G.R. n° 1227/2015: “Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 171/2014. Attribuzione contributi a favore degli enti locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l’archiviazione informatica”;
- D.G.R. 21 dicembre 2015, n° 2193: “Art. 16 della l.r. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla Deliberazione dell’Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112”;
- D.G.R. 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)”.
- D.G.R. 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)”.
- D.G.R. integrativa 564/2021.

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).

In accordo all’affidamento ricevuto dal NCI, lo studio è stato sviluppato sviluppando analisi approfondite per il raggiungimento del III livello di approfondimento in corrispondenza delle microzone già individuate instabili in sede di II livello di approfondimento. Congiuntamente alle analisi approfondite per il raggiungimento del target di lavoro descritto, si è provveduto all’aggiornamento degli elaborati cartografici relativi allo studio di II livello vigente alla luce degli standard di rappresentazione e archiviazione informatica e agli abachi relativi al secondo livello relativi alla DGR 630/2019 e smi.

Le analisi e le considerazioni che concorrono al raggiungimento del III livello di approfondimento si fondano sulle considerazioni contenute nello studio di II livello, congiuntamente all’interpretazione di indagini geognostiche di nuova realizzazione (Campagna NCI 2023) e prove di bibliografia reperite attraverso la struttura tecnica del NCI.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 3 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE CARTOGRAFICO

Il territorio del Comune di Medicina si colloca nella fascia centro-orientale della Città Metropolitana di Bologna (Provincia di Bologna), a nord dell'asse infrastrutturale della via Emilia e dell'autostrada A14, in sinistra idraulica rispetto al Torrente Sillaro.

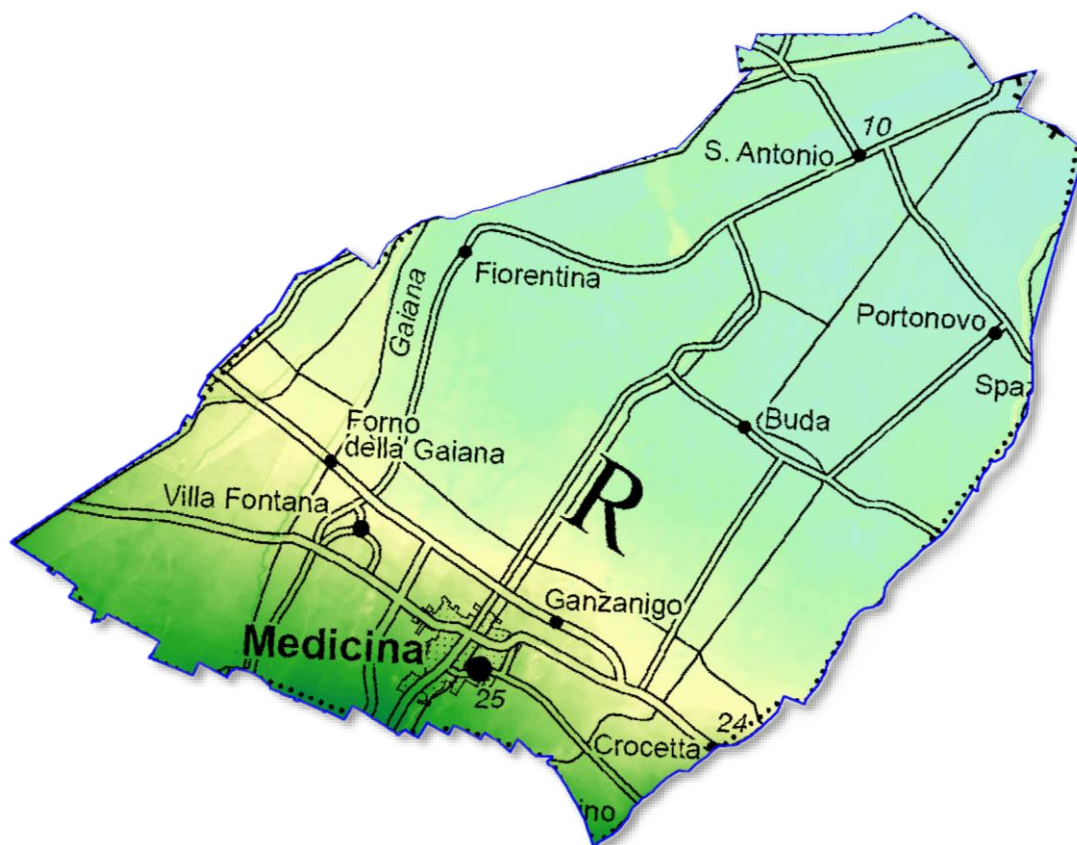


Figura n. 2.1 – Inquadramento cartografico del territorio del comune di Medicina (Base: Modello elevazione 5x5 RER/CTR 250k)

L'idrografia di superficie è rappresentata principalmente dal Fiume Santerno e il Torrente Quaderna. Le quote altimetriche variano da un massimo di circa 30 metri sul livello del mare fino a raggiungere quote altimetriche minime che approssimano i 10 metri sul livello del mare.

Dal punto di vista cartografico, il territorio comunale è compreso nei fogli alla scala 1:50.000 nn. 221 e 222 e, più in dettaglio, negli elementi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000 nn.: 221042, 221071, 221072, 221081, 221082, 221083, 221084, 221111, 221112, 221114, 221121, 221122, 221123, 221124, 222011, 222012, 222013, 222014, 222023, 222024, 222051, 222052, 222053, 222054, 222063, 222064, 222091, 222092, 222093, 222094 e 222134.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 4 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI SISMICI DI RIFERIMENTO

L'inquadramento sismotettonico dei comuni che compongono il NCI si è fatto riferimento principalmente alla cartografia "Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe" e note illustrative annesse (Martelli et al., 2016). In aggiunta alle informazioni contenute nella pubblicazione citata, 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/CPT15-DBMI15/>);
- DBMI15 – Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPT15 (Locati *et al.*, 2016; <https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>);
- DISS versione 3.2.1 – *Database of Individual Seimogenic 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>)

I territori comunali che compongono il NCI si estendono dalla zona interna dell'appennino fino ai primi fronti di sovrascorrimento (Pieghie Romagnole).

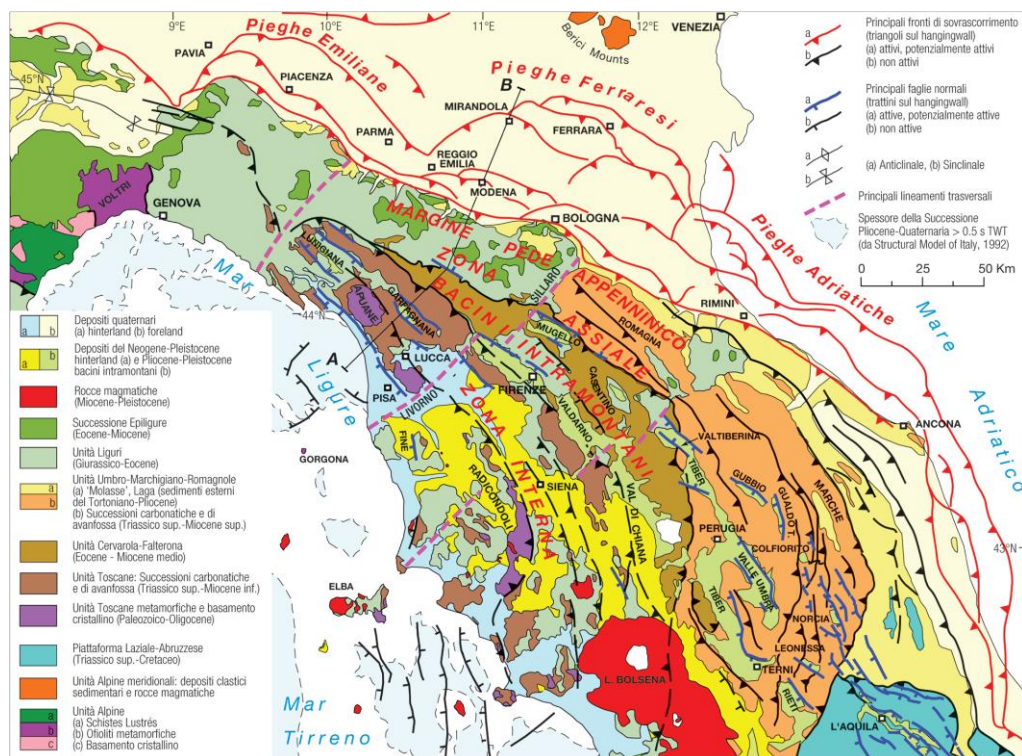


Figura n. 3.1 – Schema tettonico dell'appennino settentrionale della pianura padana (Martelli et al. 2016)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 5 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

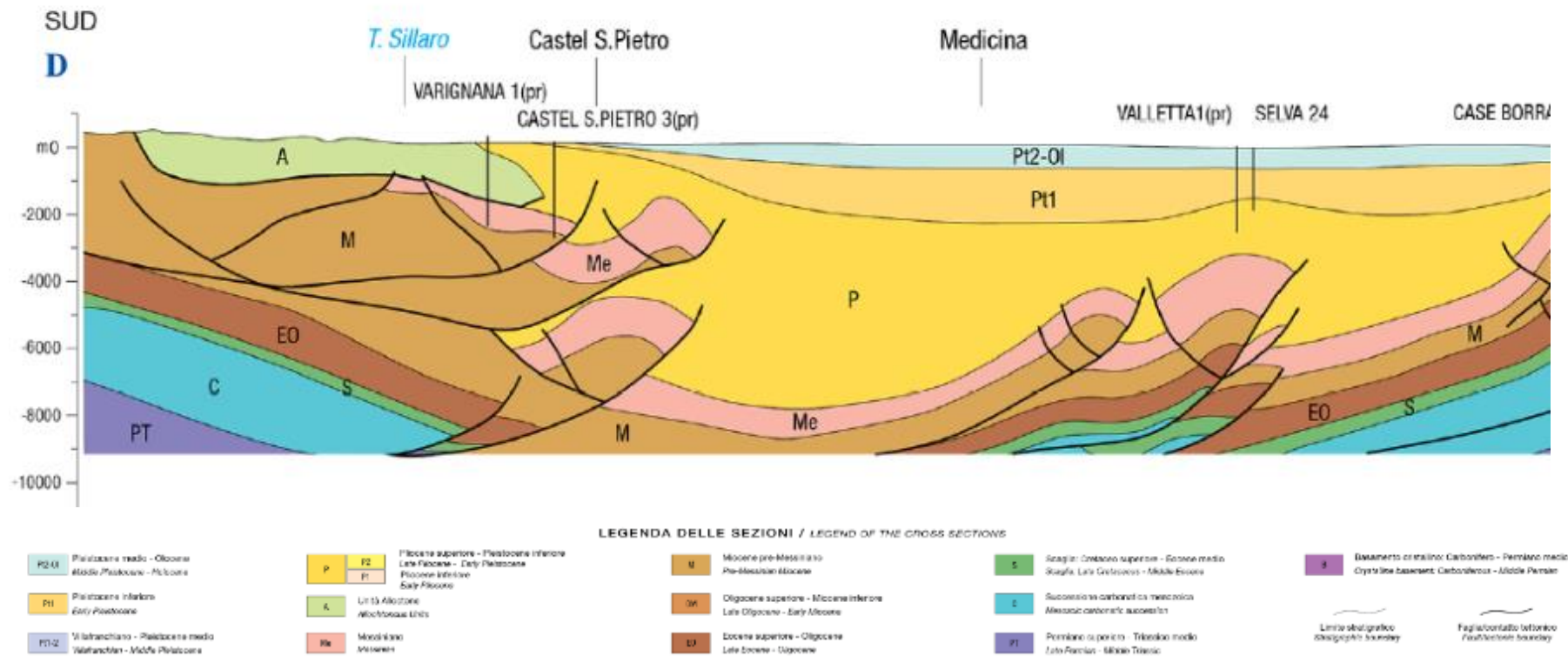
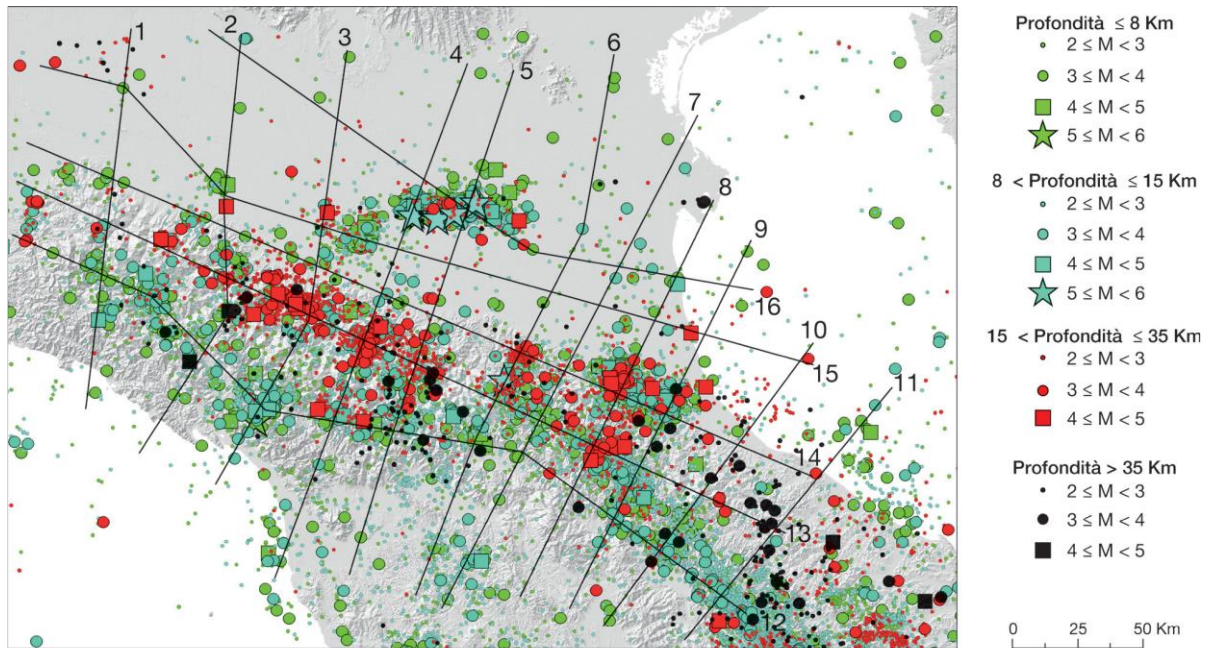
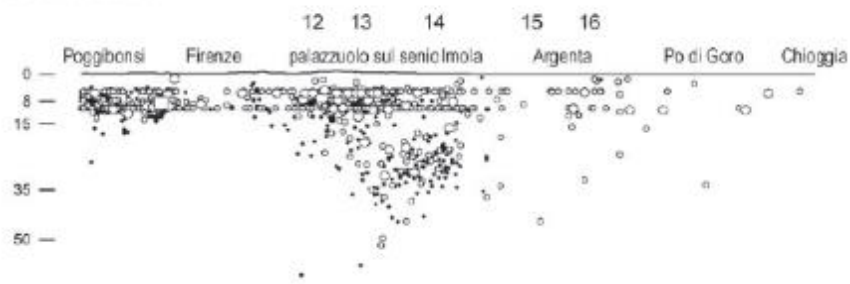


Figura n. 3.2 – Sezione D-D' Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (Martelli et.al 2016)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica studio MS	Pag. 6 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	



sezione 7



sezione 14

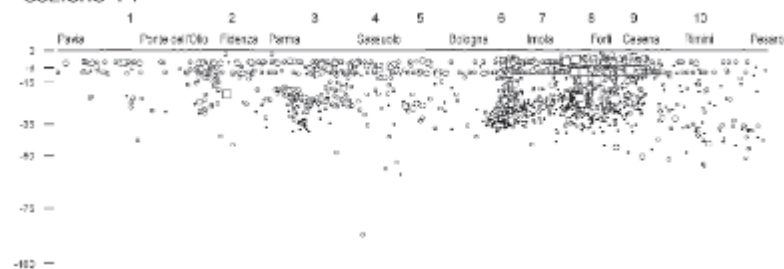


Figura n. 3.3 – Sezioni con gli ipocentri dei terremoti relativi alla sezione 7 e sezione 14 (Martelli et al 2016)

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 7 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

3.1. Sismicità del territorio comunale

Dal punto di vista sismico, al comune di Medicina è stata assegnata la classe 2 in base alla DGR 1164 del 23/07/2018, ovvero a media sismicità in base alla precedente classificazione conseguente l'Ordinanza del PCM n. 3274/2003.

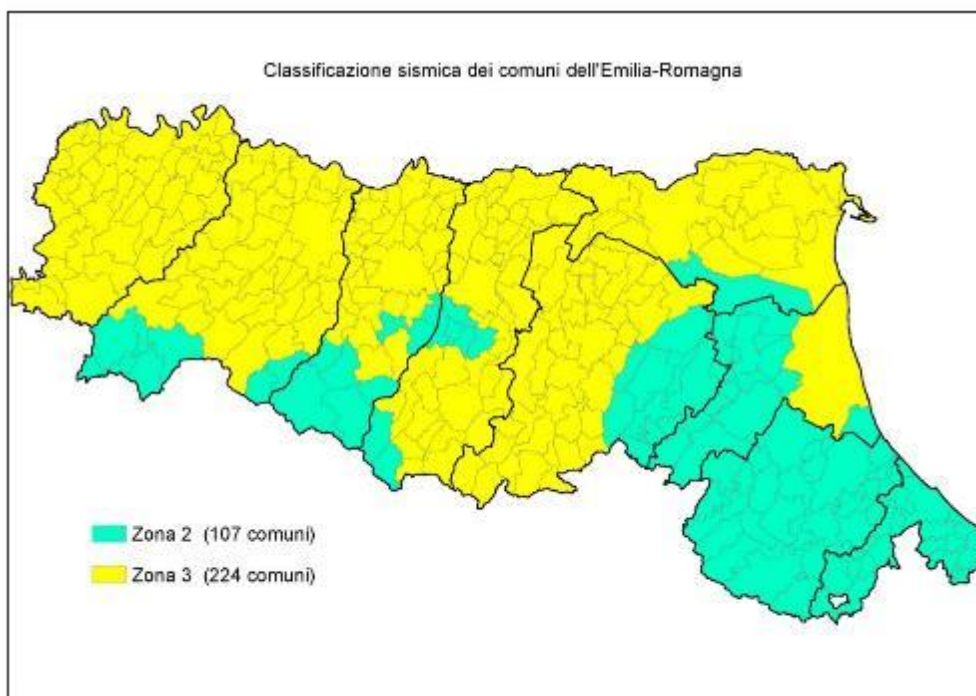


Figura n. 3.4 – Classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna, DGR 1164/18;

La sismicità storica del Comune di Medicina è stata ricostruita attraverso la consultazione del Database Macrosismico Italiano DBMI15. La consultazione di tale archivio ha individuato n. 10 eventi sismici di riferimento: se ne riporta successivamente, in figura 3.1, l'estratto indicizzato per intensità macrosismica.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 8 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45
6	1688	04	11	12	20		Romagna	39	8-9	5.84
6	1779	06	04	07			Bolognese	12	7	5.22
5-6	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1725	10	29	17	40		Appennino tosco-emiliano	28	8	5.67
5	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82
5	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
3-4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
3-4	1895	03	23				Comacchio	33	6	4.65
3	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	110	6	4.59
3	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6	4.59
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
3	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
2	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4	4.21
NF	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29

Tabella n. 3.1 – Record eventi sismici tratti da DBMI15

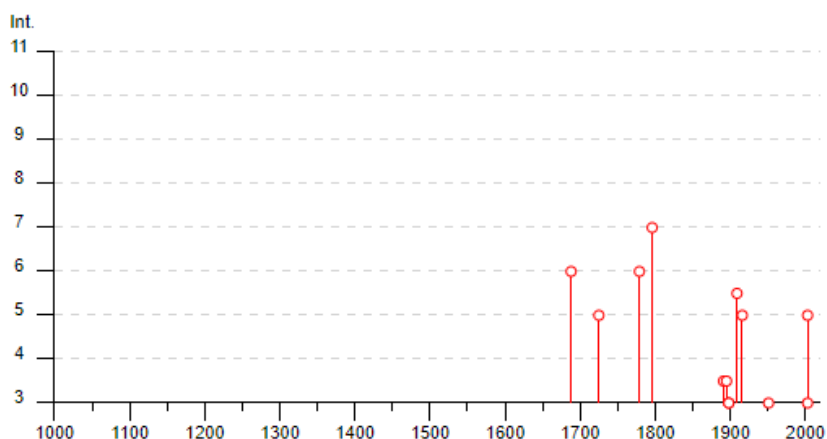


Figura n. 3.5 – Valori di intensità macrosismica (MCS) registrati per Medicina

L'analisi evidenzia come l'evento che rappresenta il massimo valore di magnitudo e intensità macrosismica è relativa al sisma della "Emilia orientale" (Mw=5.45) riconducibile all'anno 1796.

In riferimento alla Pericolosità Sismica di riferimento (Gruppo di lavoro MPS, 2004) e al territorio comunale di Medicina si evince un'accelerazione massima attesa su suolo rigido compresa tra 0.175 g e 0.200 g (probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 9 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

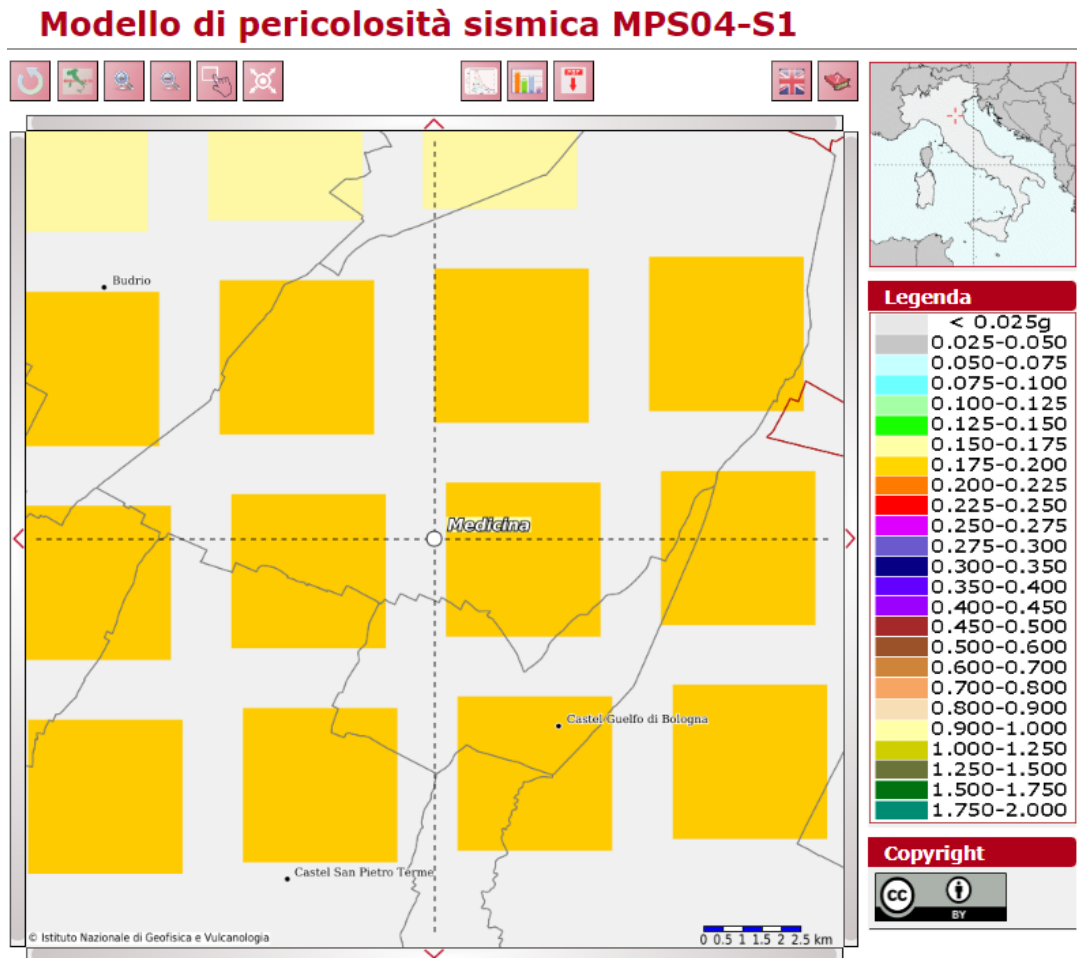


Figura n. 3.5 – Mappa di pericolosità sismica

3.2. Sorgenti sismogenetiche

Facendo riferimento alla Zonazione sismogenetica ZS9 i comuni del NCI cadono a cavallo tra la zona 914 e la zona 912. Entrambe le zone sono caratterizzate da un valore di Mw_{max} pari a 6.14.

Dall'analisi del database delle sorgenti sismogenetiche (INGV – DISS), i territori comunali che compongono il NCI sono interessati da diverse sorgenti sismogenetiche: le sorgenti principali sono relative alla sorgente ITCS001 – “Castel San Pietro Terme – Meldola” che è collocata ad una profondità compresa tra 2 e 8 km di profondità, la sorgente ITCS011 “Ascensione-Armaia” che è dotata di profondità variabili tra 2 km a 10 km e parzialmente dalla ITCS047 “Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme”.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 10 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

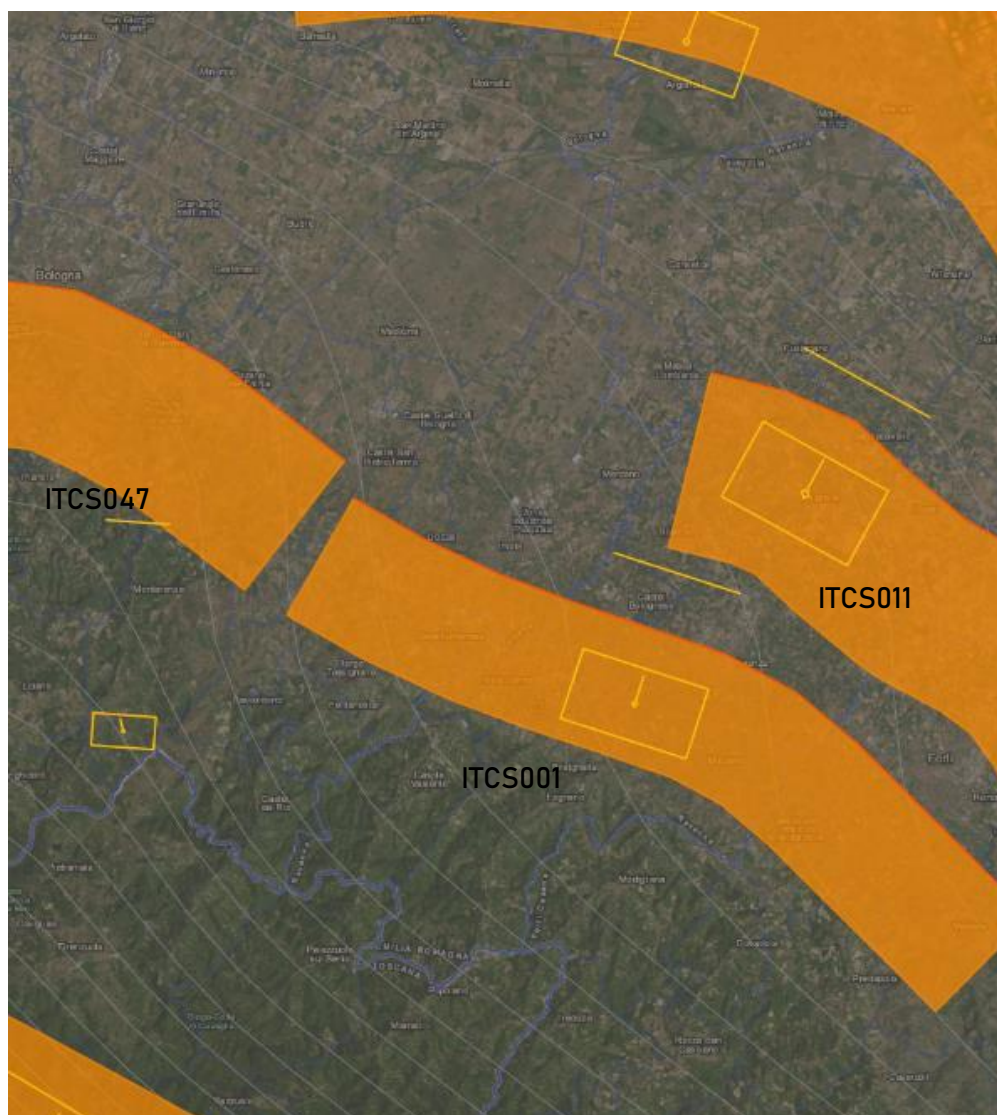


Figura n. 3.6 – Database of Individual Seismogenic Sources DSS (version 3)

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

4.1. Assetto strutturale

Dal punto di vista geologico-strutturale i comuni che compongono il NCI comprendono settori di catena appenninica e di margine appenninico sepolto fino a raggiungere i primi fronti delle Pieghe Romagnole. In corrispondenza del settore di catena sono presenti unità alloctone appartenenti al dominio romagnolo e al dominio padano. Le strutture appenniniche che si sviluppano in direzione parallela all'asse della catena appenninica si sono formate durante il Pliocene e il Pleistocene inferiore.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 11 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

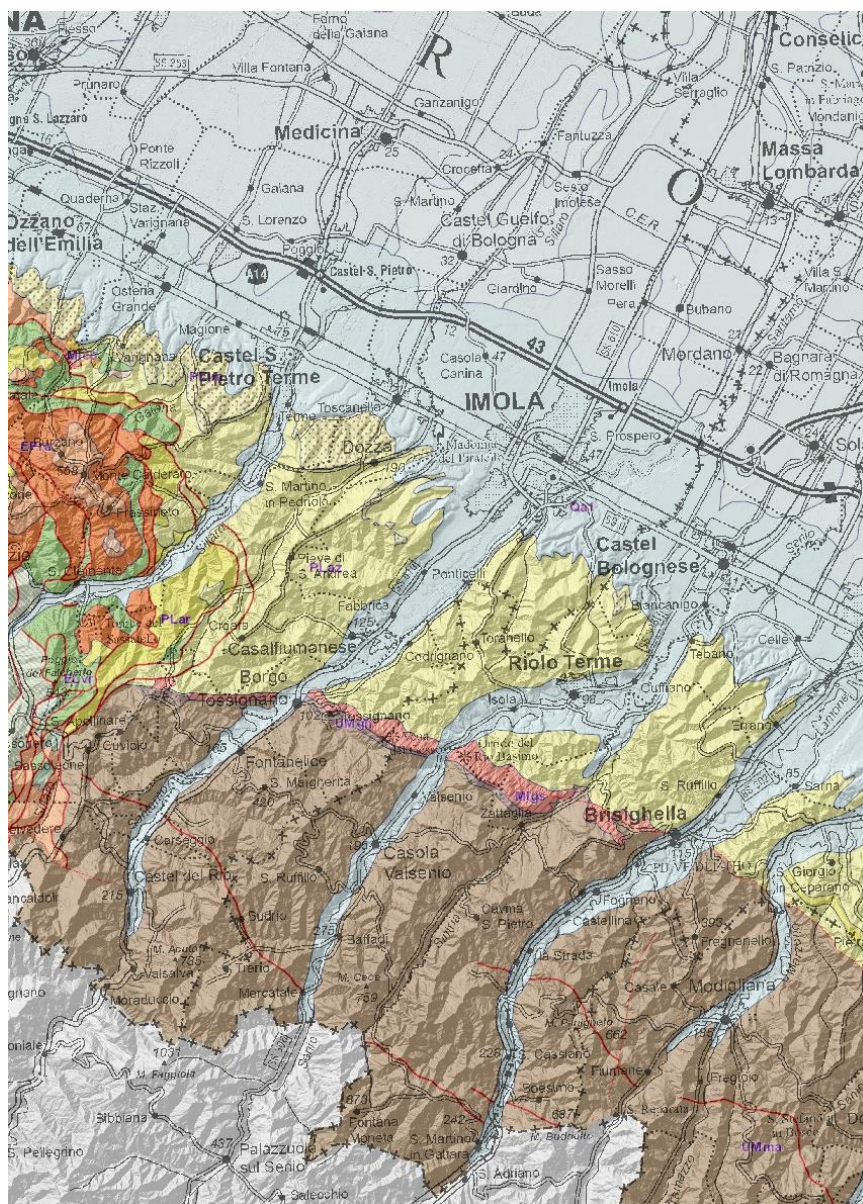


Figura n. 4.1 – Schema geologico 250k Fonte RER

4.2. Elementi geologici

Si illustra successivamente, per via sintetica, le unità deposizionali presenti nei comuni del NCI. Le informazioni sono prelevate direttamente dalla Cartografia Geologica a scala 10k fornita dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia-Romagna.

- **Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo - Successione silicoclastica dei bacini interni - arenarie e peliti torbiditiche con intercalazioni marnose e strati calcarenitici e arenitici ibridi**
Successione silicoclastica dei bacini interni (detta anche Successione del subdominio umbro-

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 12 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

romagnolo), rappresentata principalmente dalla Formazione Marnoso-arenacea s.s., che consiste di uno spesso complesso torbiditico esteso dall'Appennino emiliano all'Appennino umbro-marchigiano, formando una fascia lunga qualche centinaio di chilometri. La Formazione Marnoso-arenacea è suddivisa in numerosi membri, sulla base dell'età, del rapporto arenaria/pelite, della stratigrafia, della posizione paleogeografica e bacinale, così come dei caratteri sedimentologici e strutturali. La Formazione Marnoso-arenacea è costituita da arenarie e siltiti torbiditiche con alta variabilità delle facies e spessore degli strati, a composizione prevalentemente silicoclastica, intercalate con livelli di marne. Sono presenti, inoltre, numerosi strati guida torbiditici, costituiti da arenarie silicoclastiche in spessori plurimetrici, oppure da strati spessi di arenarie ibride (es. strato Contessa), oppure da strati di calcareniti e marne ("colombine"). Sono state infine documentate alcune discordanze interne alla formazione, dovute alla tettonica sinsedimentaria o a processi gravitativi come slump, olistostromi e complessi caotici, ad evidenziare un'evoluzione complessa del bacino di avanfossa. La Formazione Marnoso-arenacea rappresenta il riempimento del principale bacino di avanfossa dell'Appennino Settentrionale, deposta a partire dal Burdigaliano superiore sino alla base del Messiniano, registrando un'articolata migrazione dei depocentri bacinali verso l'avampaese, accompagnata da una frammentazione strutturale dei bacini. Alcune altre successioni arenacee mostrano relazioni peculiari con la Formazione Marnoso-arenacea e quindi a questa sono state raggruppate, quali la Formazione di S. Maria Tiberina e le Arenarie di Monte Vicino. La Formazione di S. Maria Tiberina è considerata una successione deposta tra i domini paleogeografici Toscano ed Umbro, in appoggio discordante sulla Successione Falterona e concordante sulla Formazione Marnoso-arenacea. Le Arenarie di Monte Vicino potrebbero invece rappresentare una porzione dei depositi torbiditici dei bacini minori marchigiani più interni. Queste successioni e le relative relazioni potrebbero rappresentare una segmentazione dell'avanfossa durante il Tortoniano superiore-Messiniano inferiore, che avrebbe condotto alcuni autori a suddividere il Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo nei subdomini Umbro-Romagnolo e Marchigiano-Adriatico.

Formazione: Formazione Marnoso-arenacea, Formazione Marnoso-arenacea umbro-romagnola, Formazione Marnoso-arenacea umbra, Formazione Marnoso-arenacea romagnola, Formazione di Monte S. Maria Tiberina, marne e arenarie di M. Vicino;

➤ **Successione miocenico-pleistocenica sin- e post-evaporitica della Pianura Padana e del Margine Adriatico - Successione evaporitica messiniana - gessi primari, argille**

Depositi sin-evaporitici del Messiniano inferiore-medio relativi alla "crisi di salinità del Messiniano" che ha interessato il paleo-Mediterraneo. Le evaporiti della Formazione Gessoso-solfifera sono particolarmente bene sviluppate alla Vena del Gesso e si sono deposte in acque poco profonde di un bacino di thrust-top, originatosi durante lo sviluppo dell'Anticlinale di Riolo. Consistono di gesso principalmente selenitico e subordinato gesso rimaneggiato intra-bacinalmente, come gessoareniti e gessoruditi, si tratta principalmente di gesso primario depositato in un contesto morfostrutturale di margine di bacino

Formazione: Formazione Gessoso-solfifera p.p., Formazione della Vena del Gesso

➤ **Successione miocenico-pleistocenica sin- e post-evaporitica della Pianura Padana e del Margine Adriatico - Successione marina del Pliocene-Pleistocene - argille e argille siltose con Intercalazioni arenacee e conglomeratiche**

Depositi marini di età Pliocene superiore - Pleistocene inferiore, costituiti da argille fossilifere, argille siltose con interstrati di arenarie e conglomerati

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 13 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

Formazione: Formazione delle Argille Azzurre, Formazione di Montecalvo in Foglia, Argille di Lugagnano, Arenarie di Borello, Argille e tripoli di Corpolò, Argille e arenarie di Lardiano, Argille e marne di Riolo Terme, Spungone, Argille del Santerno, Marne di Cella;

- **Depositi continentali e costieri del Quaternario (“post-Villafranchiano”) - Conoidi e terrazzi alluvionali**
Depositi di conoide alluvionale e fluviali della Pianura Padana e del Margine adriatico. Corrispondono a depositi terrazzati di conoide alluvionale e fluviali
Formazione: Conoidi e terrazzi alluvionali;
- **Depositi continentali e costieri del Quaternario (“post-Villafranchiano”) - Depositi di canale e argine prossimale**
Depositi di conoide alluvionale e fluviali della Pianura Padana e del Margine adriatico. Corrispondono a depositi di argine di canale prossimale e di canale fluviale
Formazione: Depositi di canale e argine prossimale;
- **Depositi continentali e costieri del Quaternario (“post-Villafranchiano”) - Depositi di argine distale, di canale e argine indifferenziati, aree interfluviali e depositi palustri**
Depositi di conoide alluvionale e fluviali della Pianura Padana e del Margine adriatico. Corrispondono a depositi palustri e di intercanale, di canale fluviale e di argine di canale distale
Formazione: Depositi di argine distale, di canale e argine indifferenziati, aree interfluviali e depositi palustri;

4.3. Contesto geomorfologico

L'analisi del contesto geomorfologico dei comuni che compongono il NCI si fonda principalmente sui contenuti del quadro del dissesto identificato dalla cartografia geologica regionale per quanto riguarda i settori montani e collinari. Per quanto riguarda i settori di pianura, è possibile fare riferimento alla cartografia geomorfologica contenuta nel quadro conoscitivo allegato al PSC vigente.

Nel settore appenninico si annoverano le seguenti unità geomorfologiche:

- Aree in dissesto (frane attive e quiescenti): Principalmente i fenomeni di dissesto osservabili sono caratterizzati da cinematismi di tipo colata o roto-traslazione. La maggior parte di questi sono classificabili come fenomeni complessi in quanto risultano presenti più tipologie di cinematismi combinati insieme.
- Depositi di versante costituiti da: depositi di versante s.l. costituiti da litotipi eterogenei generati da fenomeni gravitativi tipo ruscellamento e soliflusso; depositi eluvio-colluviale costituiti da materiale detritico prodotto dalla disgregazione fisica ad opera di acque di ruscellamento; detriti di falda (rari) rappresentati da accumuli di materiale lapideo eterogeneo ad opera degli agenti meteo-climatici.
- Doline – depressioni della morfologia dovute alla dissoluzione delle rocce;

In corrispondenza dei settori di pianura si evidenziano le seguenti unità geomorfologiche:

- Piane alluvionali;
- Dossi fluviali e paleodossi;
- Terrazzi fluviali;

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 14 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 15 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

5. 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 Medicina. 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.

5.1. Indagini pregresse

Le indagini di repertorio provengono principalmente dal database del precedente studio MS (Il Livello 2017), integrate con indagini disponibili per il territorio comunale reperite attraverso la struttura tecnica del NCI.

La totalità di tali indagini (136 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	111
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono	CPTU	50
Pozzo per acqua	PA	47
Sondaggi a carotaggio continuo	S	26
Prove penetrometriche dinamiche	D	8
Prova sismica in foro DOWN-HOLE	DH	1
Misure di microtremore sismico	HVSR	16

Tabella n. 5.1 – 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.

5.2. Indagini eseguite per la microzonazione sismica

In corrispondenza delle microzone per le quali lo studio di Il livello ha individuato instabilità, nell'anno 2023 il NCI ha incaricato la società SOGEO Srl per l'esecuzione di nuove indagini geognostiche, dirette ed indirette, con la finalità di ampliare il quadro conoscitivo relativo al sottosuolo e gli effetti attesi.

Per il territorio comunale di Medicina, nell'annualità 2023, sono state espletate le seguenti indagini geognostiche:

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 16 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Tipo indagine	Sigla	Numero
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono	CPTU	12
Prova sismica in foro DOWN-HOLE	DH	1
Misure di microtremore sismico	HVSR	15
Indagini sismiche MASW	MASW	8

Tabella n. 5.2 – Descrizione indagini eseguite nell'annualità 2023

Le indagini di nuova realizzazione sono state digitalizzate, georeferenziate e inserite in ambiente GIS. Le indagini sono state poi archiviate all'interno del file .mdb predisposto in sede di struttura dati dalla Protezione Civile (standard 4.2). I documenti relativi all'interpretazione delle singole indagini sono archiviati all'interno della cartella "Documenti". Tra le varie indagini di nuova esecuzione e in riferimento ai sondaggi eseguiti sono state eseguite 5 determinazioni RC (Colonna Risonante) con determinazione delle curve di decadimento G/G_{max} e $D(\%)$ (Fig 5.1).

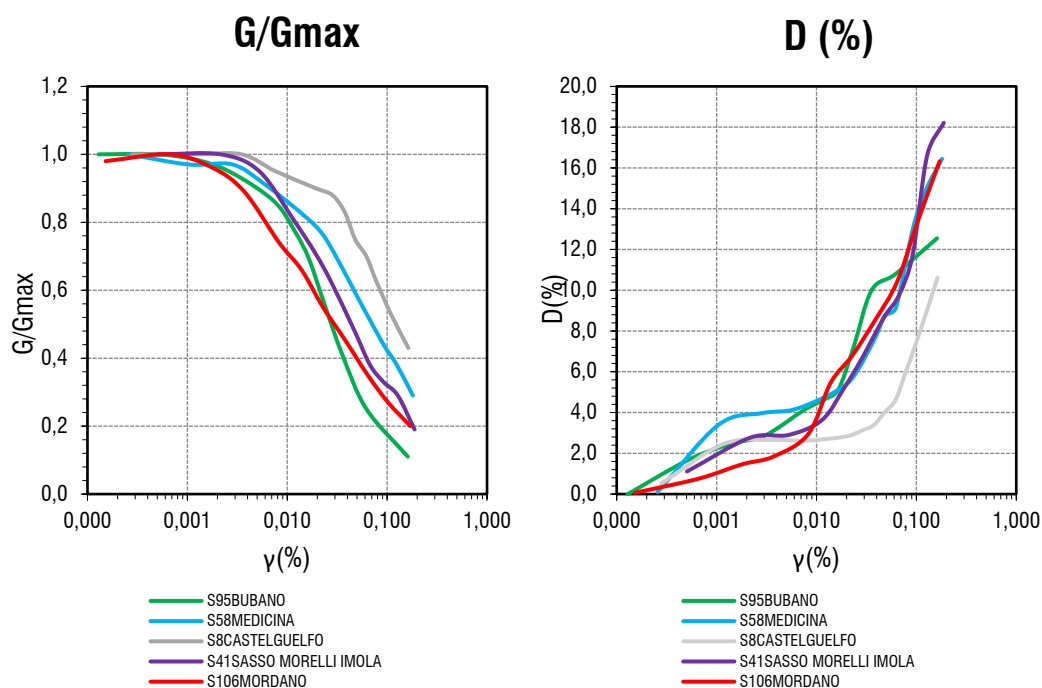


Figura n. 5.1 – Curve decadimento RC derivate a seguito delle prove di laboratorio eseguite

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 17 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

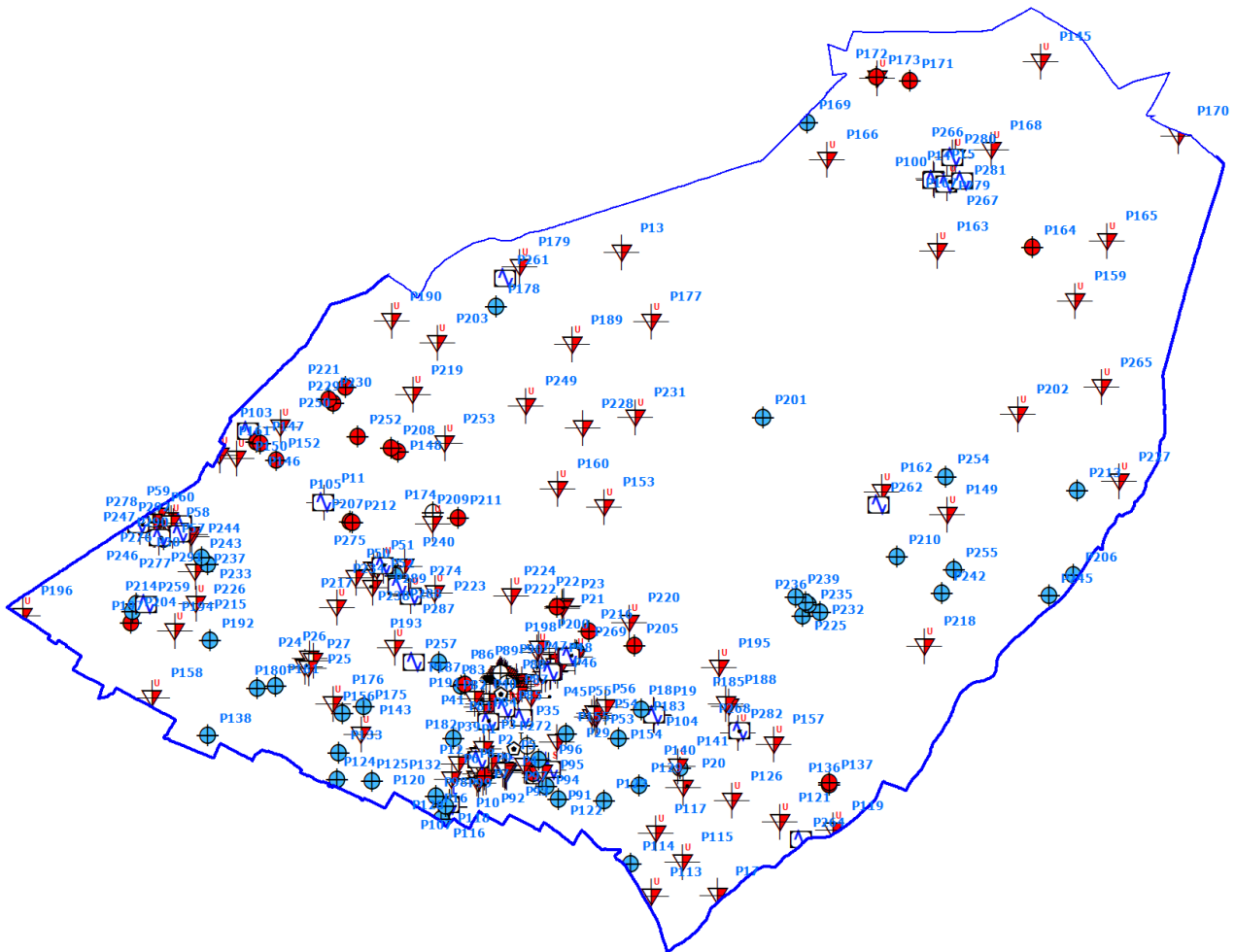


Figura n. 5.2 – Set dati geognostici a disposizione per l'aggiornamento dello studio MS

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 18 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

6. APPROFONDIMENTO DI III LIVELLO – ZONE INSTABILI

Come anticipato precedentemente, il Comune di Medicina risulta dotato di uno studio di microzonazione sismica di II livello secondo normativa regionale DAL 112/2007. Oggetto del presente incarico è risultato nell'aggiornamento dello studio MS al terzo livello di approfondimento relativamente alle sole aree instabili, congiuntamente all'adeguamento al quadro normativo regionale dello studio di II livello esistente.

Le aree che risultano instabili da studio MS di secondo livello sono le seguenti:

Tipologia instabilità	Località	Numero aree
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Medicina Capoluogo, Villa Fontana, Fossatone, Sant'Antonio, Via Nuova	5

Per ciascuna microzona instabile è stata prevista l'esecuzione di almeno un'analisi di risposta sismica locale 1D qualora le condizioni stratigrafiche/sismiche ne permettano l'applicazione. L'analisi RSL è accompagnata dalla verifica quantitativa dell'indice potenziale di liquefazione (IPL). Per la determinazione dell'indice IPL si è fatto riferimento, ove possibile, a verticali di prova penetrometrica CPTU/CPT; secondariamente è stata eseguita la verifica contemplando dati provenienti da CPT semplici eseguite con punta meccanica se disponibili.

6.1. Analisi di Risposta Sismica Locale – Cenni Teorici

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 G_{max} o dalla corrispondente velocità massima V_{max}, 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 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

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 19 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

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:

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

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

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

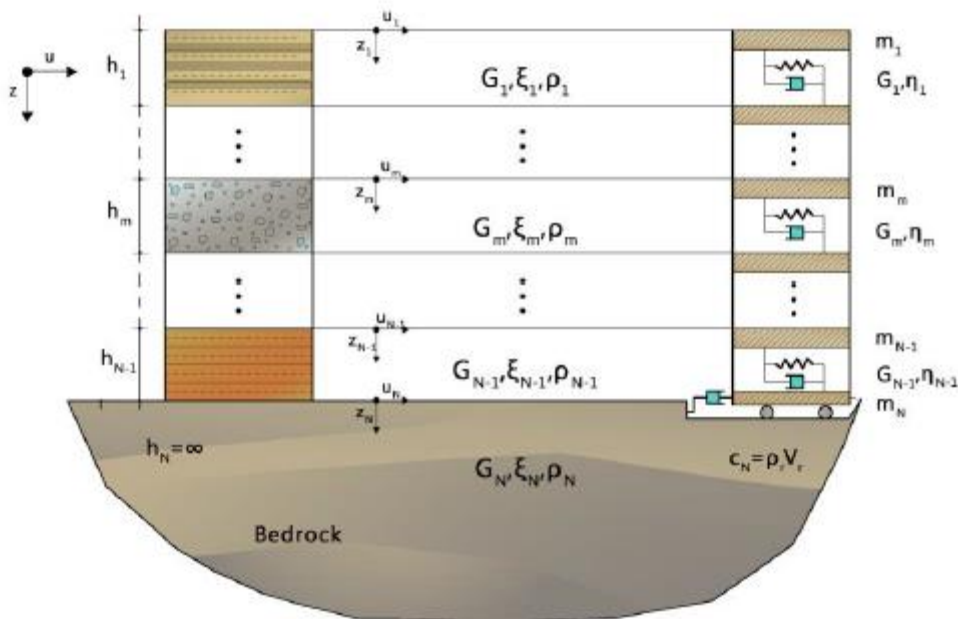


Fig. 6.1 - Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 20 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

6.2. Verifica quantitativa Indice Potenziale Liquefazione (IPL)

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
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 21 a 48
		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 :

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

- 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 I_L (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
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 22 a 48
		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.

6.3. Analisi III livello Microzone

L'esecuzione delle nuove indagini eseguite per l'aggiornamento dello studio MS ha permesso l'esecuzione di svariate analisi di risposta sismica locale. Per il comune di Medicina sono state eseguite 5 analisi di risposta sismica locale in corrispondenza delle microzone instabili già identificate in sede di II livello.

Per la stragrande maggioranza dei siti, non potendo disporre di dati geofisici profondi, è stato optato di identificare il bedrock ingegneristico ($V_s > 800$ m/s) con la base del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS superiore). Le profondità di tale limite sono state identificate attraverso la lettura e l'interpretazione della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna. Per quanto riguarda le velocità di onde di taglio del primo sottosuolo (0-30 metri) si è fatto riferimento alle indagini geofisiche di superficie contenute in ciascuna microzona. La connessione delle curve di velocità tra il valore misurato più profondo e il valore di profondità del bedrock sismico adottato è stata eseguita mantenendo il gradiente di velocità pressoché costante.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 23 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

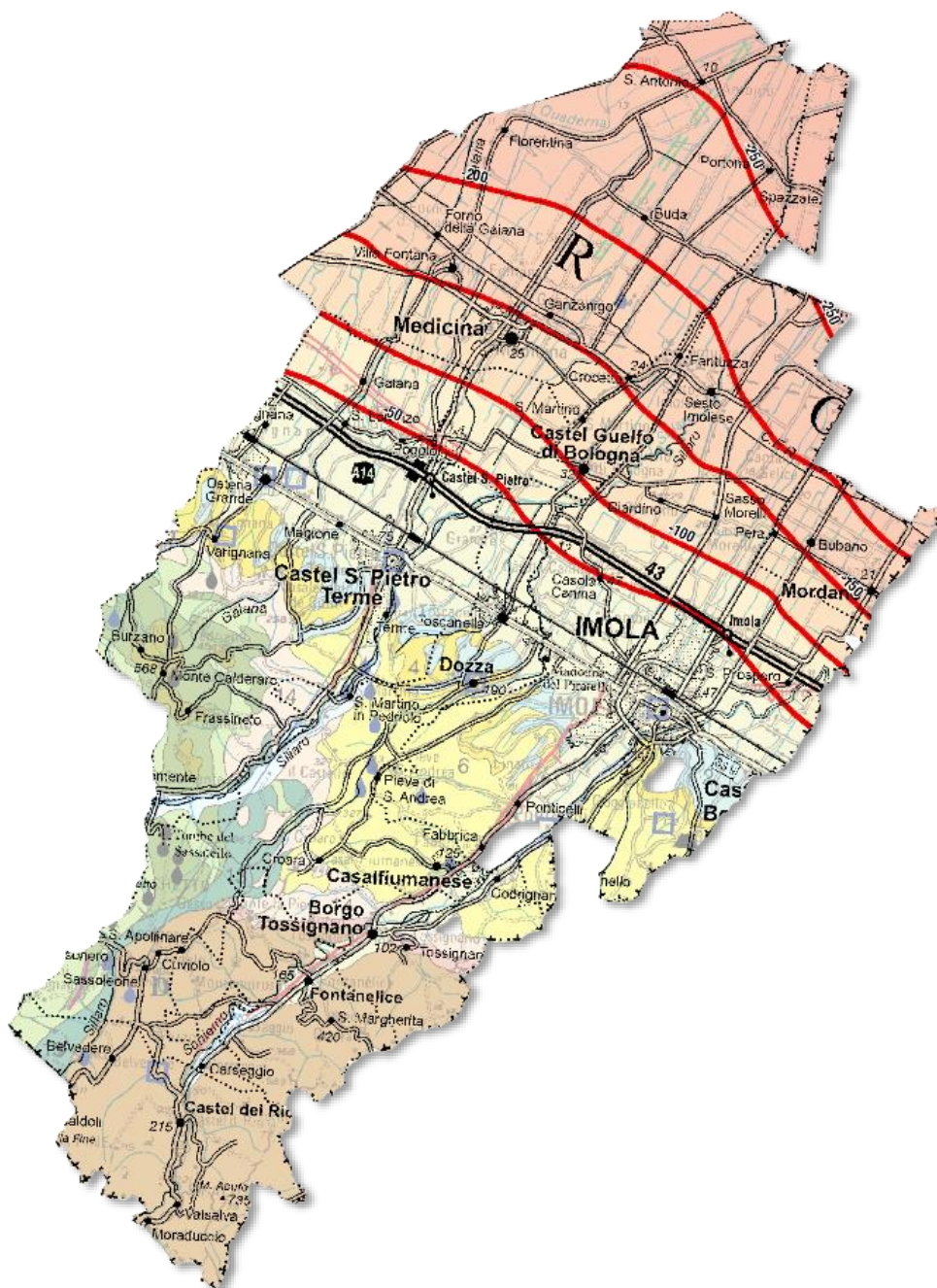


Fig. 6.2 – Estratto della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (Martelli et al., 2016) con individuazione delle isobate (Quota riferita al livello medio del mare) della base del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore – Estensione territoriale NCI

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 24 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

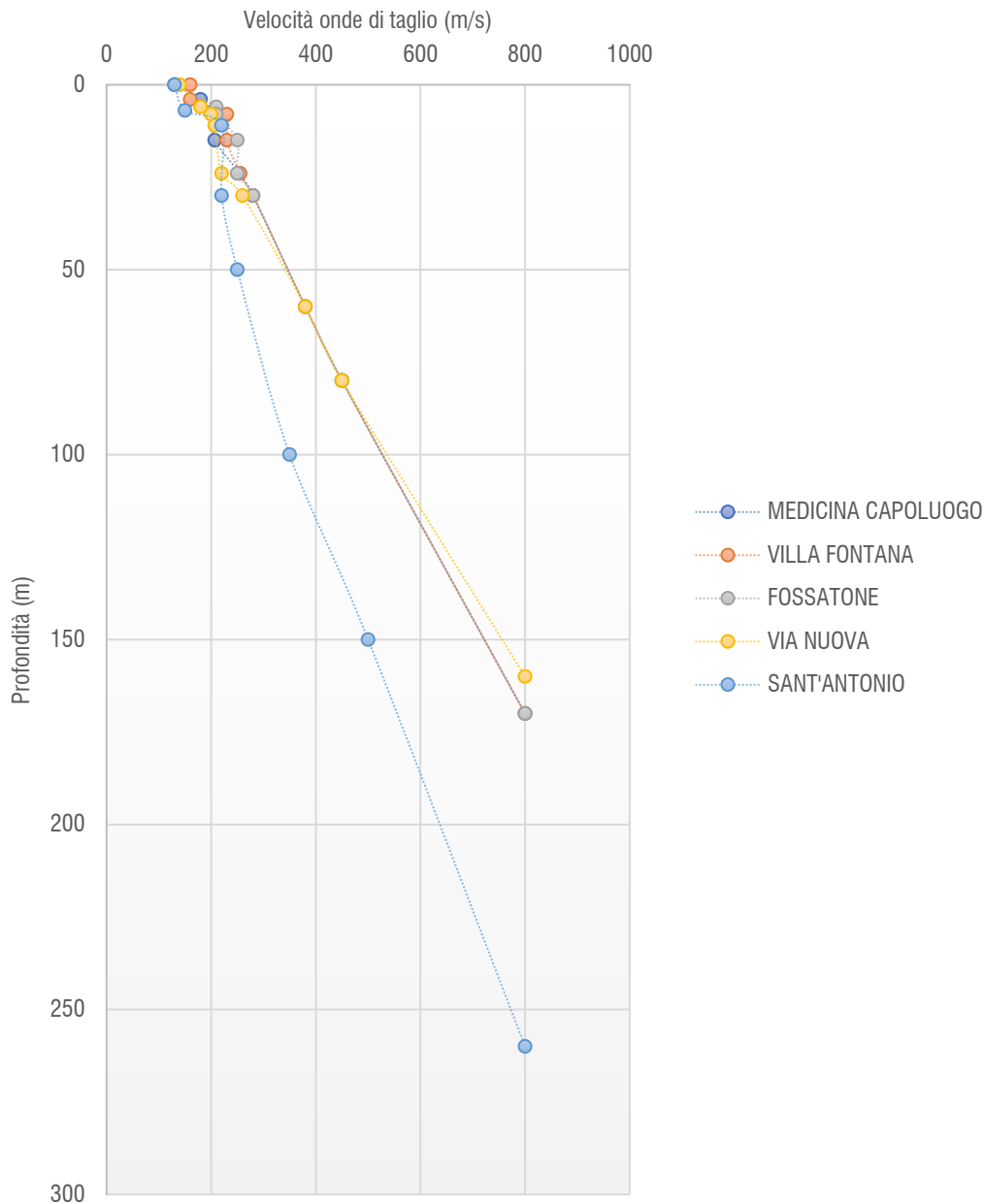


Fig. 6.3 – Profili di velocità onde S adottati per le analisi RSL eseguite per l'aggiornamento dello studio MS

Le verifiche RSL hanno permesso di individuare il fattore di amplificazione stratigrafico adottando come moti di riferimento di input il set accelerometrico fornito dalla Regione Emilia-Romagna. Il set si compone di 7 accelerogrammi già scalati per il valore di accelerazione di ancoraggio. Si illustrano i set accelerometrici adottati per ciascuna microzona e il relativo valore di ancoraggio.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 25 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Tipologia instabilità	Località	Set Accelerometrico	Accelerazione Ancoraggio (g)
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Medicina Capoluogo	TR475_ID16957	0.184
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Villa Fontana	TR475_ID16957	0.184
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Fossatone	TR475_ID16957	0.184
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Sant'Antonio	TR475_ID16514	0.165
ZR _{LQ} – Zona di Rispetto per la Liquefazione	Via Nuova	TR475_ID16957	0.184

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: FPGA, FH0.1s-0.5s (SI1), FH0.5s-1s, FH0.5s-1.5s, FA0.1s-0.5s, FA0.4s-0.8s, FA0.7s-1.1s, FA0.5s-1.5s, HMS 0.1s-0.5s, HMS 0.4s-0.8s, HMS 0.7s-1.1s, HMS 0.5s-1.5s.

Microzona	Stabilità*	Ag (g)	PGA	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SA4	SI1	SI2	SI3
Medicina Capoluogo	Stabile	0,184	0,266	1,45	1,68	1,94	2,27	2,21	1,68	2,11	2,23
Villa Fontana	Stabile	0,184	0,257	1,40	1,65	1,89	2,20	2,15	1,65	2,04	2,16
Fossatone	Stabile	0,184	0,265	1,44	1,77	1,99	2,26	2,21	1,77	2,13	2,23
Sant'Antonio	Stabile	0,165	0,219	1,33	1,67	2,09	1,97	2,00	1,67	2,03	2,00
Via Nuova	Stabile	0,184	0,252	1,37	1,63	1,87	2,27	2,25	1,63	2,07	2,27

* con il seguente campo si indica la stabilità rivalutata a seguito delle verifiche che compongono il presente studio, successivamente illustrate e commentate.

Tab. 6.1 – Parametri analisi RSL Microzone Instabili

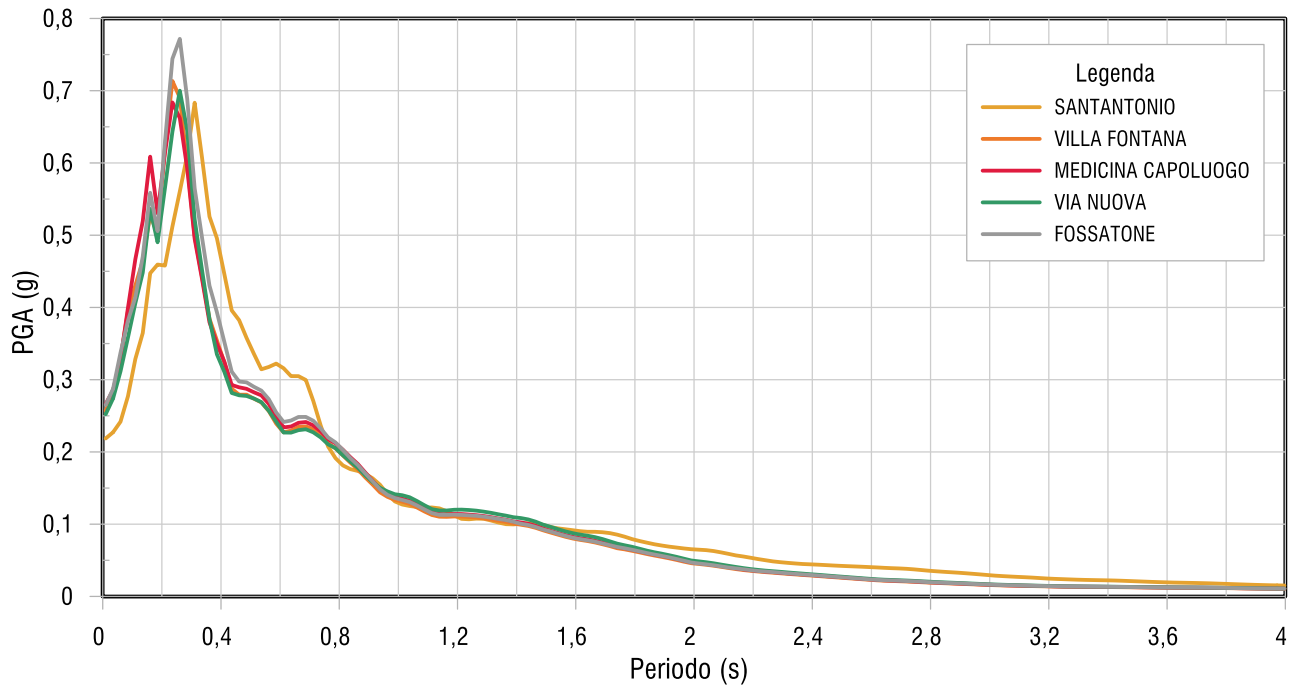
Microzona Instabile	HSM (g)	H0408 (g)	H0711 (g)	H0515 (g)
Medicina Capoluogo	0,46	0,25	0,17	0,16
Villa Fontana	0,45	0,25	0,16	0,16
Fossatone	0,48	0,26	0,17	0,16
Sant'Antonio	0,47	0,31	0,17	0,17
Via Nuova	0,44	0,24	0,17	0,16

Tab. 6.2 – Parametri analisi RSL Microzone Instabili

Si illustrano successivamente gli spettri, in termini di pseudo-accelerazione e pseudo-velocità, ottenuti dalle analisi RSL eseguite per ciascuna microzona analizzata.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 26 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Spettri Pseudoaccelerazione Spettri elastici 5% smorzamento



Spettri Pseudovelocità Spettri elastici 5% smorzamento

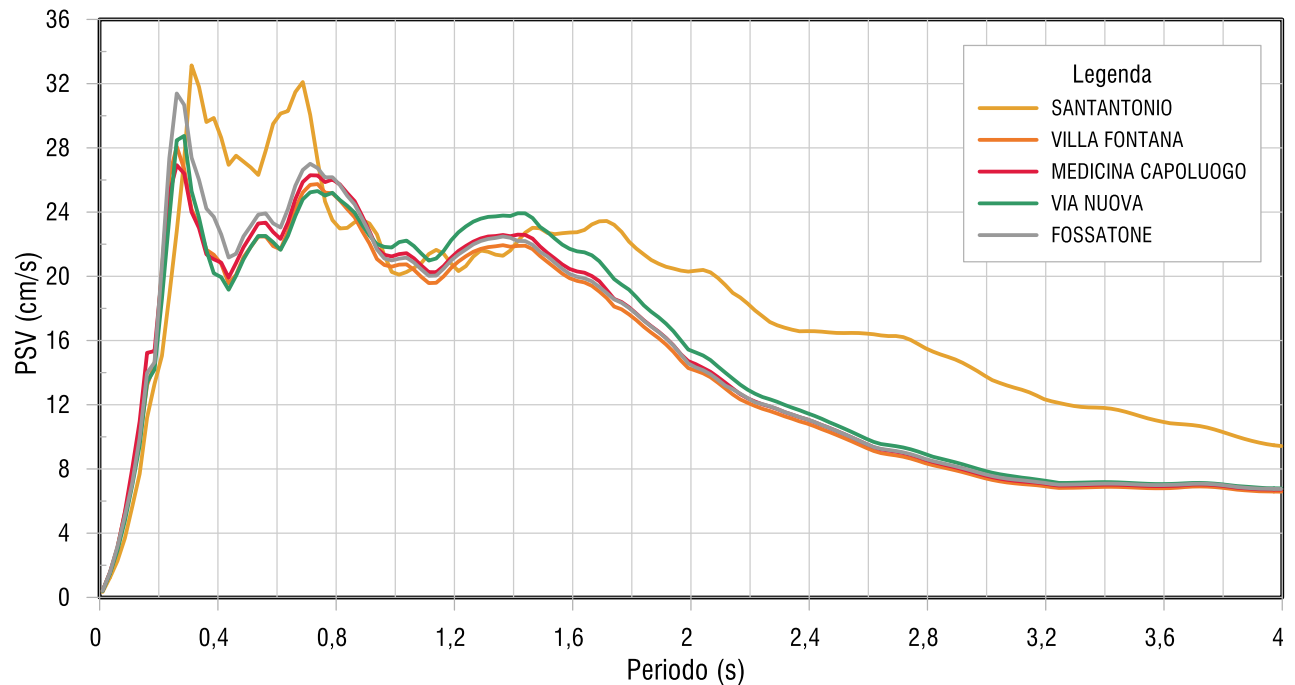
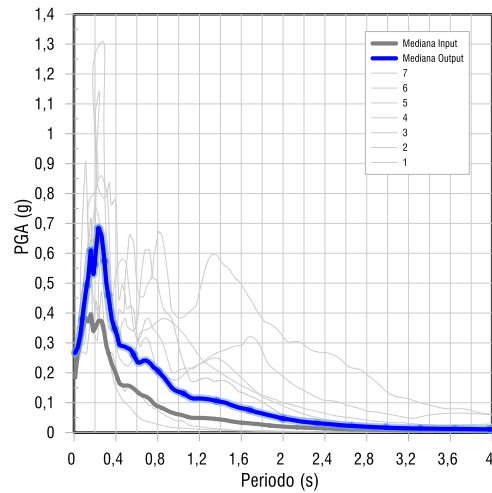


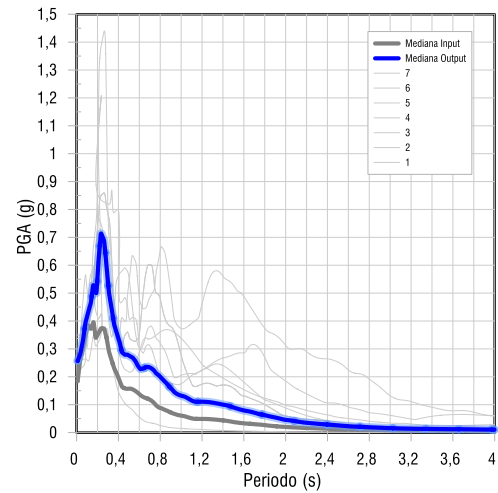
Fig. 6.4 – Spettri pseudo-accelerazione e pseudo-velocità derivati per le analisi RSL di ciascuna microzona

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 27 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

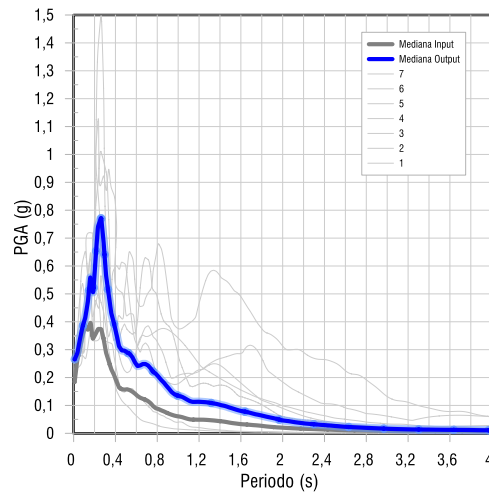
MICROZONA: MEDICINA CAPOLUOGO



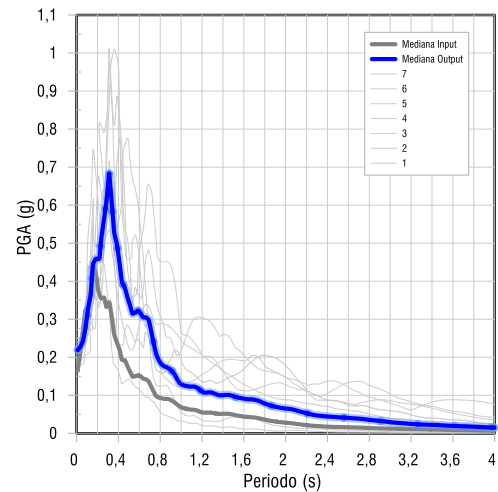
MICROZONA: VILLA FONTANA



MICROZONA: FOSSATONE



MICROZONA: SANT'ANTONIO



MICROZONA: VIA NUOVA

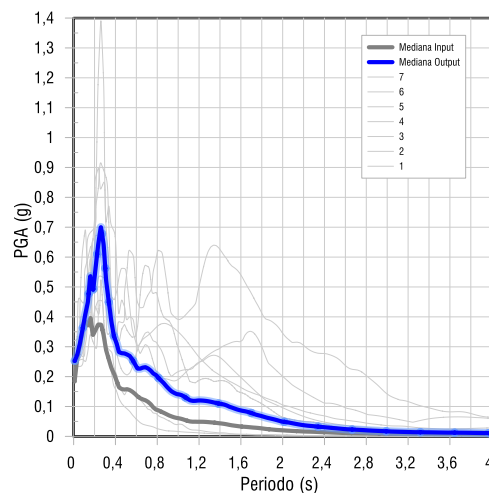


Fig. 6.5 – Spettri pseudo-accelerazione derivati per le analisi RSL di ciascuna microzona

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 28 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

6.4. Verifica della liquefazione

Le verifiche a liquefazione per la definizione del valore di IPL (Indice potenziale di liquefazione) sono state mirate alle verticali di prova CPTU/SCPTU disponibili per le microzone in analisi. Le verifiche di liquefazione sono poi state estese anche alle verticali CPT se presenti, a rafforzamento dell'analisi principale eseguita con prove CPTU/SCPTU. Le verifiche sono state eseguite mediante l'ausilio del software "CLiq2" della Geologismiki.

Si illustrano successivamente i risultati delle verifiche a liquefazione eseguite in riferimento a ciascuna microzona.

Microzona Instabile	VERTICALE DI PROVA	IPL
MEDICINA CAPOLUOGO	CPT36	0.00
	CPTU198	0.169
	CPTU269	0.00
	CPTU270	0.039
	CPTU271	0.00
	CPTU273	0.00
VILLA FONTANA	CPTU275	0.023
	CPTU275	0.00
FOSSATONE	CPTU276	0.00
	CPTU277	0.039
	CPTU278	0.00
SANT'ANTONIO	CPTU266	0.00
	CPTU267	0.555
VIA NUOVA	CPTU268	0.031

Tab. 6.3 – Esiti analisi liquefazione

6.5. Commento ai risultati ottenuti

Considerando i risultati ottenuti dalle verifiche a liquefazione svolte la totalità delle verticali analizzate non mostra una potenziale esposizione delle microzone analizzate al rischio di liquefazione. I ridotti valori di IPL risultano imputabili dalla scarsità di lenti sabbiose negli intervalli di analisi: tale evidenza risulta confermata anche dalla lettura delle stratigrafie disponibili in corrispondenza delle quali non emerge la presenza di corpi sabbiosi sciolti nell'intervallo 0.00 m / 20.00 metri.

In forza delle considerazioni finora illustrate, si ritiene ragionevole riclassificare le tre microzone instabili in zone stabili, riaccorpandole alle microzone stabili già identificate in sede di studio MS di II livello.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 29 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

7. APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO

Con riferimento alle microzone per le quali lo studio di II livello ha identificato la stabilità è stato previsto l'aggiornamento dei principali parametri che esprimono il comportamento sismico alla luce degli abachi contenuti nelle DGR 630/19 e 476/2021. L'impiego dei vari abachi ha previsto l'identificazione, per ciascuna microzona, del settore e relativo abaco di riferimento. Le valutazioni in tal senso sono state supportate dalle indicazioni contenute nella carta delle macrozone fornita dalla RER, congiuntamente alle valutazioni già eseguite in sede del precedente studio.

FPGA

- Substrato rigido; FPGA: 1
- Substrato non rigido; FPGA: 1.5
- Depositi di versante e intravallivi; FPGA: 1.7
- margine A; FPGA: 2
- margine B, pianura 1, pianura 2; FPGA: 1.6
- pianura 3; FPGA: 1.3

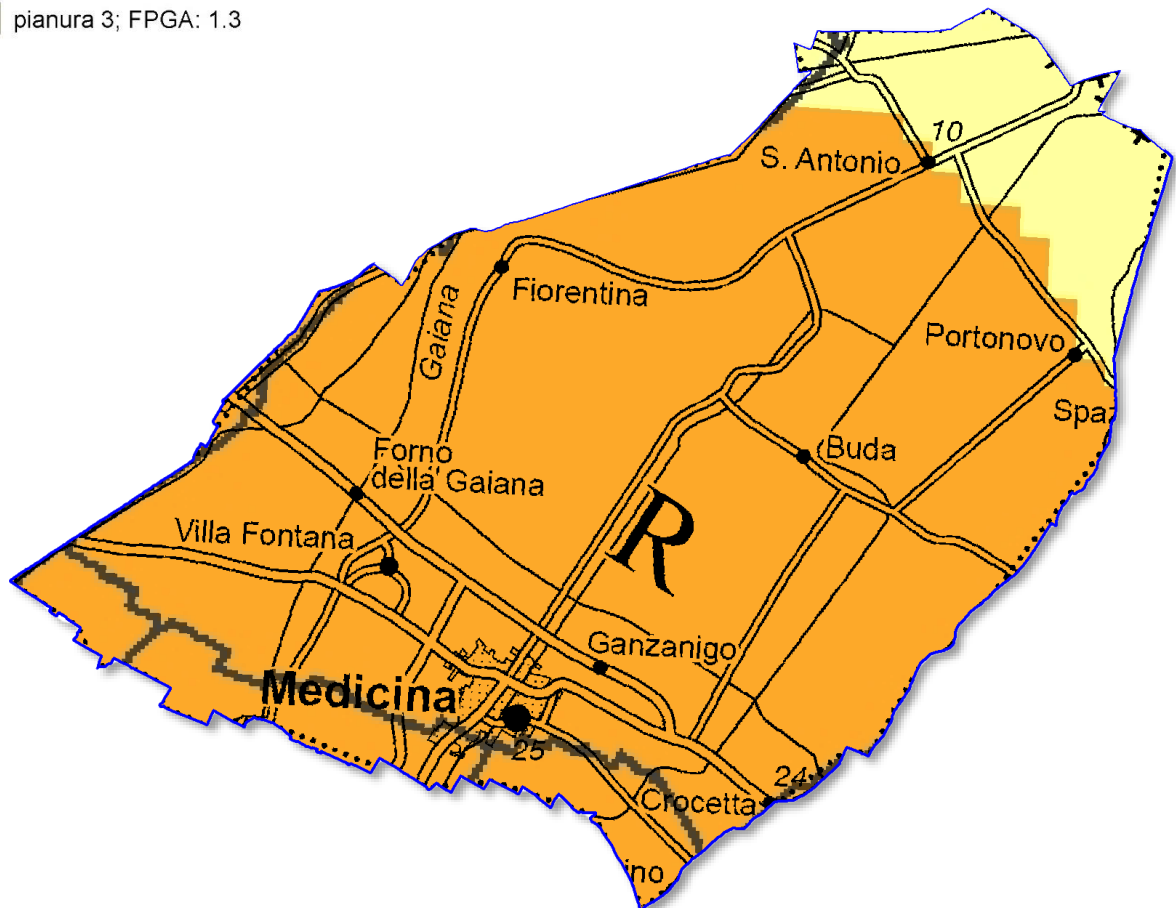


Fig. 7.1 – Estratto cartografia della macrozone sismiche definite dalla RER

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 30 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

8. 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 standard 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.

Il presente studio MS costituisce l'aggiornamento dello studio di II livello con parziale approfondimento di III livello in corrispondenza delle aree instabili.

Nella successiva tabella vengono riassunti gli elaborati cartografici prodotti in sede del presente studio:

ELABORATO	DENOMINAZIONE TAVOLA	AGGIORNAMENTO
Carta delle indagini	Tav 1 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione inserimento nuove indagini
Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica	Tav 2 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione inserimento nuove indagini
Carta delle frequenze naturali dei terreni	Tav 3 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione inserimento nuove indagini
Carta delle velocità delle onde di taglio	Tav 4 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione inserimento nuove indagini
Carta delle Microzone Omogenee	Tav 5 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) - F _{PGA}	Tav 6 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FA _{0,1-0,5 s}	Tav 7 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FA _{0,4-0,8 s}	Tav 8 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FA _{0,7-1,1 s}	Tav 9 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FA _{0,5-1,5 s}	Tav 10 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FH _{0,1-0,5 s}	Tav 11 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FH _{0,5-1,0 s}	Tav 12 – a,b,c,d	Aggiornamento standard rappresentazione Modifica aree/microzone
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – FH _{0,5-1,5 s}	Tav 13 – a,b,c,d	Nuovo elaborato
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – HSM _{0,1-0,5 s}	Tav 14 – a,b,c,d	Nuovo elaborato
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – H _{0,4-0,8 s}	Tav 15 – a,b,c,d	Nuovo elaborato
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – H _{0,7-1,1 s}	Tav 16 – a,b,c,d	Nuovo elaborato
Carta di microzonazione sismica (livello 3) – H _{0,5-1,5 s}	Tav 17 – a,b,c,d	Nuovo elaborato

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 32 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

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

La cartografia in oggetto rappresenta la dispersione territoriale della frequenza fondamentale identificata a dalle misure HVSR raccolte a corredo dello studio MS. Nella cartografia vengono geolocalizzate le misure HVSR eseguite e viene indicato con apposita etichetta la frequenza fondamentale e il relativo valore di ampiezza.

Nei tratti di pianura le misure HVSR mostrando tendenzialmente una variazione, in termini di frequenza fondamentale, da valori pari a superiori a 5 Hz per i tratti pede-collinari a valori compresi tra 5 e 2 Hz nei tratti compresi tra la Via Emilia e l'autostrada A14. A nord di quest'ultima i valori di frequenza fondamentale si abbassano fino a raggiungere valori minimi all'interno di 0.6/0.7 Hz.

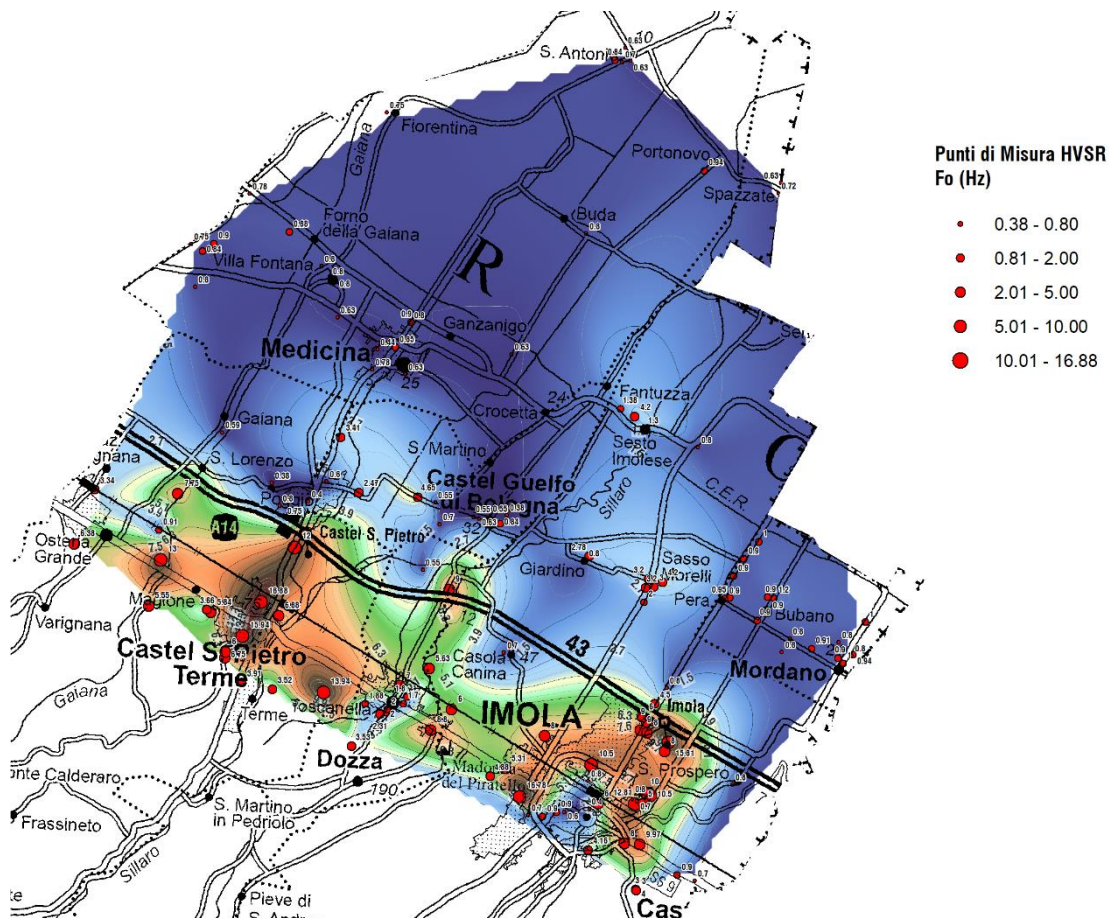


Fig. 8.2 – Estratto cartografico dell'intero set di misure HVSR raccolte nel database dei comuni del NCI.

8.4. Carta delle velocità delle onde di taglio S (Tavola n.4)

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.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 33 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

La maggior parte delle indagini sismiche permette di classificare il sottosuolo secondo la categoria di sottosuolo C in riferimento alla normativa tecnica nazionale NTC 2018.

8.5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavola n.5)

La seguente cartografia illustra la distribuzione delle varie microzone identificate a seguito delle analisi e considerazioni precedentemente descritte. L'assetto generale delle microzone che compongono la cartografia MOPS deriva direttamente da quella identificata in sede di III livello. La cartografia, quindi, è stata in primo luogo aggiornamento dal punto di vista della rappresentazione grafica secondo standard 4.2. In secondo luogo, alla luce degli studi di III livello realizzati per le zone instabili, si è reso necessario apportare revisioni e modifiche all'estensione delle microzone al fine di contemplare gli esiti dell'aggiornamento di III livello.

Considerati gli esiti relativi alle verifiche a liquefazione precedentemente illustrati, le microzone instabili derivanti dallo studio MS di II livello sono state rivalutate e convertite all'interno delle microzone stabili.

Le microzone individuate sono le seguenti:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- **Microzona 2001**
Depositi di pianura prevalentemente pelitici. Possono essere presenti intercalazioni sabbiose di spessore variabile.
- **Microzona 2002**
Zona 2 - Depositi di pianura prevalentemente pelitici con intercalazione ghiaiosa plurimetrica a circa 20 m di profondità. Possono essere presenti intercalazioni sabbiose di spessore variabile.

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 dell'interpretazione delle indagini a disposizione. Per la maggior parte delle SMS è stata utilizzata la precedente descrizione litologica assegnata alla microzona di pertinenza. Si rimanda all'elaborato precedente per eventuali approfondimenti.

Si illustrano successivamente le stratigrafie medie (SMS) di riferimento per ciascuna microzona. Per quel che concerne la legenda stratigrafica delle singole unità litologiche si faccia riferimento alle tabelle contenute nella relazione "StandardMS 4.2" al paragrafo 2.25 "Codici e Simbologie".

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 34 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001
 Zona 1 – Depositi di pianura prevalentemente pelitici.
 Possono essere presenti intercalazioni sabbiose di spessore variabile.
- 2002
 Zona 2 – Depositi di pianura prevalentemente pelitici con intercalazione ghiaiosa plurimetrica a circa 20 m di profondità.
 Possono essere presenti intercalazioni sabbiose di spessore variabile.

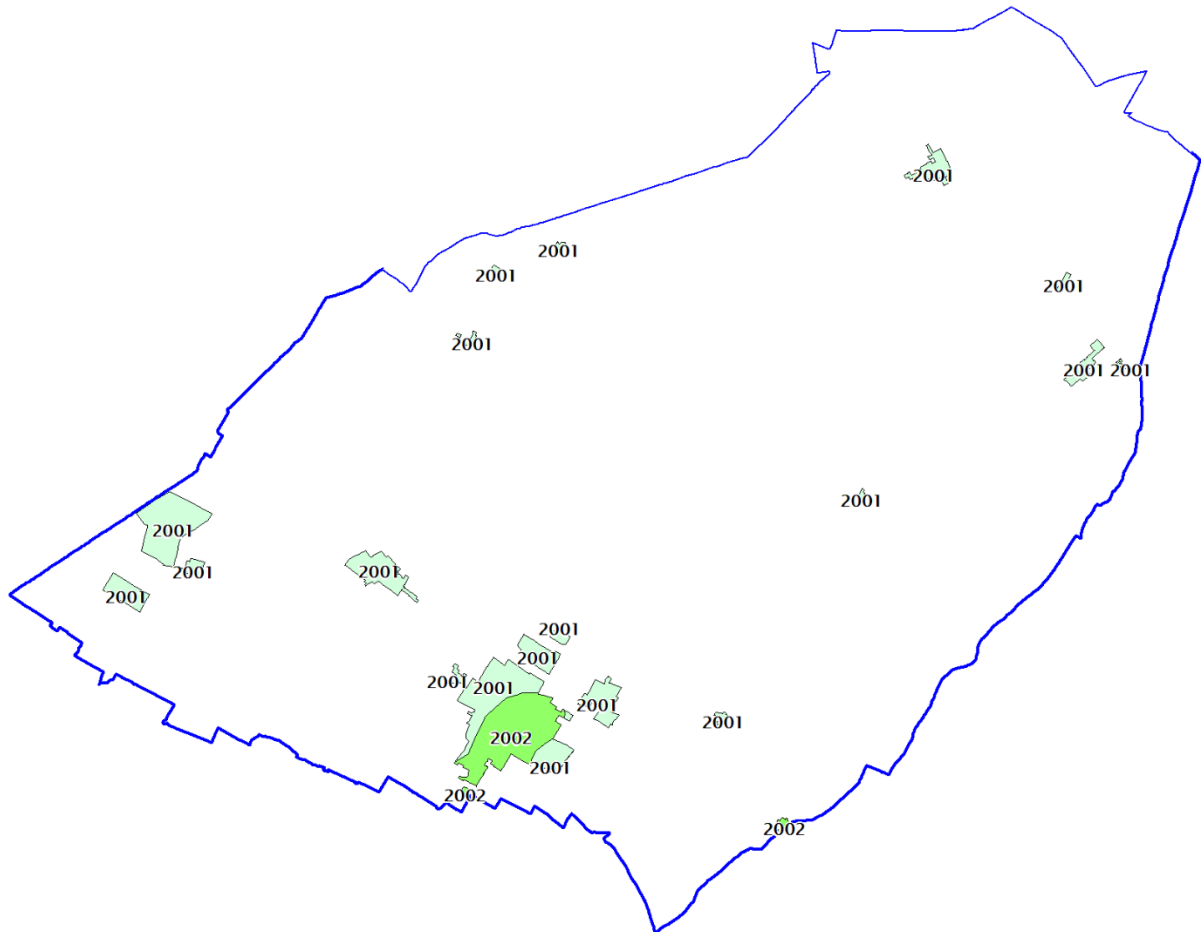
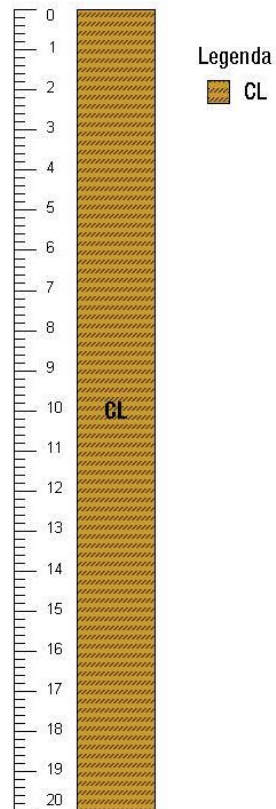


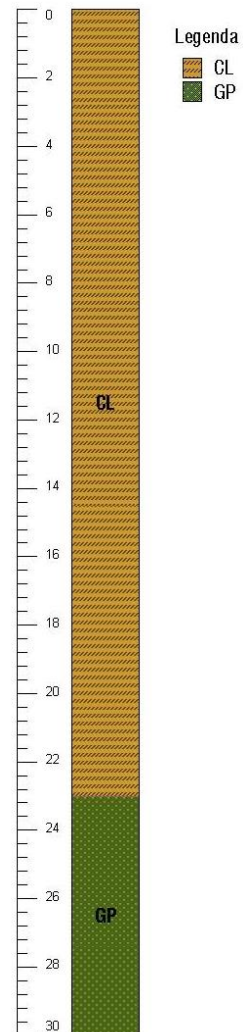
Fig. 8.3 – Estratto schematico della cartografia MOPS realizzata

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 35 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

MOPS 2001 – COMUNE DI MEDICINA



MOPS 2002 – COMUNE DI MEDICINA



Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 36 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

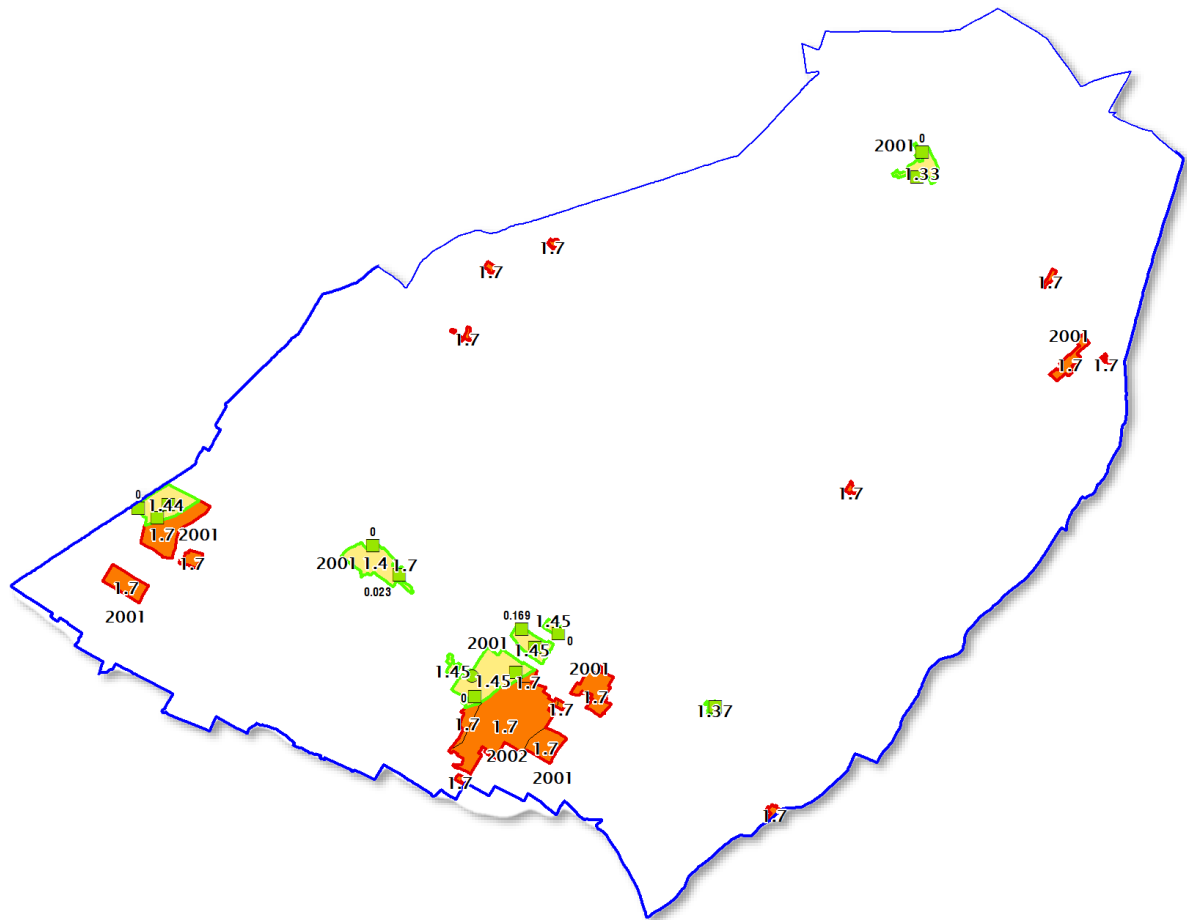
8.6. Carte di microzonazione sismica (Tavole da n. 6 a n. 17)

Le cartografie relative allo studio MS di II e 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. In accordo con quanto richiesto dal Dipartimento di Protezione Civile, è stata redatta una singola cartografia che raccoglie gli esiti delle analisi di II livello derivanti dallo studio precedente, congiuntamente agli esiti derivanti dall'approfondimento di III livello eseguito in sede del presente studio e in relazione alle aree instabili presenti.

Gli indici descrittivi dei fenomeni di amplificazione sismica rappresentati nelle cartografie sono i seguenti: F_{PGA} , $FH_{0.1s-0.5s}$ (SI1), $FH_{0.5s-1s}$ (SI2), $FH_{0.5s-1.5s}$ (SI3), $FA_{0.1s-0.5s}$ (SA1), $FA_{0.4s-0.8s}$ (SA2), $FA_{0.7s-1.1s}$ (SA3), $FA_{0.5s-1.5s}$ (SA4), $H_{MS\ 0.1s-0.5s}$, $H_{0.4s-0.8s}$, $H_{0.7s-1.1s}$, $H_{0.5s-1.5s}$. In sede della parametrizzazione di H_{MS} nel caso delle aree approfondite al II livello si è fatto riferimento al valore $ASI_{PU}/\Delta T$ derivante dal grigliato regionale mentre, in riferimento alle microzone approfondite al III livello, il valore è stato derivato direttamente dallo spettro. 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. Il caso del Comune di Medicina, a valle delle varie verifiche e analisi condotte in riferimento alle verticali di prova CPTU/CPT disponibili, non ha evidenziato particolari criticità in relazione a possibili fenomeni di liquefazione sismica. Sulla scorta di ciò e in relazione a quanto precedentemente illustrato, si ritiene ragionevole non indicare la presenza di alcuna microzona instabile all'interno delle porzioni di territorio valutate in termini di III livello di approfondimento.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 37 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

- FA = 1.3-1.4
- FA = 1.7-1.8

Valore puntuale dell'indice di Liquefazione IL (Sonmez, 2003)

Verticale di indagine CPTU/SCPT - Valore puntuale di IL calcolato nel range 0 m - 20 m (Boulanger & Idriss, 2014)

- Rischio liquefazione basso o nullo ($0 < IL < 2$)
- Rischio liquefazione moderato ($2 < IL < 5$)
- Rischio liquefazione alto ($5 < IL < 15$)

Valore puntuale dell'indice di Liquefazione IL (Sonmez, 2003)

Verticale di indagine CPT - Valore puntuale di IL calcolato nel range 0 m - 20 m (Boulanger & Idriss, 2014)

- Rischio liquefazione basso o nullo ($0 < IL < 2$)
- Rischio liquefazione moderato ($2 < IL < 5$)
- Rischio liquefazione alto ($5 < IL < 15$)

Elementi cartografici

- Aree di studio - Approfondimento II livello
- Aree di studio - Approfondimento III livello
- Limiti amministrativi

Fig. 8.4 – Estratto schematico della cartografia di III livello relativa al fattore di amplificazione della PGA;

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 38 a 48
		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. A corredo dell'analisi descritta, si è operato nell'aggiornamento e integrazione dei contenuti di II livello del precedente studio alla luce delle recenti normative regionale in materia (630/19 e 476/2021) e agli standard di rappresentazione ver. 4.2 .

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 programmatica 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 approcciare lo studio dell'amplificazione locale secondo metodi semplificati purché le condizioni meccaniche e geologiche del sottosuolo lo permettano.

SOGGETTO REALIZZATORE
GEO GROUP SRL

Gruppo di Lavoro
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari
Dott. Geol. Gabriele Ghirardini
Dott. Geol. Linda Veratti

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 39 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

10. Bibliografia

AA.VV. (2011) - Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n.2.

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.

Amorosi A., Caporale L., Cibir U., Colalongo M.L., Pasini G., Ricci Lucchi F., Severi P & Vaiani S.C. (1998a) – The Pleistocene littoral deposits (Imola Sands) of the Northern Apennines foothills. Il Giornale di Geologia, 60, 83-118.

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. e Idriss I. M. (2004) - Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes. Proc., 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, D. Doolin et al., ed Stallion Press, Vol. 1, 32-56.

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.

Cerrina Feroni A., Martelli L., Martinelli P. & Ottria G. (2002) - Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo in scala 1:250.000. Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, sismico e dei Suoli – CNR, Istituto di Georisorse e Geoscienze, Pisa. S.EL.CA., Firenze.

DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

Galli P., Castenetto S., Peronace E. (2012) – Terremoti dell'Emilia – maggio 2012 – Rilievo Macrosismico MCS speditivo – Rapporto finale. Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico.

Gruppo di lavoro MS (2008) – ICMS, Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. Disponibili nel sito web del Dipartimento della Protezione Civile, area "Rischio Sismico" all'indirizzo: http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833.

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019).

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 40 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H. - Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils.

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., Pileggi D., Rosselli S., Minarelli L., Pergalani F., Compagnoni M., Vannucchi C., Madiati C., Facciorusso J., Fioravante V., Giretti D., Mucciarelli M., Priolo E., Laurenzano G., Brammerini F., Speranza E., Conte C., Di Salvo G., Giuffre' M., Zuppiroli M., Guidi F., Vona V. Con Il Contributo Di Manicardi A., Mengoli B., Ugoletti C. e Ricci L. (2013) – Microzonazione sismica dell'area epicentrale del terremoto della pianura Emiliana del 2012 (Ord. 70/2012). Atti del 32° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Fisica della Terra Solida, Trieste, ISBN: 978-88-902101-7-4.

Ministero delle Infrastrutture (2018) – D.M. 17/01/2018 (G.U. n.42 del 20/02/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Relazione illustrativa Microzonazione Sismica Comune di Medicina – Dott. Geol. Giorgio Gasparini Ottobre 2017.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, ENI - AGIP (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000, Bologna.

Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, CNR - Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino (2002) - Carta Geologico-strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo - scala 1:250.000. Ed. SELCA, Firenze.

Regione Emilia Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Carta Geologica in scala 1:10.000 della regione Emilia-Romagna – cartografia interattiva consultabile on line: https://applicazioni.regione.emiliaromagna.it/cartografia_sgss.

Regione Emilia-Romagna - Delibera Regionale n.112/2007 - “Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della LR 20/2000 Disciplina generale sulla tutela del territorio, in merito a <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>>”. BURER n. 64 del 17 maggio 2007.

Regione Emilia-Romagna – Delibera della Giunta Regionale n. 2193/2015 - “Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>>, di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112”. BURER n. 4 del 8 gennaio 2016 parte seconda.

Regione Emilia-Romagna – Delibera della Giunta Regionale n. 630/2019 - “Atto di coordinamento tecnico 132 sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale ed urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n.24/2017”. BURER. n. 143 del 6 maggio 2019 parte seconda.

Regione Emilia Romagna – Delibera della Giunta Regionale n. 476/2021 (e DGR integrativa n.564/2021)- Aggiornamento dell’“Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 41 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

territoriale ed urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n.24/2017". Di cui alla Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019 n.630. BURERT n. 137 del 12/5/2021 (parte seconda) e BURERT n. 111 del 20/04/2021.

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

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2019). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>.

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.

Zhang G., Robertson P.K., and Brachman R.W.I. - Estimating I iquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground, 2001.

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 42 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision	
		00	

11. Allegati

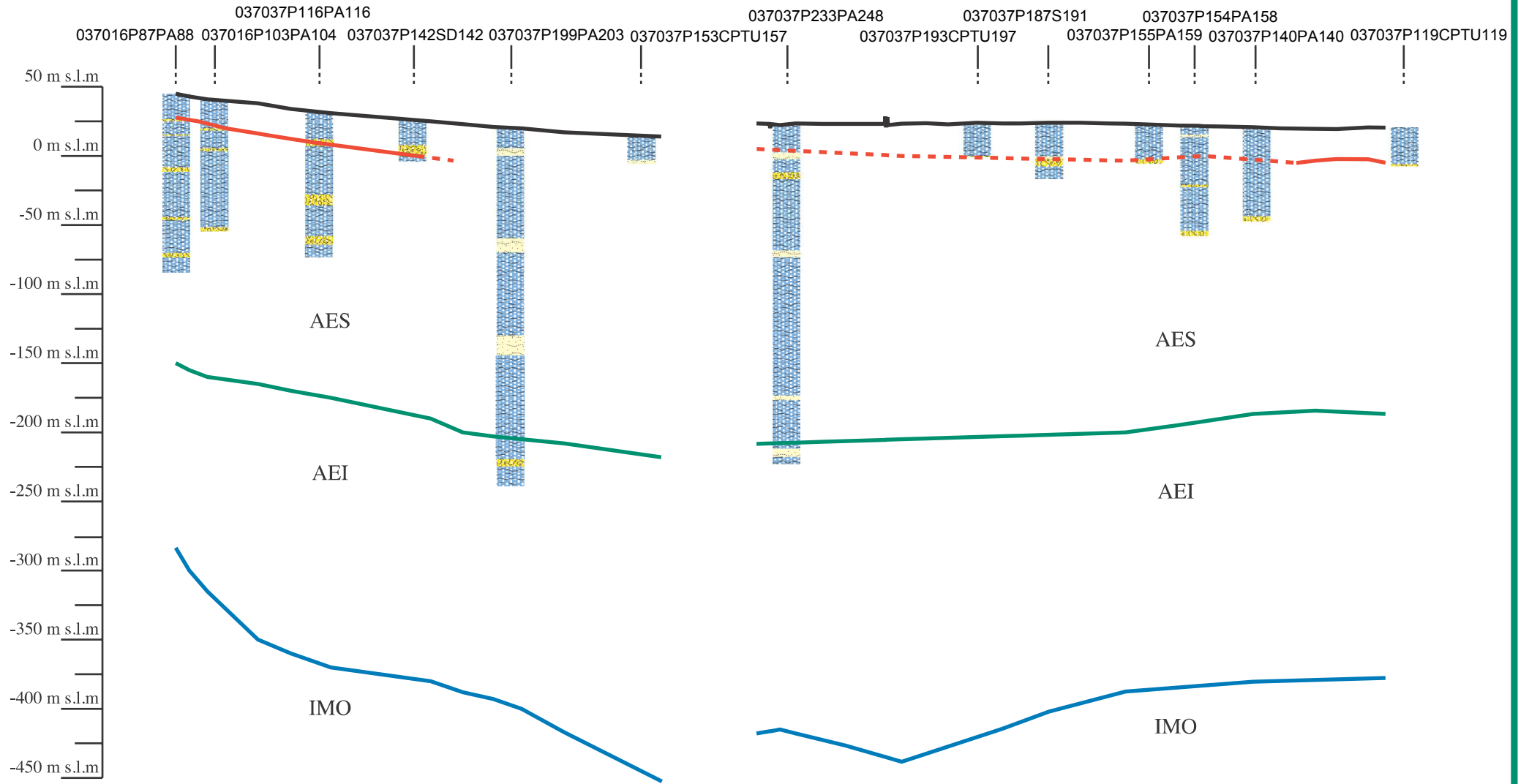
- Allegato 1 – Sezioni geologiche
- Allegato 2 – Verifica liquefazione – Medicina Capoluogo
- Allegato 3 – Verifica liquefazione – Villa Fontana
- Allegato 4 – Verifica liquefazione – Fossatone
- Allegato 5 – Verifica liquefazione – Sant’Antonio
- Allegato 6 – Verifica liquefazione – Via Nuova

Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 43 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	




ALLEGATO 1 – Sezioni geologiche

Medicina Sez. 1




Medicina Sez. 2



pozzi e carotaggi

-  Argille, Argille limose, limi e limi sabbiosi
 -  Sabbie, sabbie ghiaiose ed argilloso - limose
 -  Ghiaie, ghiaie sabbiose ed argillose
- 221160P623 - numero banca dati RER e Circondario

limiti unità stratigrafiche

-  isobata Tetto Ghiaie
-  isobata depositi AES
-  isobata depositi AEI

unità stratigrafiche

- AES** Sistema Emiliano Romagnolo Superiore
- AEI** Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore
- IMO** Sabbie di Imola

Scala 1:100.000

esagerazione verticale 25X

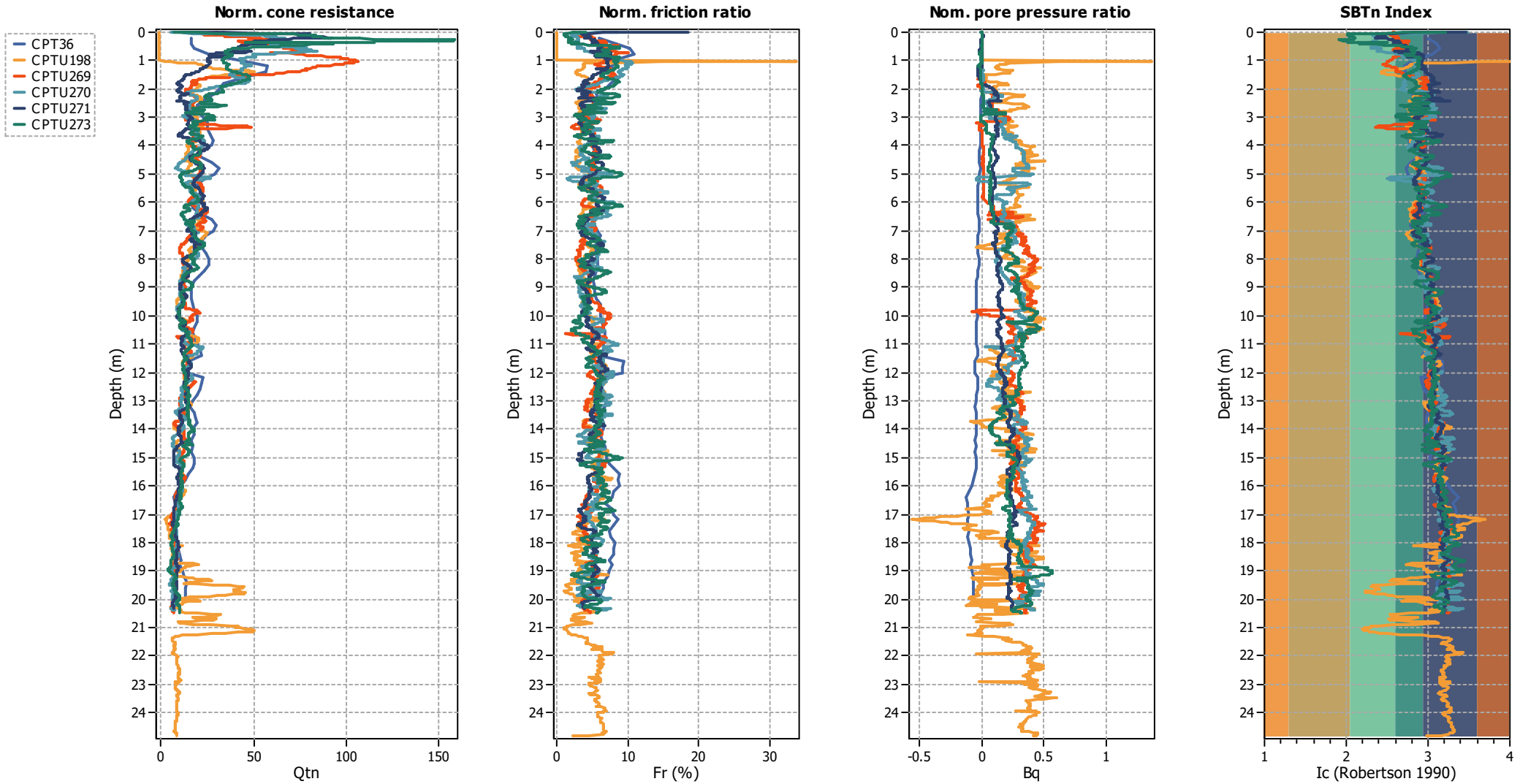
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 44 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

ALLEGATO 2– Verifiche liquefazione

Medicina Capoluogo

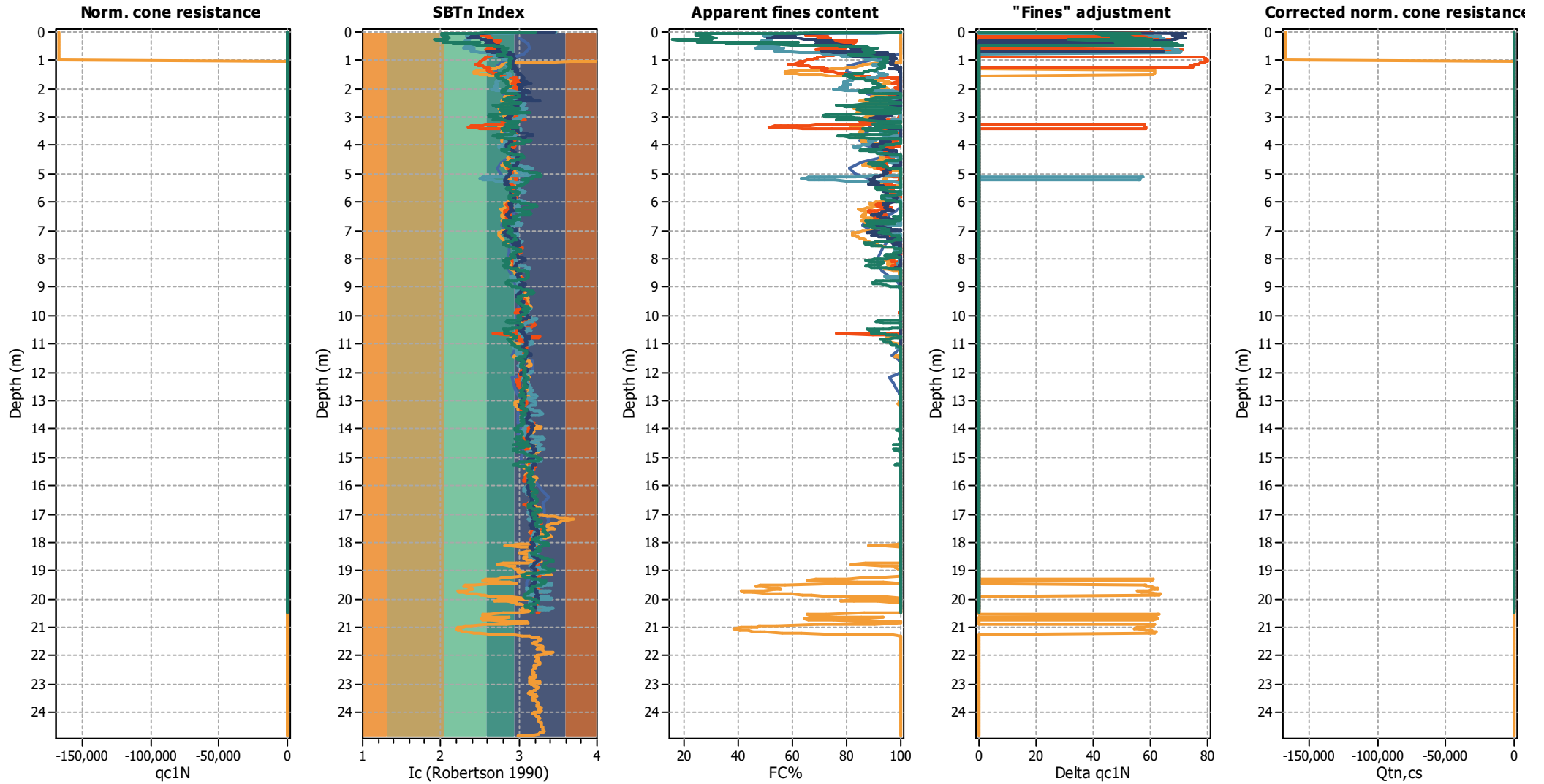
Project:

Overlay Normalized Plots



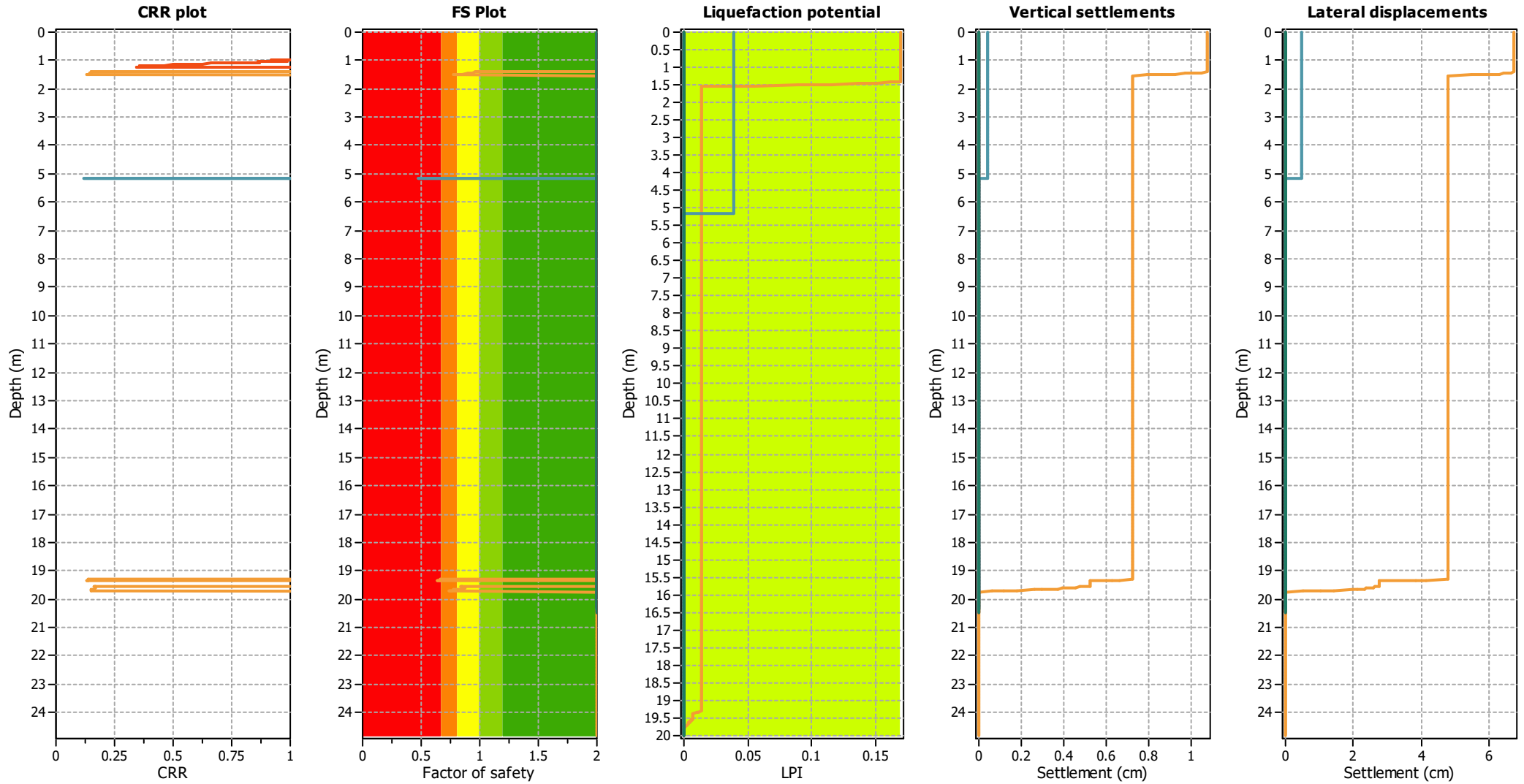
Project:

Overlay Intermediate Results



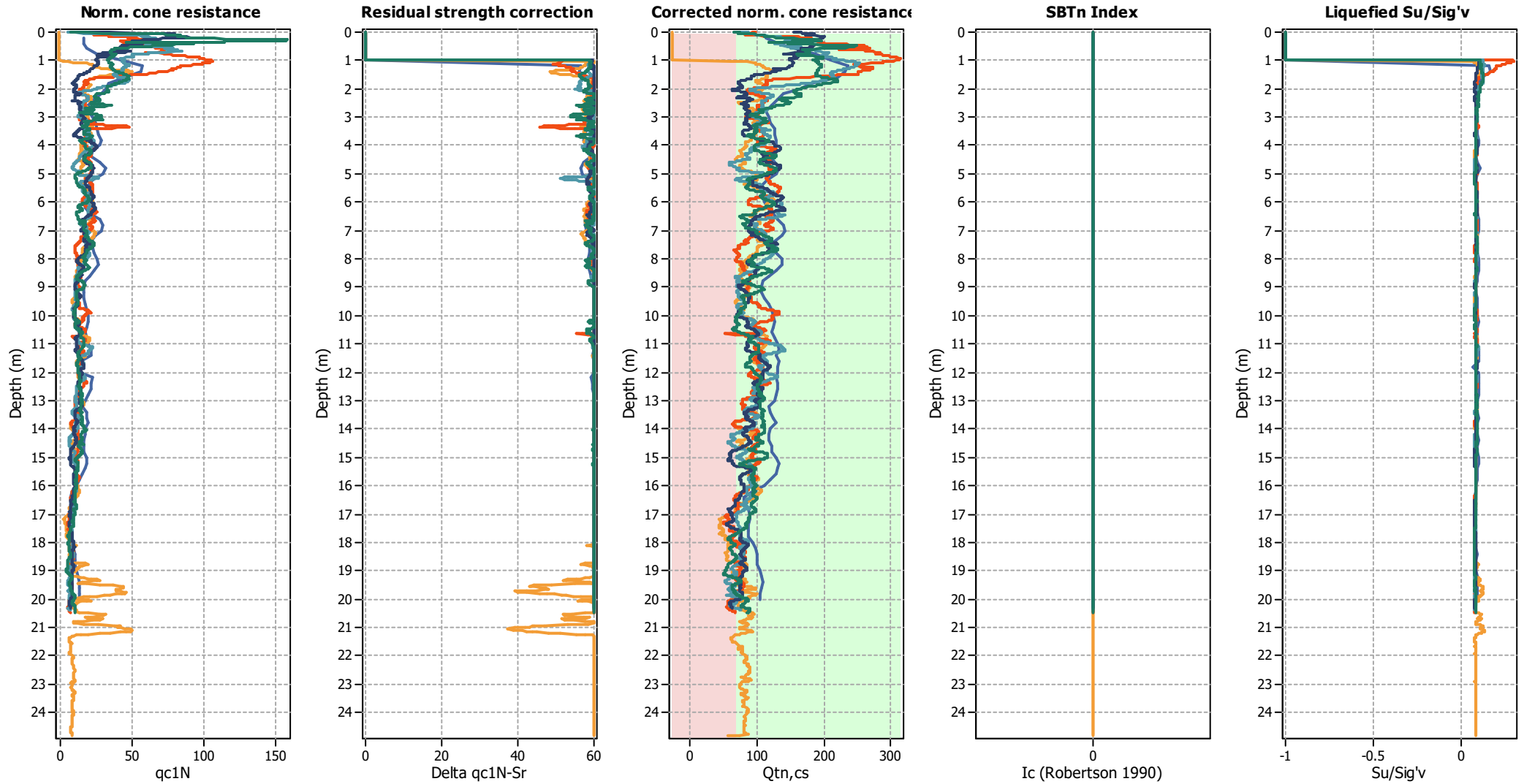
Project:

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Project:

Overlay Strength Loss Plots



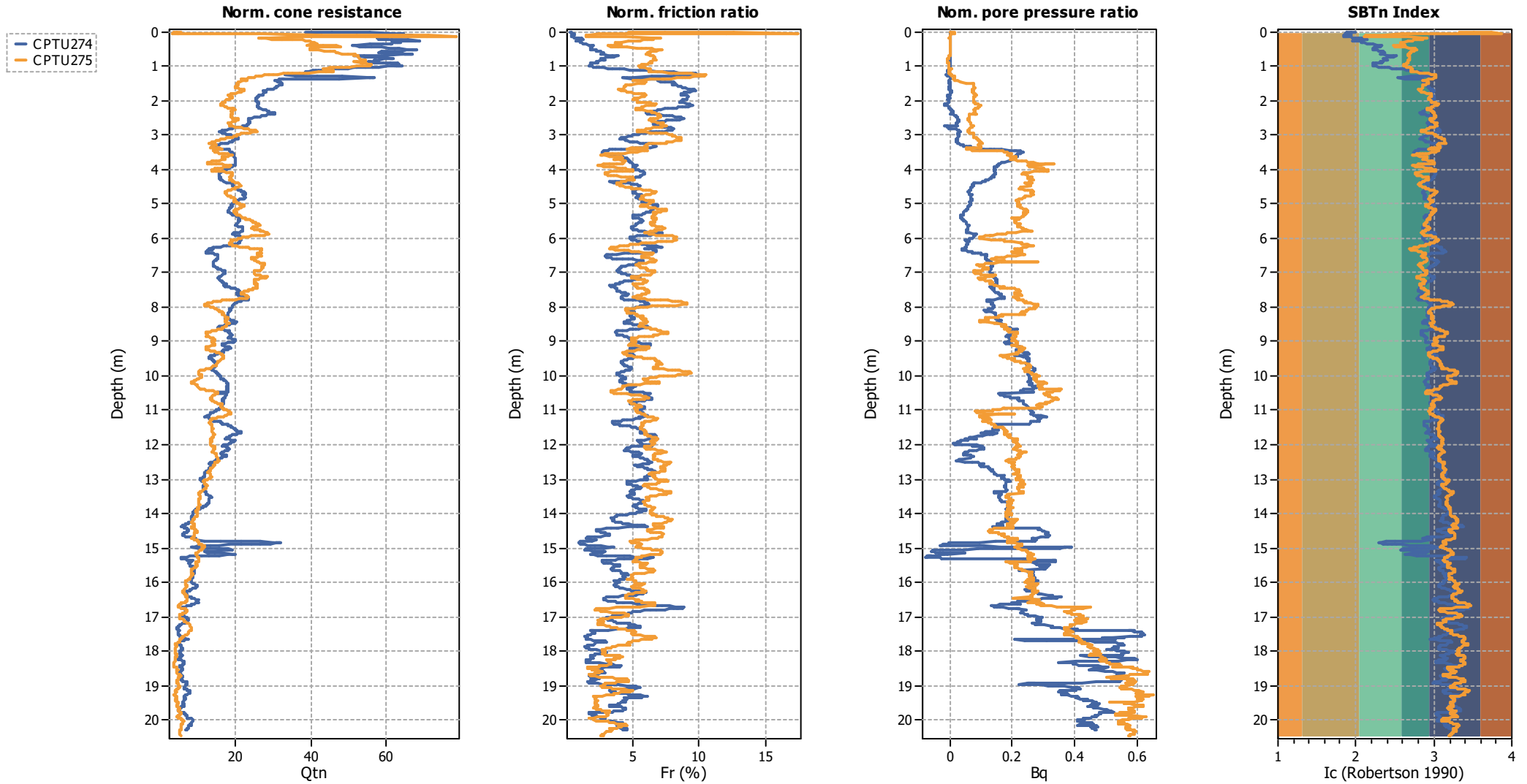
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 45 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

ALLEGATO 3– Verifiche liquefazione

Villa Fontana

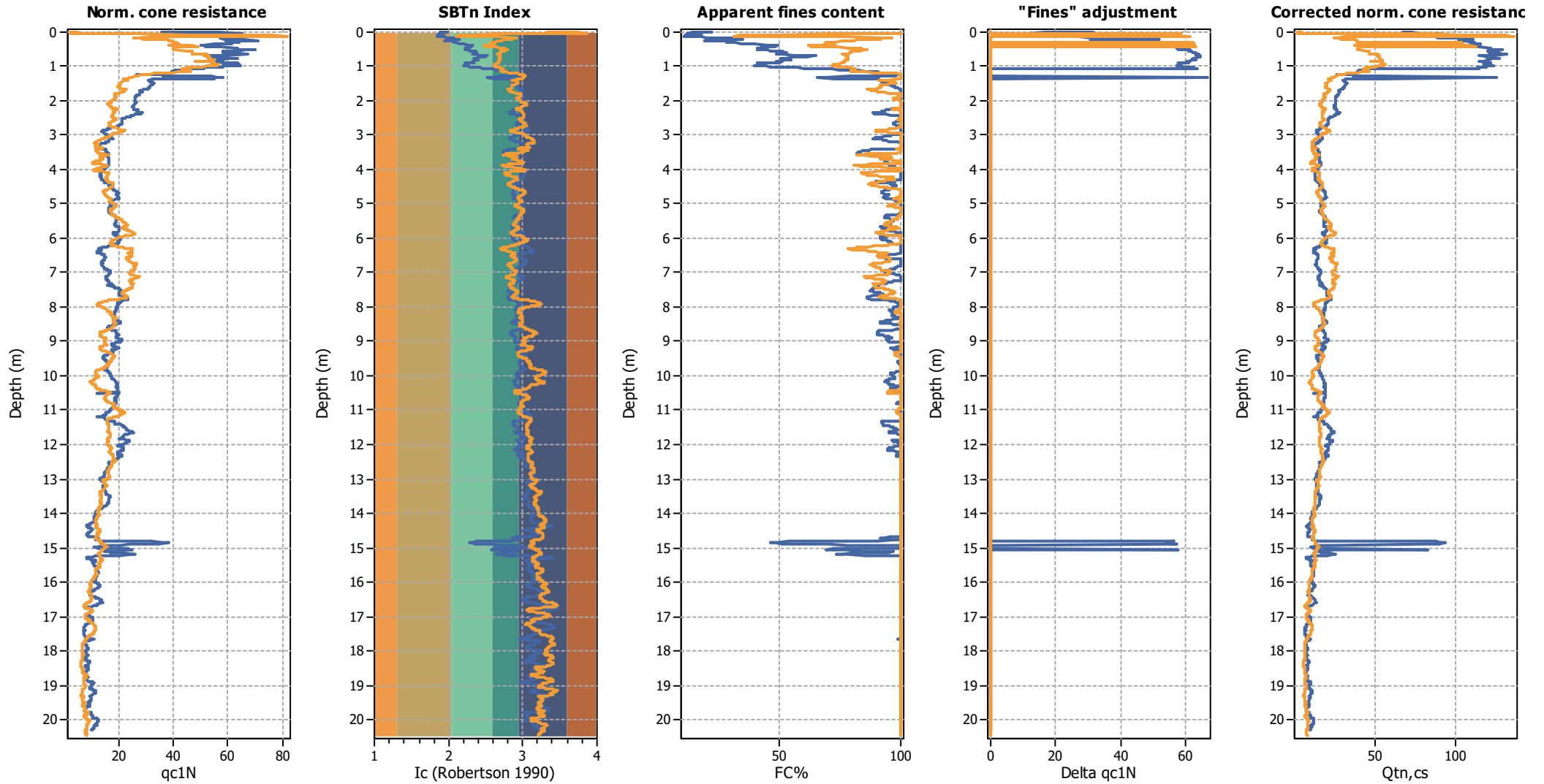
Project:

Overlay Normalized Plots



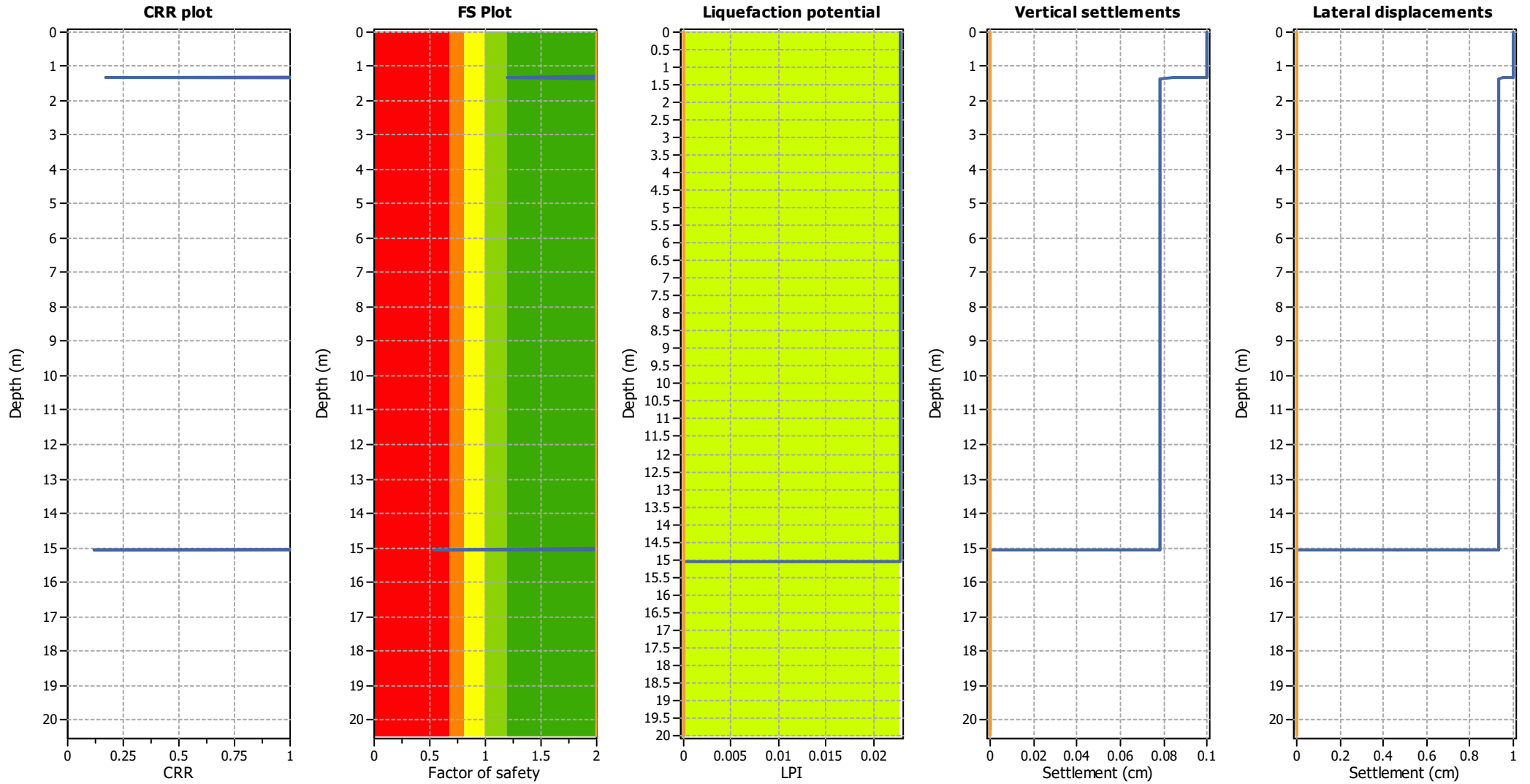
Project:

Overlay Intermediate Results



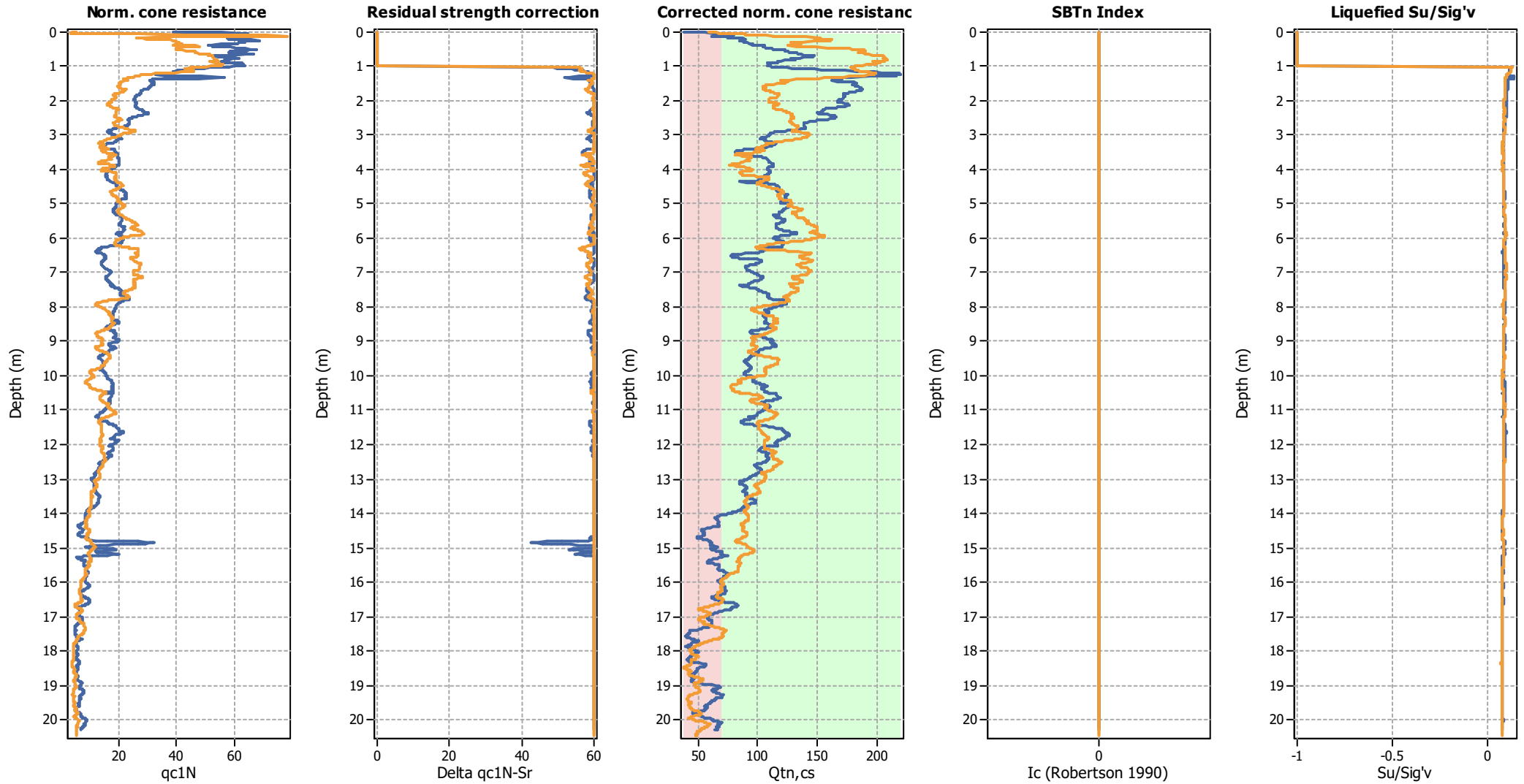
Project:

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Project:

Overlay Strength Loss Plots



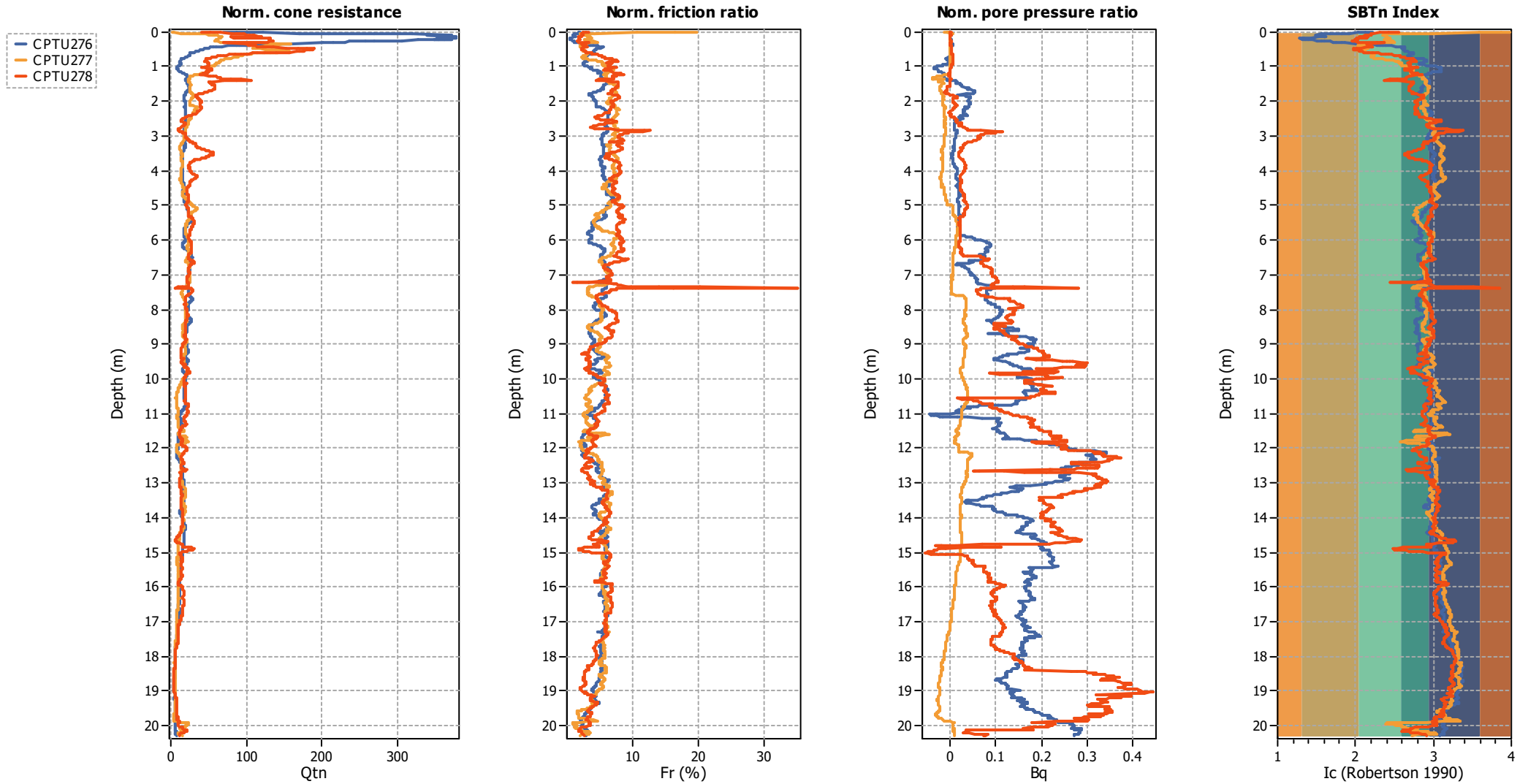
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 46 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

ALLEGATO 4– Verifiche liquefazione

Fossatone

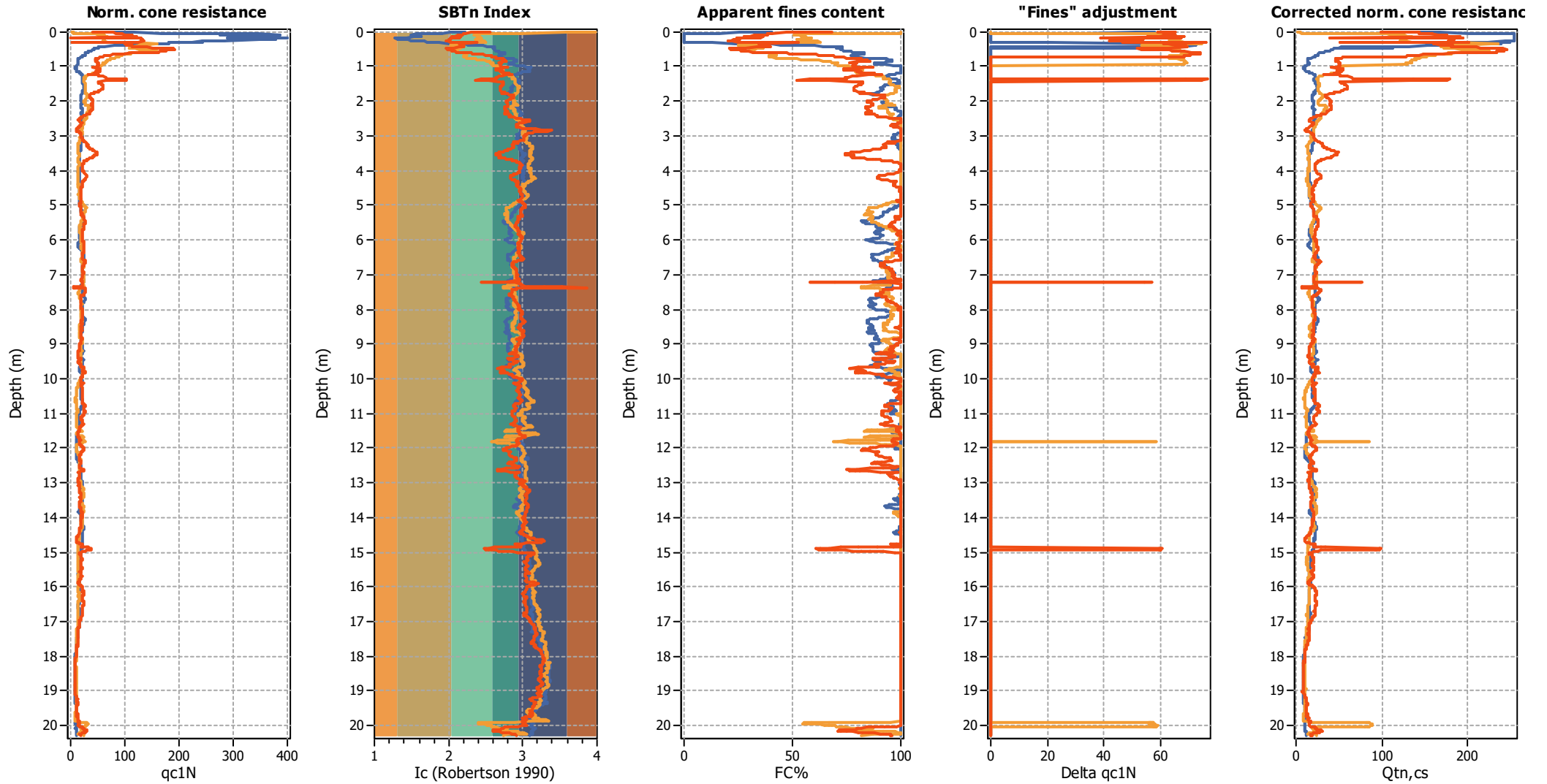
Project:

Overlay Normalized Plots



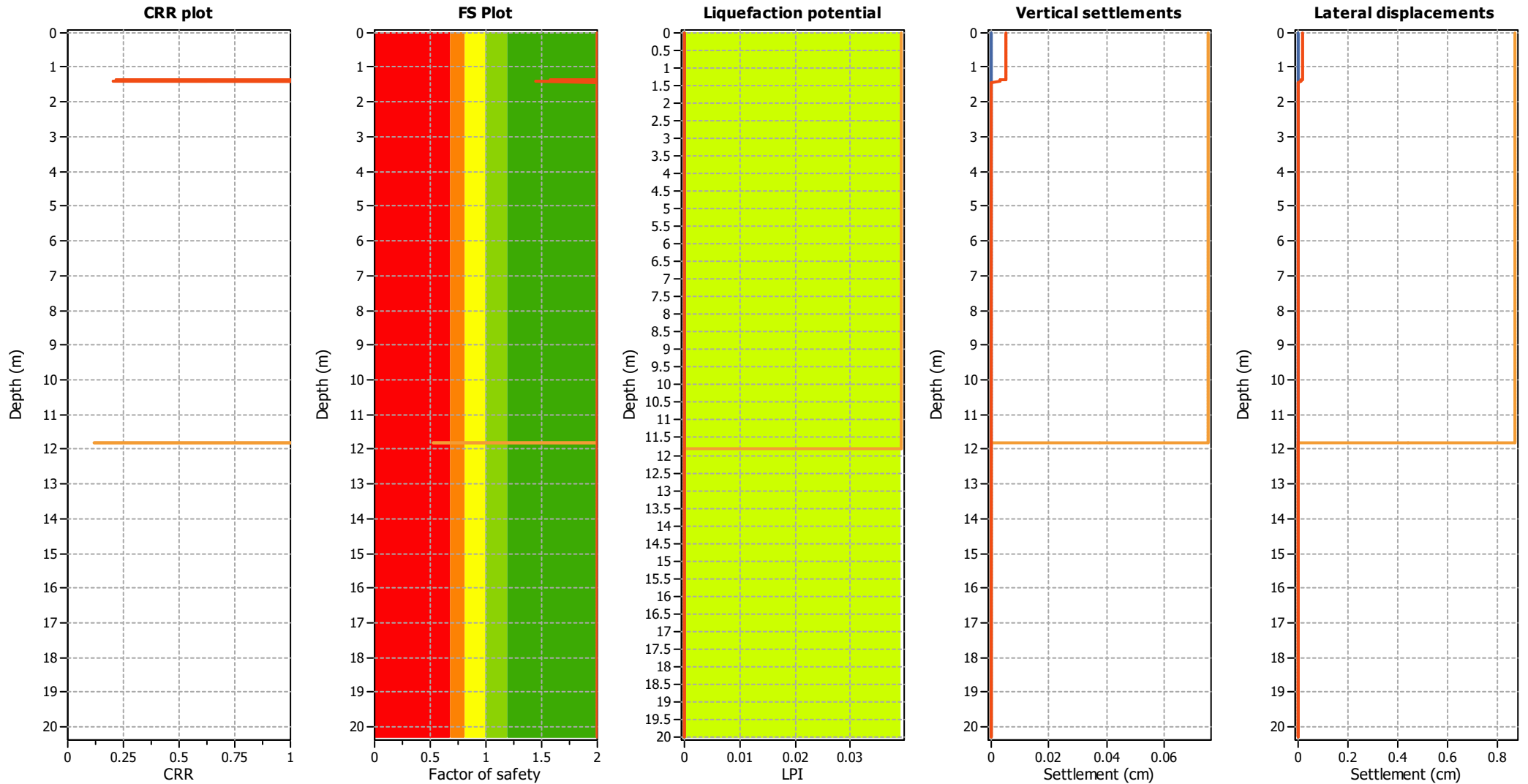
Project:

Overlay Intermediate Results



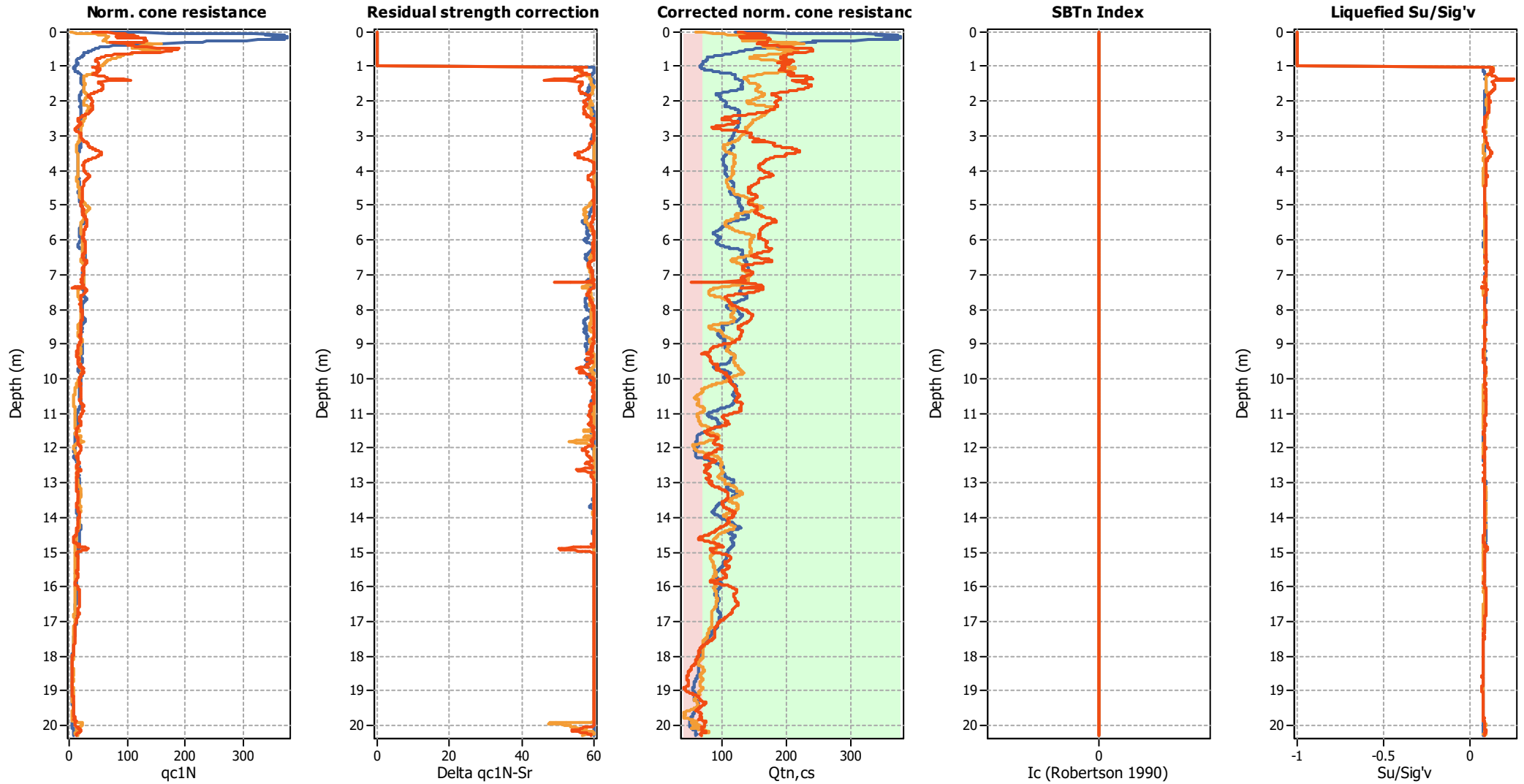
Project:

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Project:

Overlay Strength Loss Plots



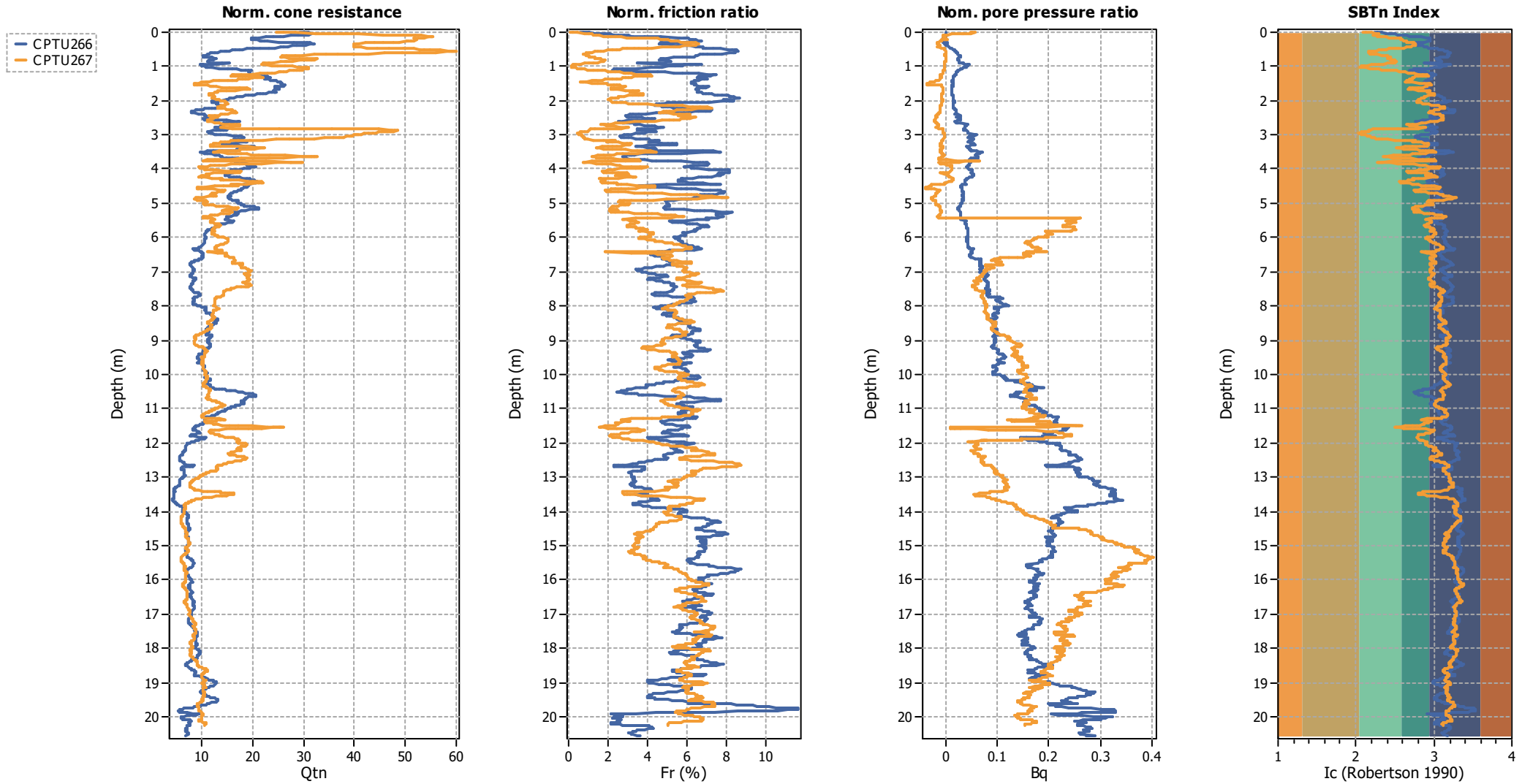
Cliente/Customer	Progetto/Project	Descrizione Doc. / Doc. Description	Pagina/Page
NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE	RELAZIONE TECNICA STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI MEDICINA	Relazione tecnica	Pag. 47 a 48
		Revisione Doc / Doc. Revision 00	

ALLEGATO 5– Verifiche liquefazione

Sant'Antonio

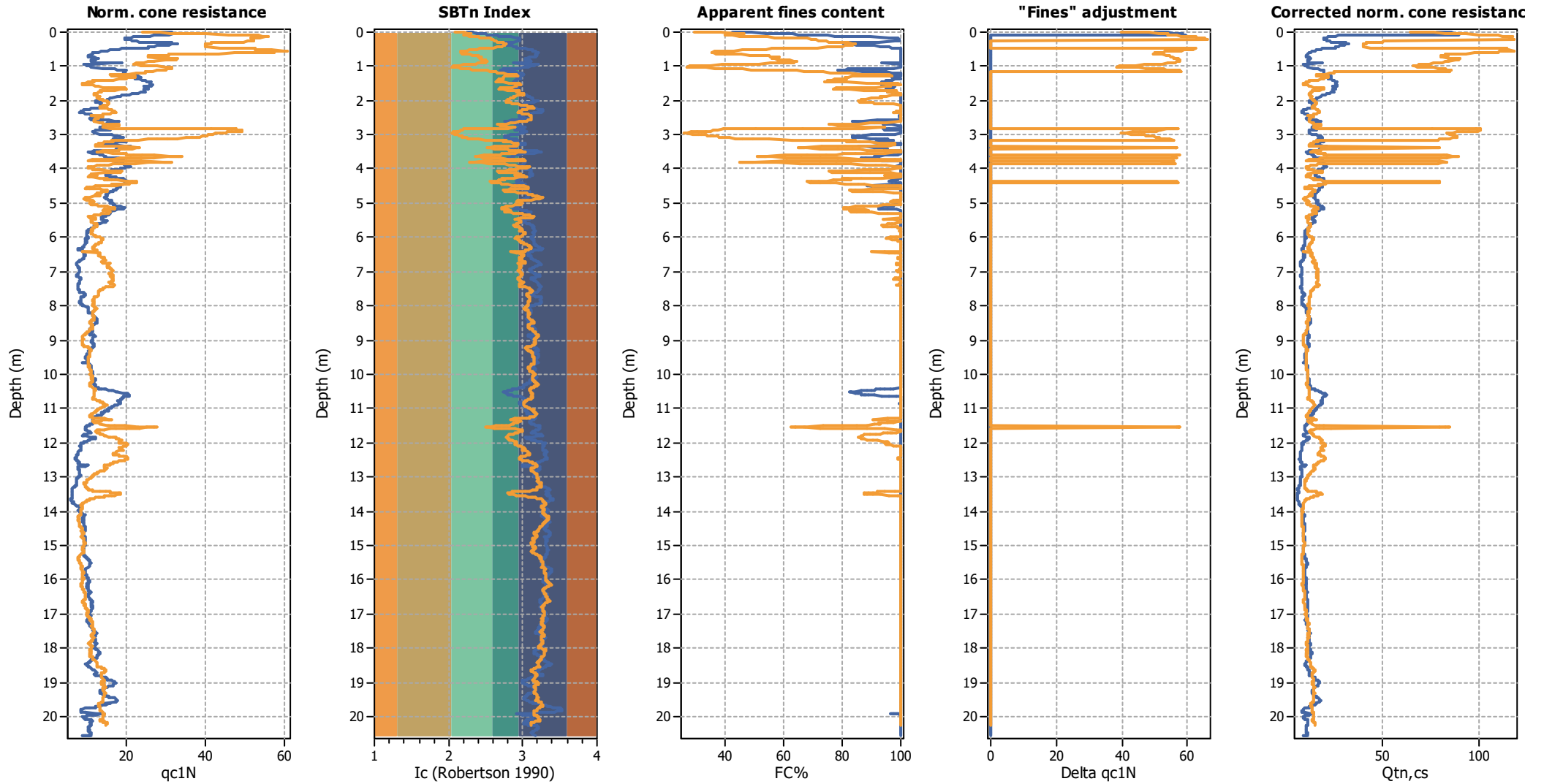
Project:

Overlay Normalized Plots



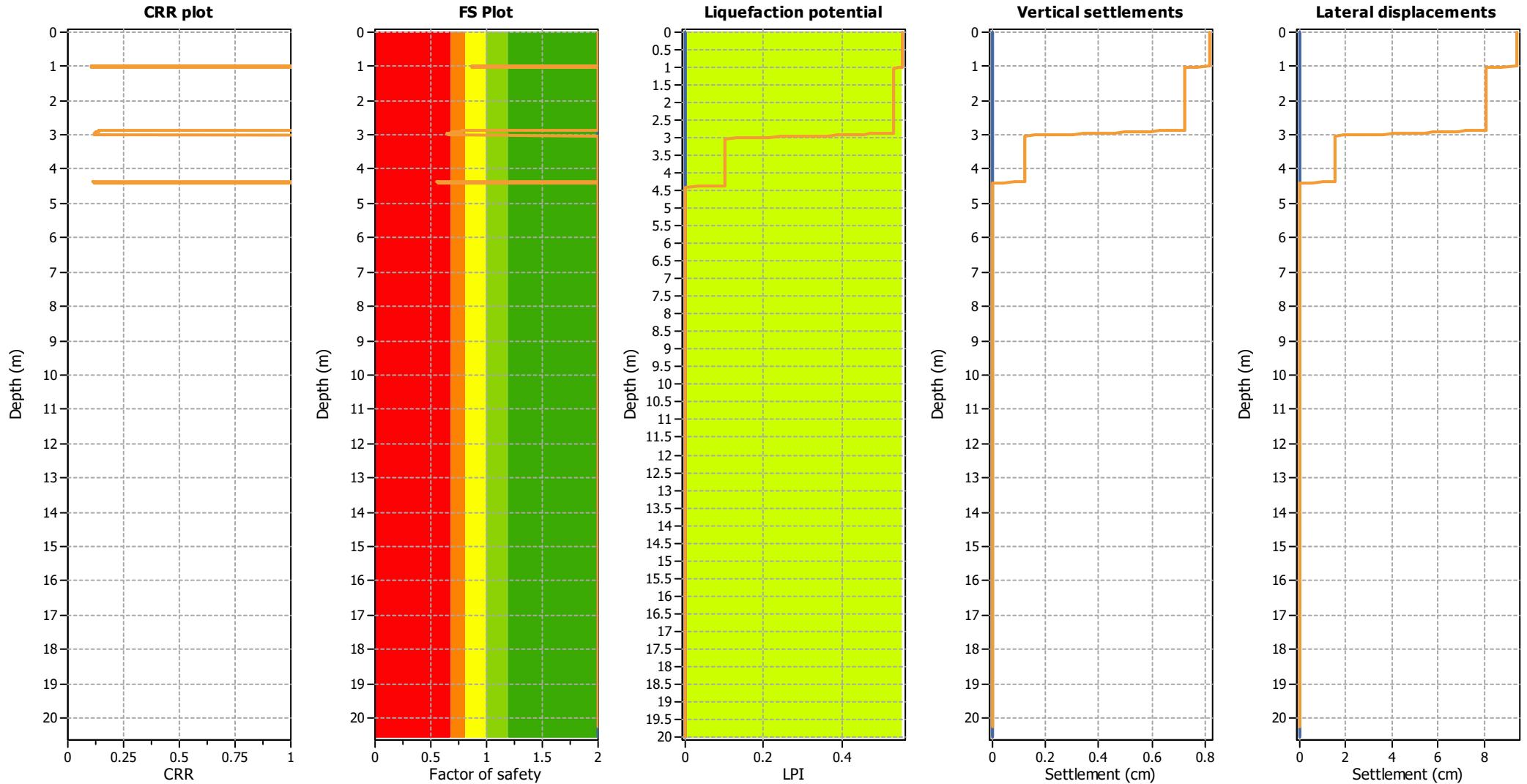
Project:

Overlay Intermediate Results



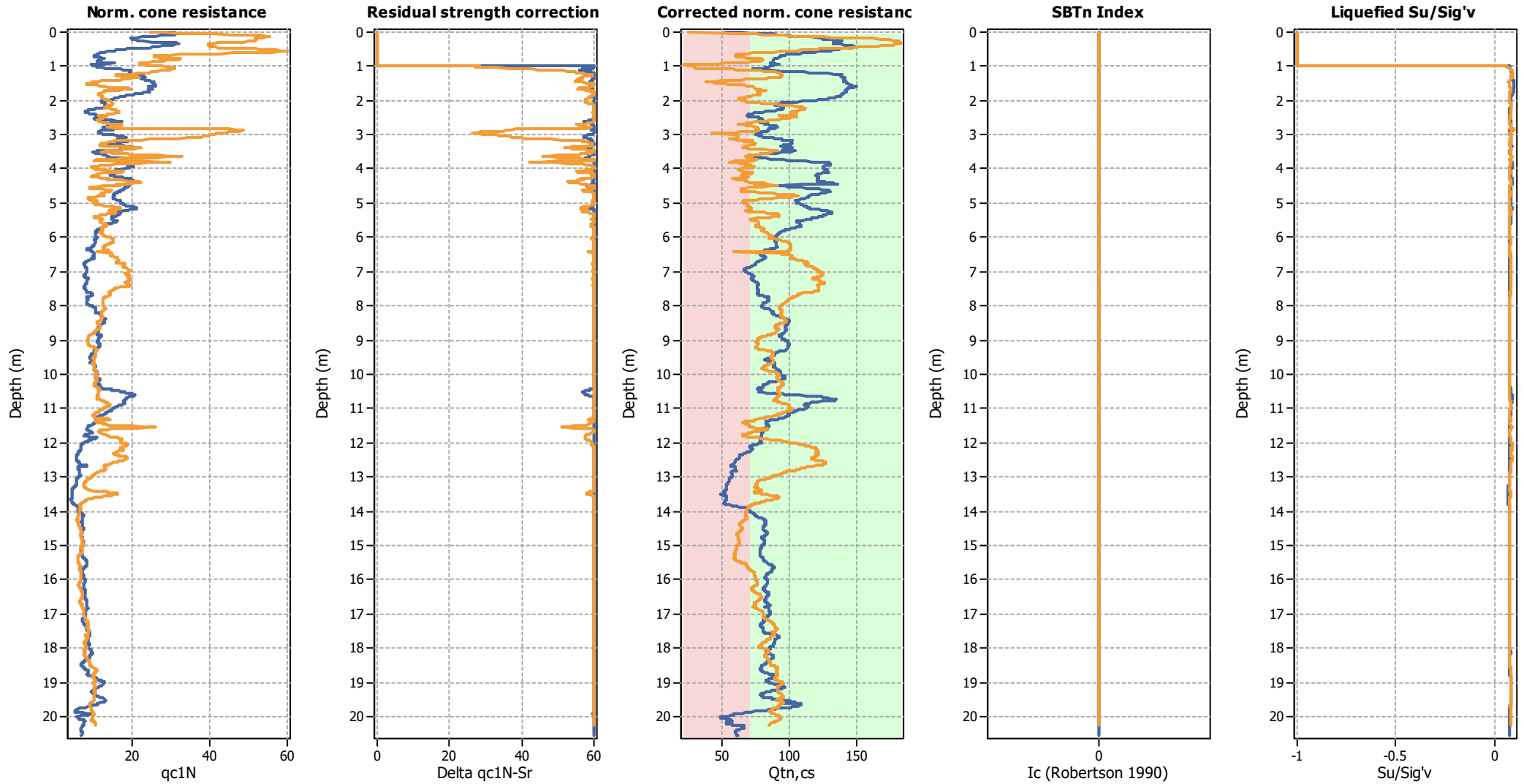
Project:

Overlay Cyclic Liquefaction Plots



Project:

Overlay Strength Loss Plots



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

ALLEGATO 6– Verifiche liquefazione

Via Nuova

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

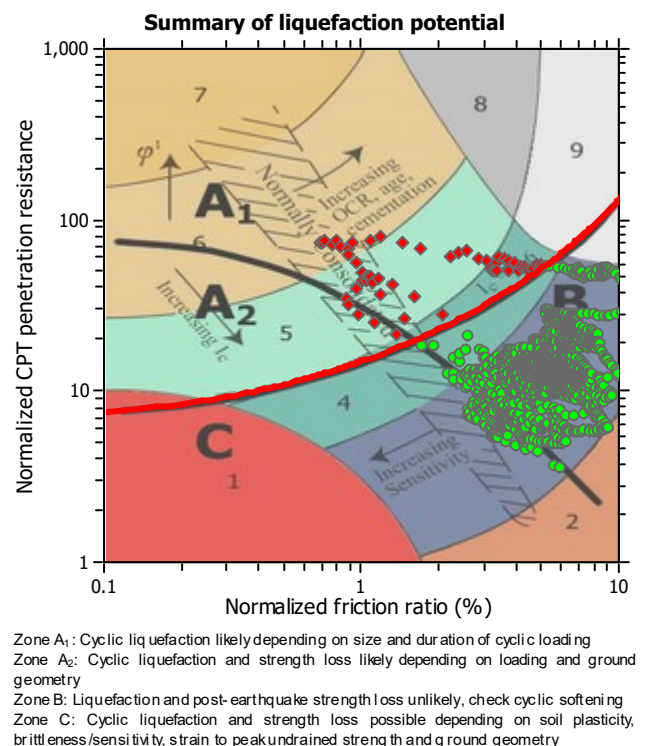
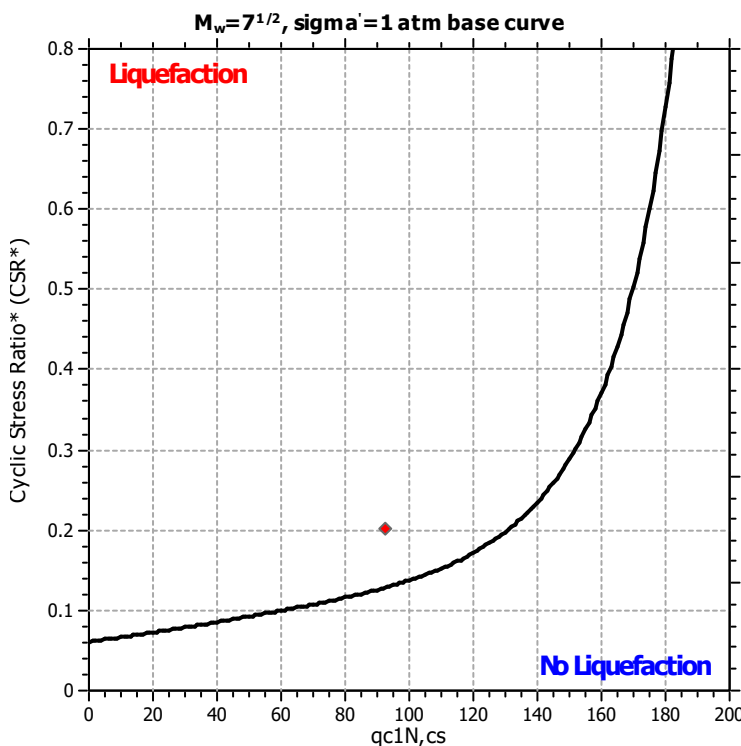
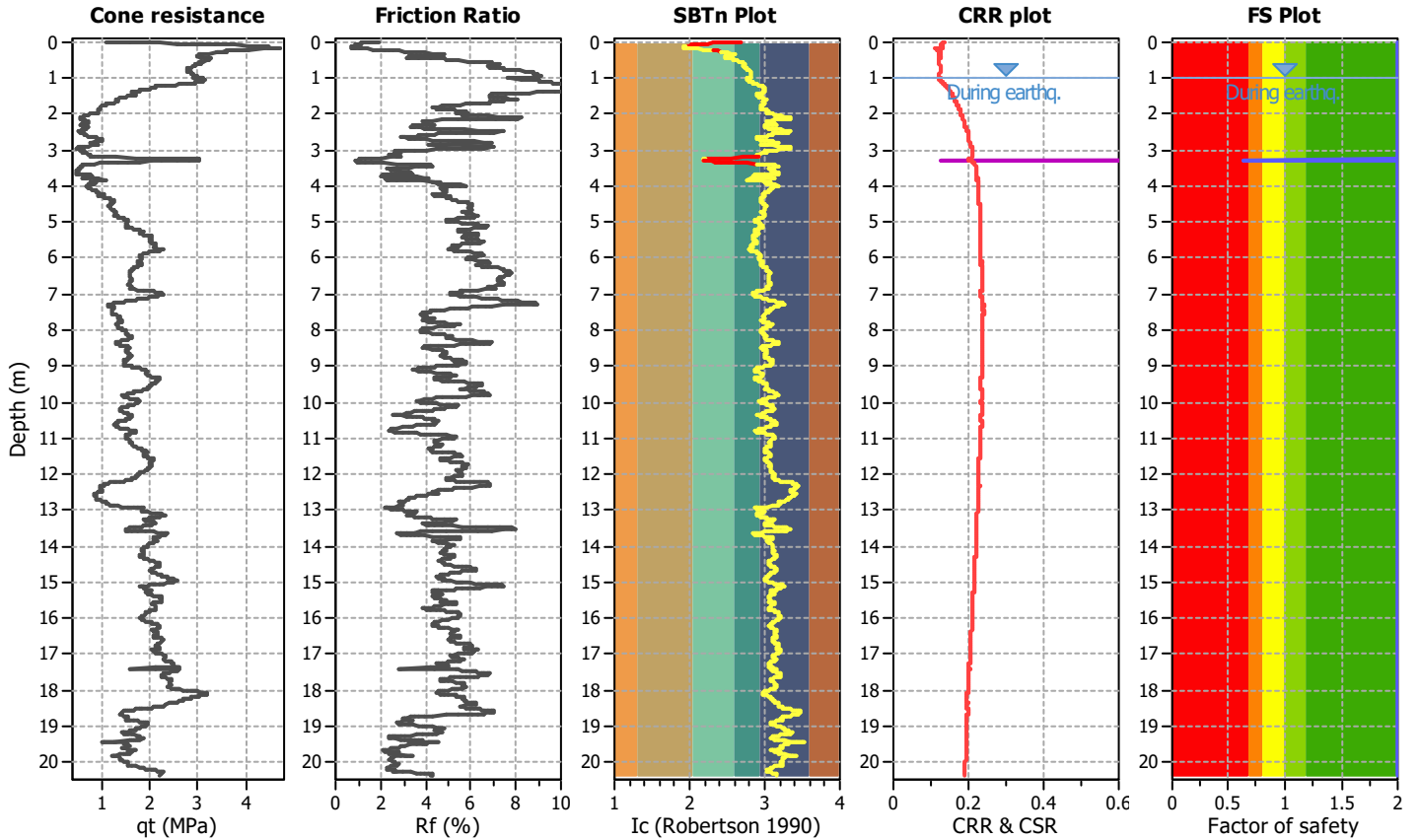
Project title :

Location :

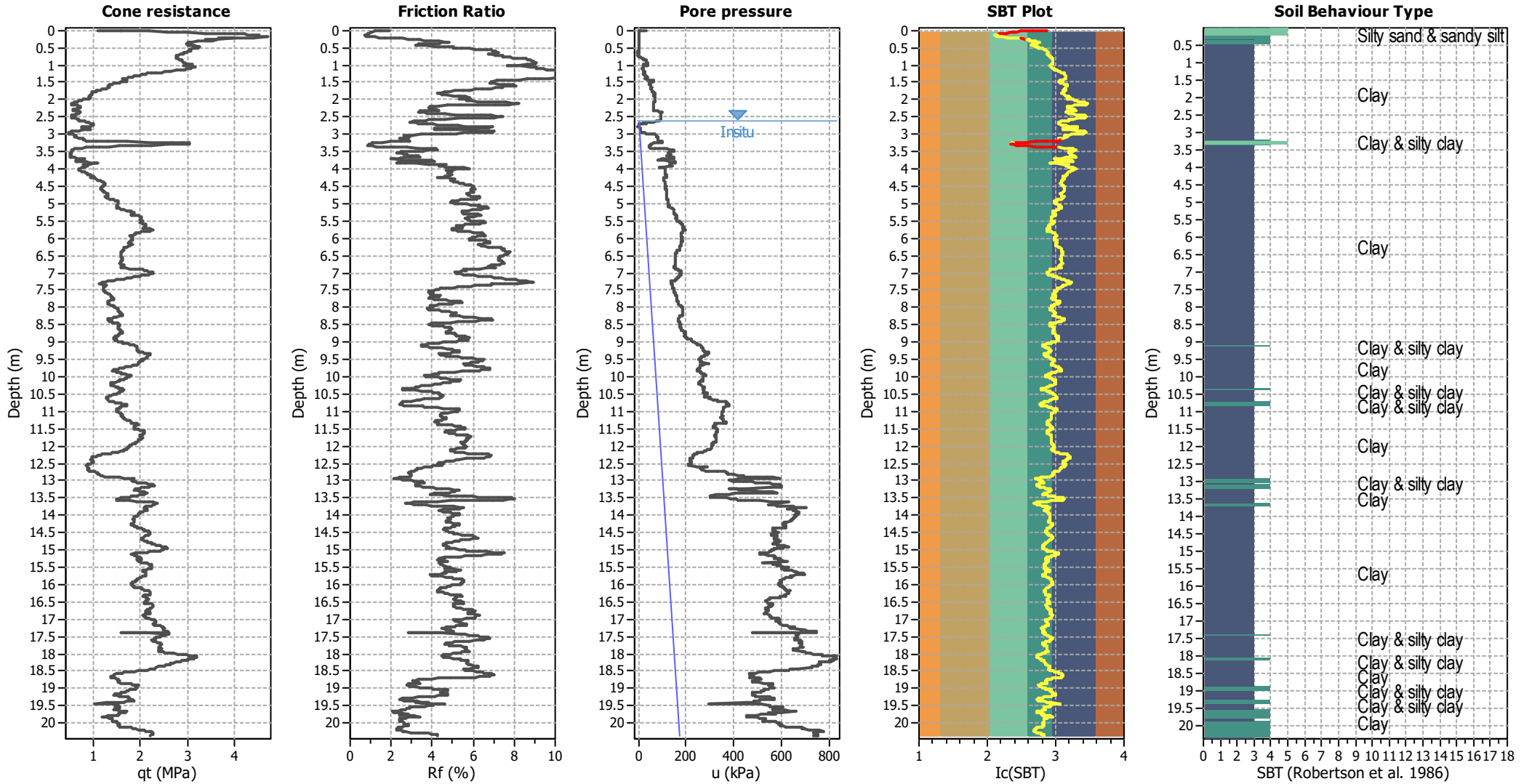
CPT file : CPTU268

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.25	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		



CPT basic interpretation plots



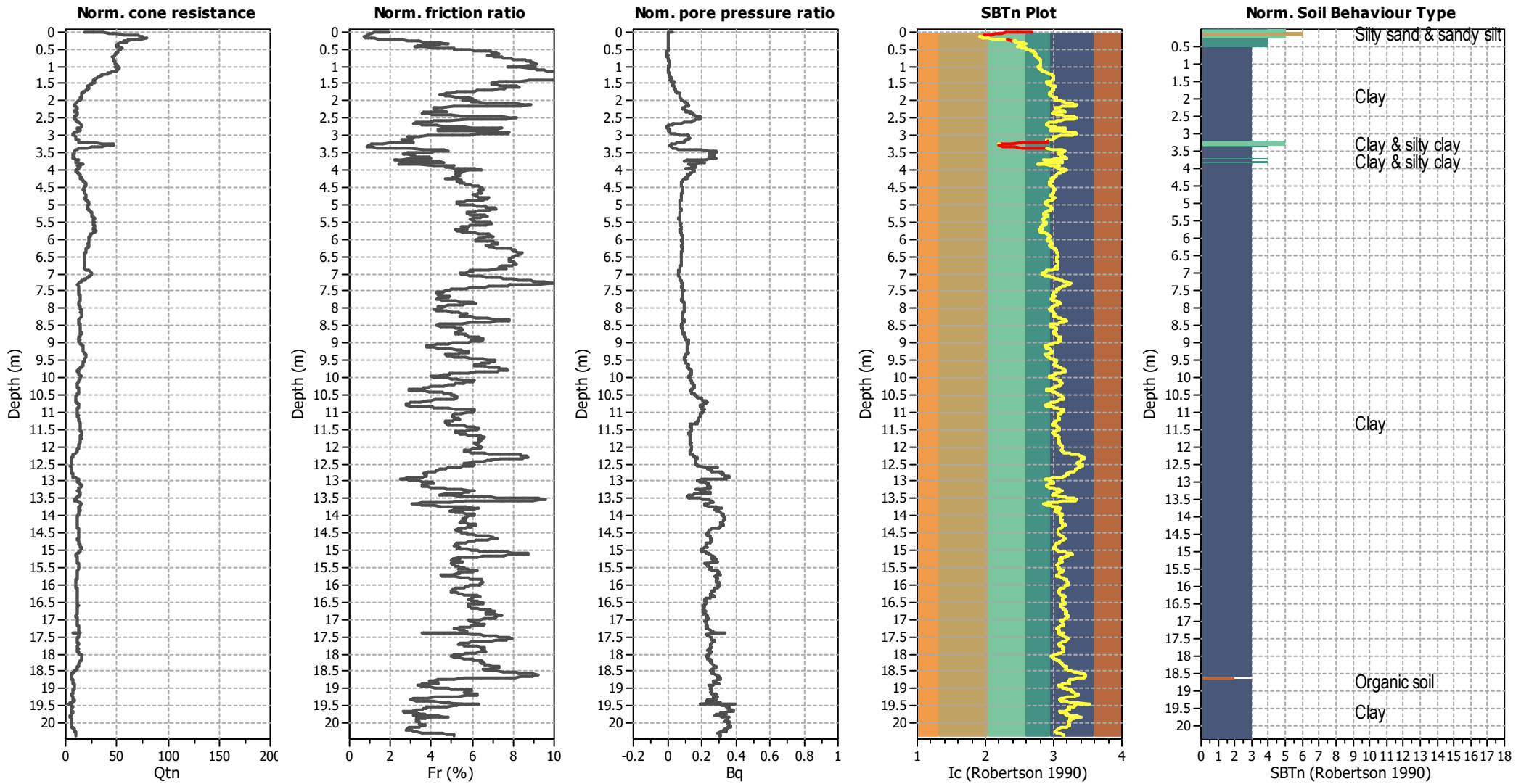
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

CPT basic interpretation plots (normalized)



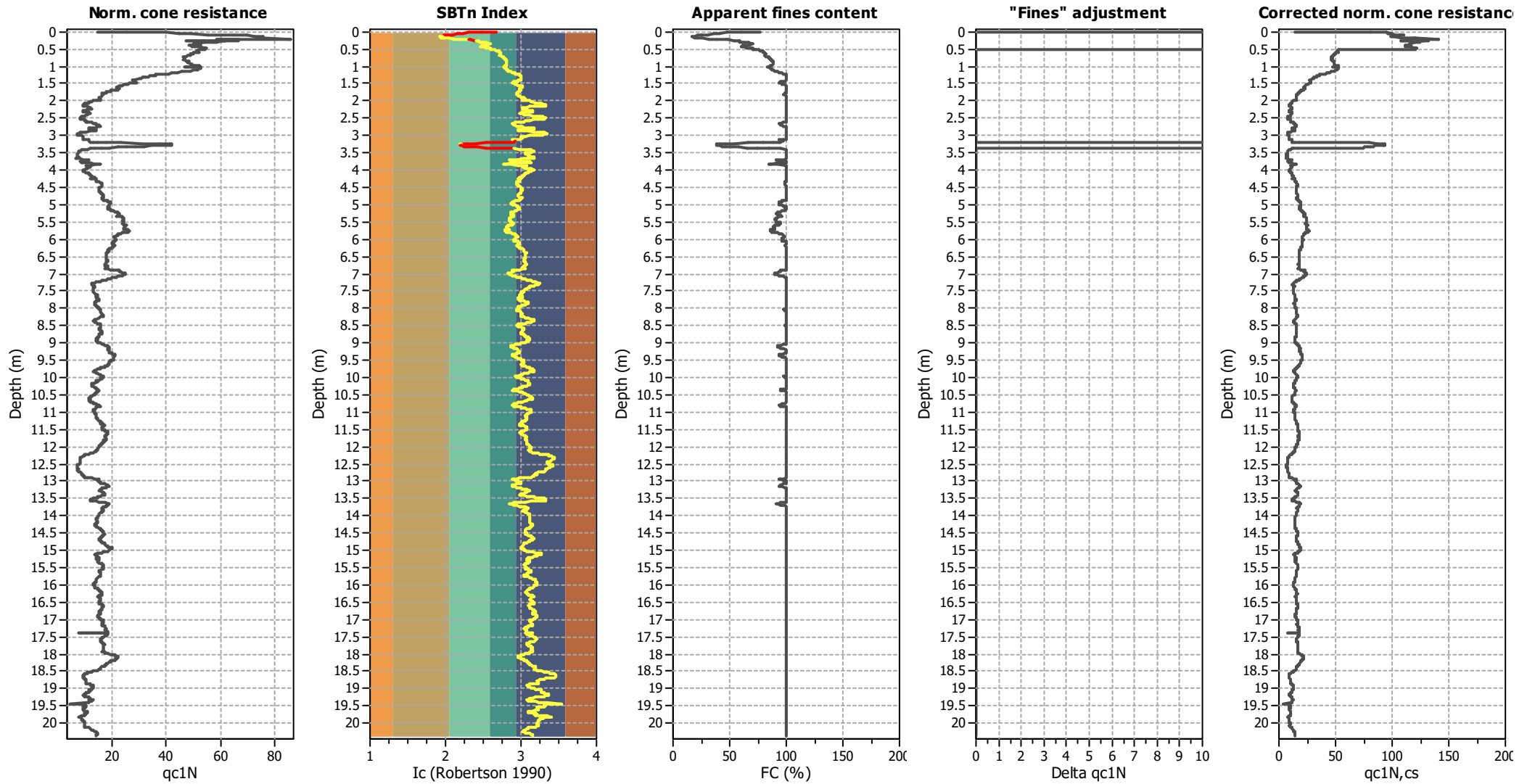
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

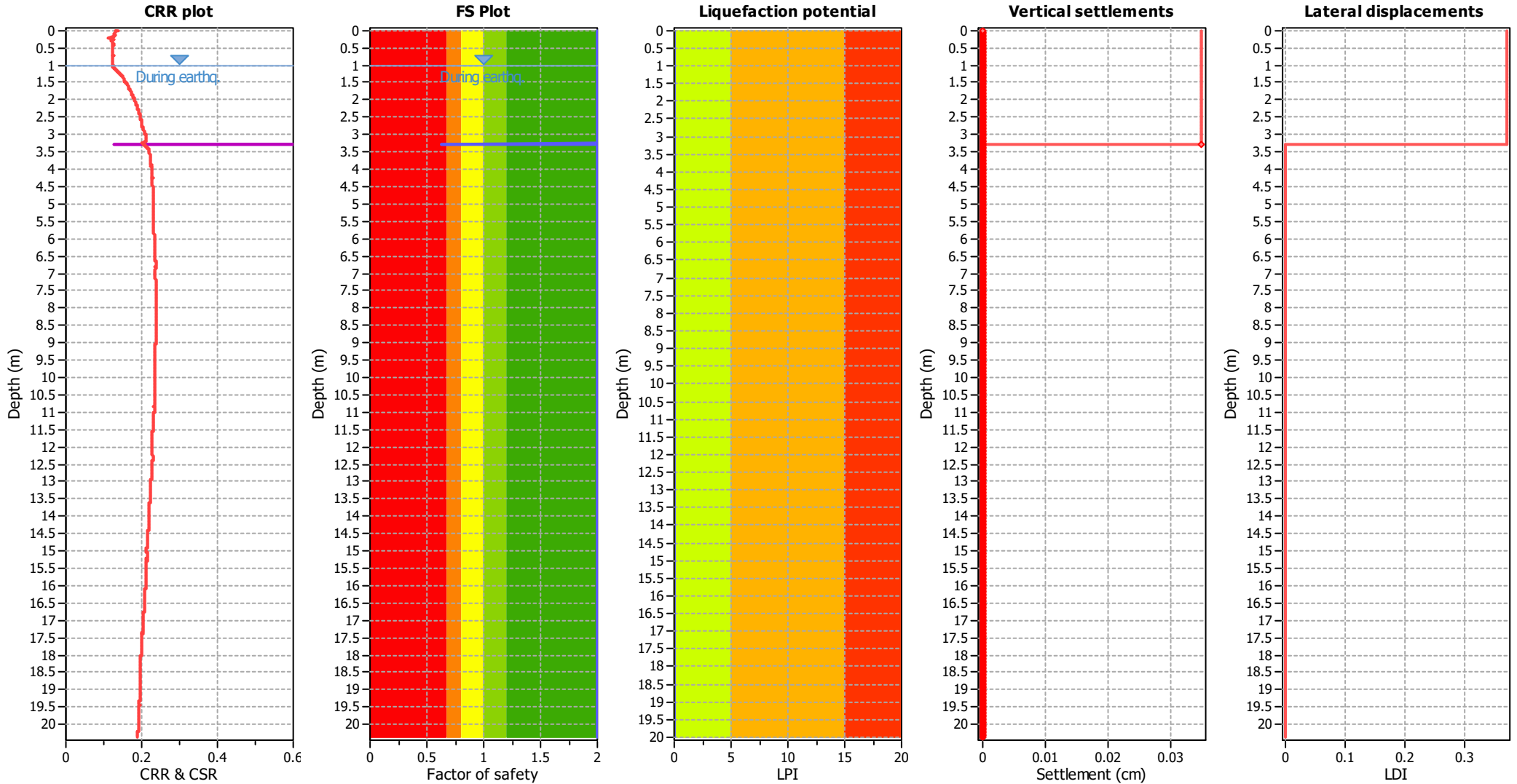
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

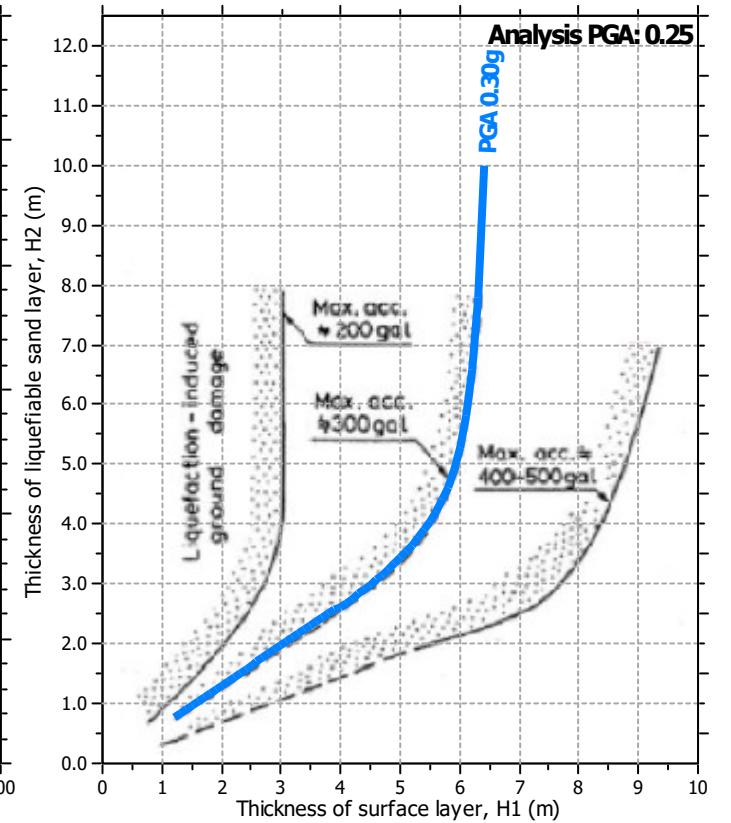
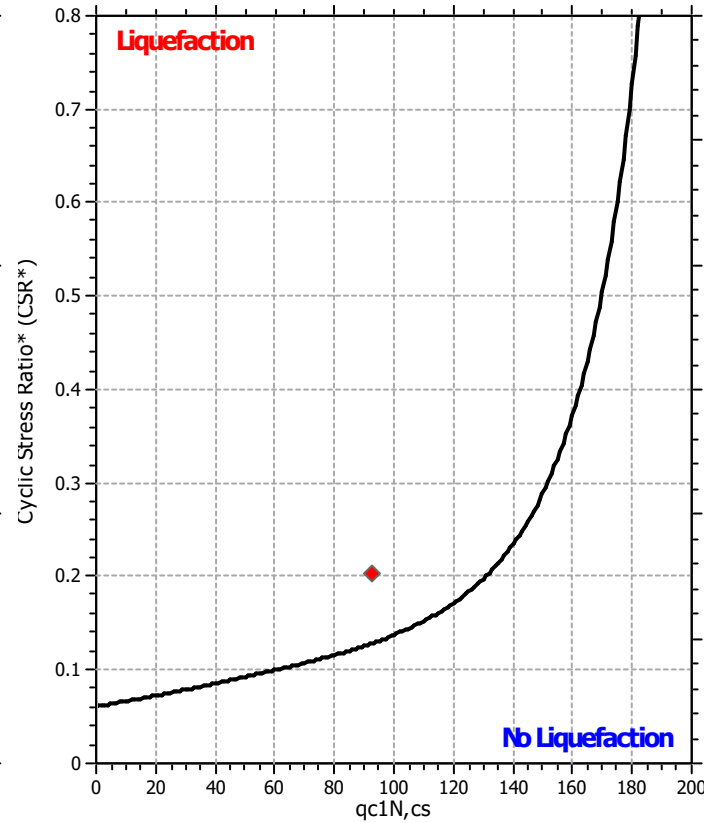
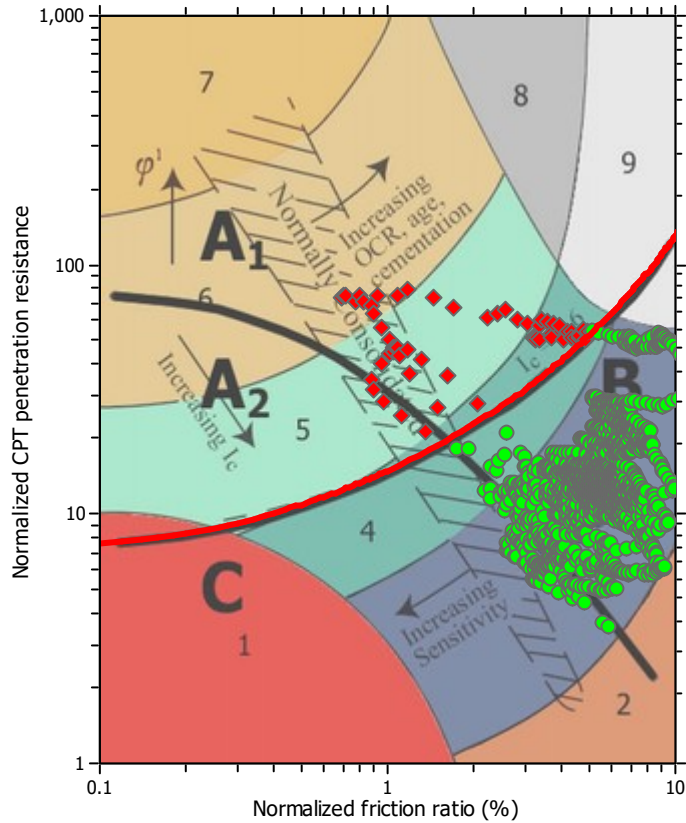
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{ϕ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m