



Effetto SISMA 2012

suolo e strutture

Bologna
10-11 giugno 2014

Sala conferenze A | viale della Fiera, 8 | Terza Torre



mercoledì 11 giugno 2014

SESSIONE 3 | UN TERREMOTO PER CONOSCERE |



La microzonazione sismica per la ricostruzione post-sisma 2012

Luca Martelli, Maria Romani

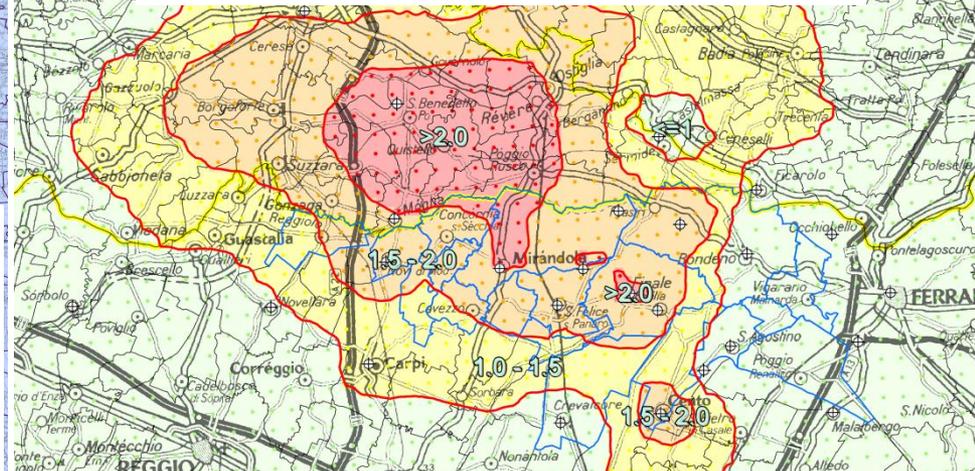
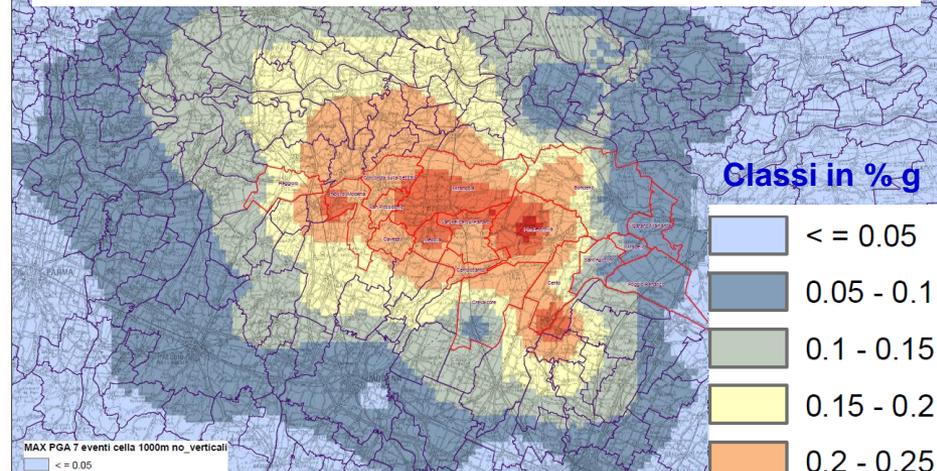


Servizio Pianificazione Urbanistica,
Paesaggio e uso sostenibile del Territorio



PGA osservate (solo componenti orizzontali)

Stima FA_{PGA} (PGA osservate/PGA₀)



Principali effetti osservati:

- elevate PGA (=amplificazione)
- effetti di liquefazione, in particolare in corrispondenza di canali abbandonati (soprattutto dei fiumi appenninici)

Eventi

20/05/2012 02:03:52	$M_L=5.9$
20/05/2012 02:07:31	$M_L=5.1$
20/05/2012 13:18:02	$M_L=5.1$
29/05/2012 07:00:03	$M_L=5.8$
29/05/2012 10:55:57	$M_L=5.3$
29/05/2012 11:00:25	$M_L=5.2$
03/06/2012 19:20:43	$M_L=5.1$



Effetti di liquefazione osservati

La microzonazione sismica (MS) è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti locali.

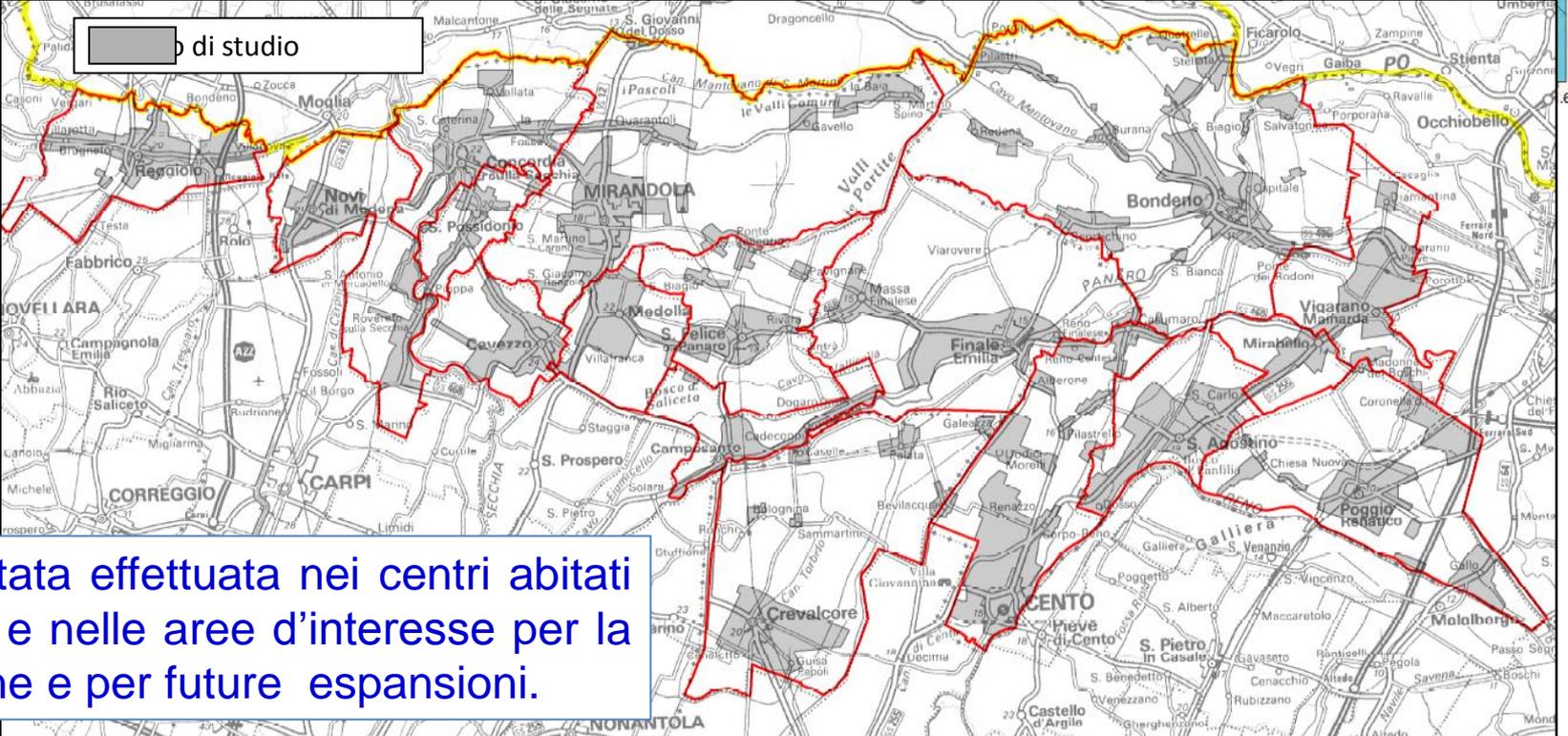
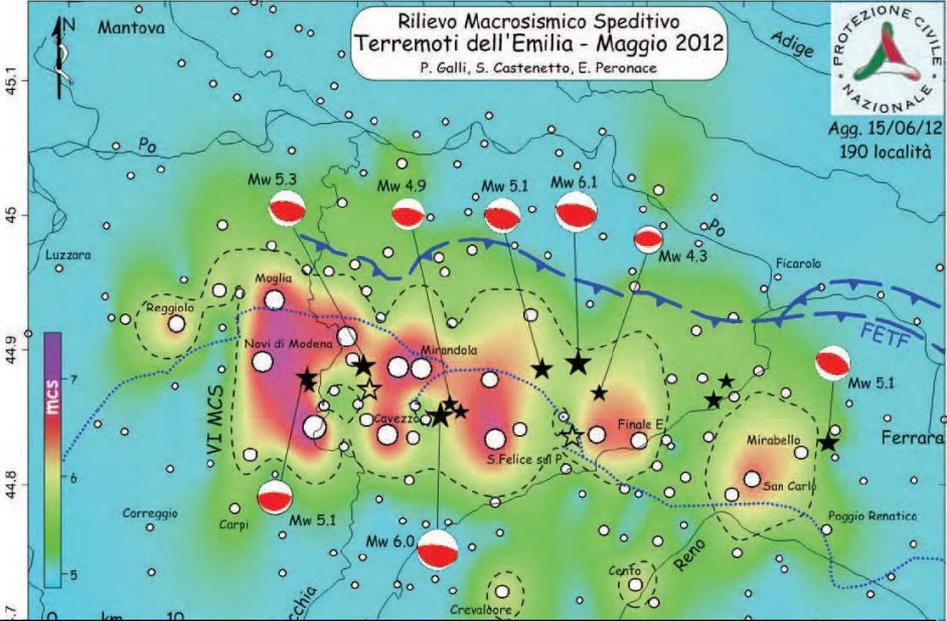
L'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE) individua e analizza le funzioni necessarie al sistema di gestione dell'emergenza a seguito di un sisma, affinché l'insediamento urbano conservi l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche, la loro accessibilità e la loro connessione con il contesto territoriale.

Gli studi di MS e analisi della CLE sono pertanto riferimenti fondamentali per la riduzione del rischio sismico.

In particolare, la MS permette di indirizzare le scelte insediative verso le aree a minore pericolosità sismica e/o l'utilizzo di tipologie edilizie a minor vulnerabilità rispetto ai possibili effetti locali. La MS fornisce elementi conoscitivi utili anche per la progettazione.

L'analisi della CLE è anche uno strumento indispensabile per la verifica e l'eventuale revisione e aggiornamento dei piani di protezione civile.

Per la ricostruzione e la pianificazione urbanistica delle aree più colpite il Commissario delegato - Presidente RER ha quindi stabilito, con Ordinanza n. 70/2012, di effettuare la microzonazione sismica e l'analisi della condizione limite per l'emergenza dei Comuni in cui sono stati osservati diffusi effetti $I_{MCS} \geq 6$ (Galli et al., 2012).



La MS è stata effettuata nei centri abitati consolidati e nelle aree d'interesse per la ricostruzione e per future espansioni.

Lo studio si compone dei seguenti elaborati:

- Relazione illustrativa
- Allegato 1.1: carta delle indagini
- Allegato 1.2: carta geologica di superficie
- Allegato 1.3: carta delle frequenze naturali del terreno
- Allegato 1.4: carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- Allegato 1.5: microzonazione sismica (MS): carte dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione
- Allegato 1.6: schede di caratterizzazione geotecnica dei principali litotipi
- Allegato 1.7: rapporto del gdl per la stima del rischio di liquefazione
- Allegato 1.8: studio sismologico per la caratterizzazione della RSL ai fini della MS di alcuni comuni dell'Emilia-Romagna.
- Allegato 2.1: schede di analisi della CLE
- Allegato 2.2: cartografia di analisi della CLE
- Allegato 2.3: cartografia di confronto tra MS e CLE

Tutti gli elaborati sono disponibili nel sito web :

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/speciale-terremoto/sisma-2012-ordinanza-70-13-11-2012-cartografia>

Come stiamo procedendo

❖ **QUADRO CONOSCITIVO DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

❖ **INDIRIZZI NORMATIVI NEI PIANI DELLA RICOSTRUZIONE E NEGLI STRUMENTI URBANISTICI**

al fine di indirizzare la ricostruzione e gli interventi urbanistici verso le aree a minore pericolosità e/o fornire indicazioni per la riduzione della vulnerabilità, garantire le funzioni strategiche di gestione dell'emergenza;

❖ **VERIFICHE DEI PIANI DI EMERGENZA**

al fine di assumere nel piano le risultanze degli studi della CLE

articolato

art. 1 – definizioni e finalità

art. 2 – elaborati di riferimento

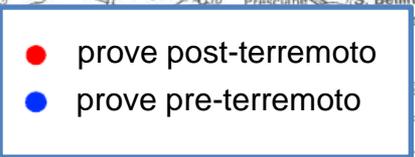
art. 3 – disposizioni per la riduzione del rischio sismico

Provincia	Comune	stato del piano	MS + CLE	MS e CLE nelle norme di Piano
BO	Crevalcore	Approvazione 1 stralcio DCC 22 del 22/05/2014	Ord. 70/2012	saranno inserite nel secondo stralcio in corso
FE	Mirabello	Adozione DCC n. 57 del 27/12/2013	Ord. 70/2012	SI
FE	Cento	Adozione DCC n. 22 del 18/03/2014	Ord. 70/2012	non presenti in adozione; saranno inserite in sede di approvazione
FE	Sant'Agostino	in corso di redazione	Ord. 70/2012	-
MO	Camposanto	Adozione DCC n. 82 del 23/12/2013	Ord. 70/2012	SI
MO	Carpi	in corso di redazione	OPCM 4007/2012 - DGR 1302/2012	SI
MO	Cavezzo	Approvazione DCC n. 51 del 07/05/2014	Ord. 70/2012	SI
MO	Concordia s/S	Adozione DCC n. 19 del 09/04/2014	Ord. 70/2012	non presenti in adozione; saranno inserite in sede di approvazione
MO	Finale Emilia	Adozione DCC n. 151 del 27/12/2013	Ord. 70/2012	non presenti in adozione; saranno inserite in sede di approvazione
MO	Medolla	Intesa seduta CUR del 14/04/2013	Ord. 70/2012	SI
MO	Mirandola	Approvazione DCC n. 39 del 31/03/2014	OPCM 3907/2010- DGR 1051/2011 Ord. 70/2012	SI
MO	Novi di Modena	Adozione DCC n. 21 del 27/02/2014	Ord. 70/2012	SI
MO	San Felice s/P	Intesa seduta CUR del 07/04/2014	Ord. 70/2012	SI
MO	San Possidonio	Intesa seduta CUR del 05/06/2014	Ord. 70/2012	non presenti in adozione; saranno inserite in sede di approvazione
RE	Reggiolo	Approvazione DCC n. 9 del 09/4/2014	Ord. 70/2012	SI

Principali elaborati

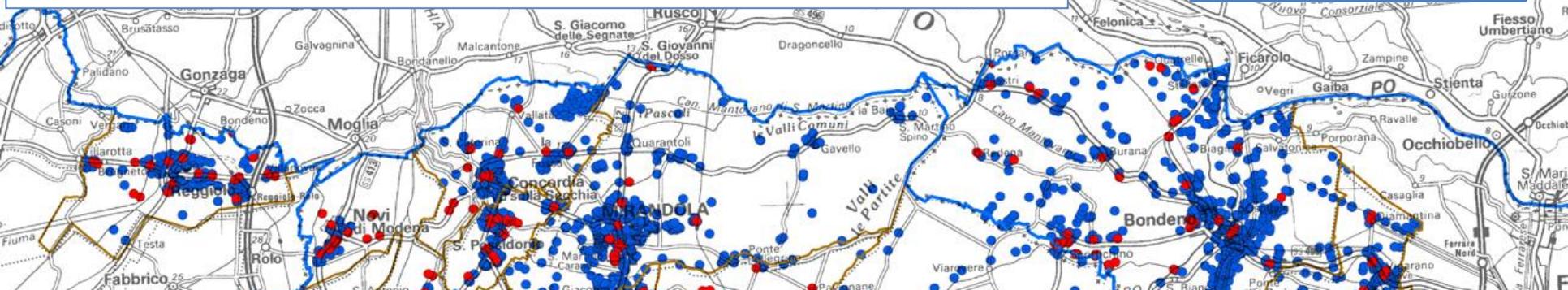
- mappa delle MOPS (livello 1)
- MS: mappe dei fattori di amplificazione (FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$) e delle aree suscettibili di liquefazione
- analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE), schede e mappe, e cfr con mappe di MS
- mappa e banca dati delle indagini geotecniche in sito
- risultati prove geotecniche di laboratorio
- mappa delle frequenze fondamentali del terreno
- relazione illustrativa

Mappa delle indagini

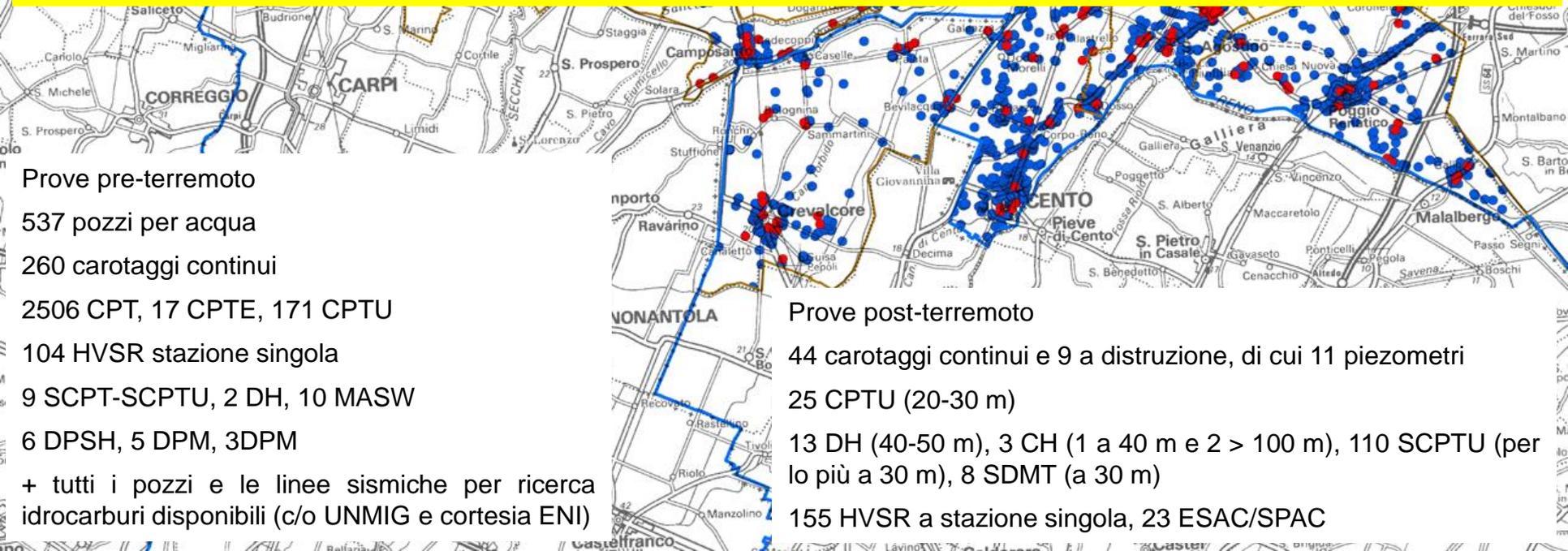


Considerate le risorse generalmente disponibili è **sempre fondamentale la raccolta dei dati disponibili.**

Sono state raccolte circa 3000 nuove prove (per lo più CPT); tot. prove pregresse \approx 5500.



Le indagini (pregresse e nuove), raccolte e archiviate per gli studi di MS, costituiscono un patrimonio anche per gli interventi futuri



Prove pre-terremoto

537 pozzi per acqua

260 carotaggi continui

2506 CPT, 17 CPTE, 171 CPTU

104 HVSR stazione singola

9 SCPT-SCPTU, 2 DH, 10 MASW

6 DPSH, 5 DPM, 3DPM

+ tutti i pozzi e le linee sismiche per ricerca idrocarburi disponibili (c/o UNMIG e cortesia ENI)

Prove post-terremoto

44 carotaggi continui e 9 a distruzione, di cui 11 piezometri

25 CPTU (20-30 m)

13 DH (40-50 m), 3 CH (1 a 40 m e 2 > 100 m), 110 SCPTU (per lo più a 30 m), 8 SDMT (a 30 m)

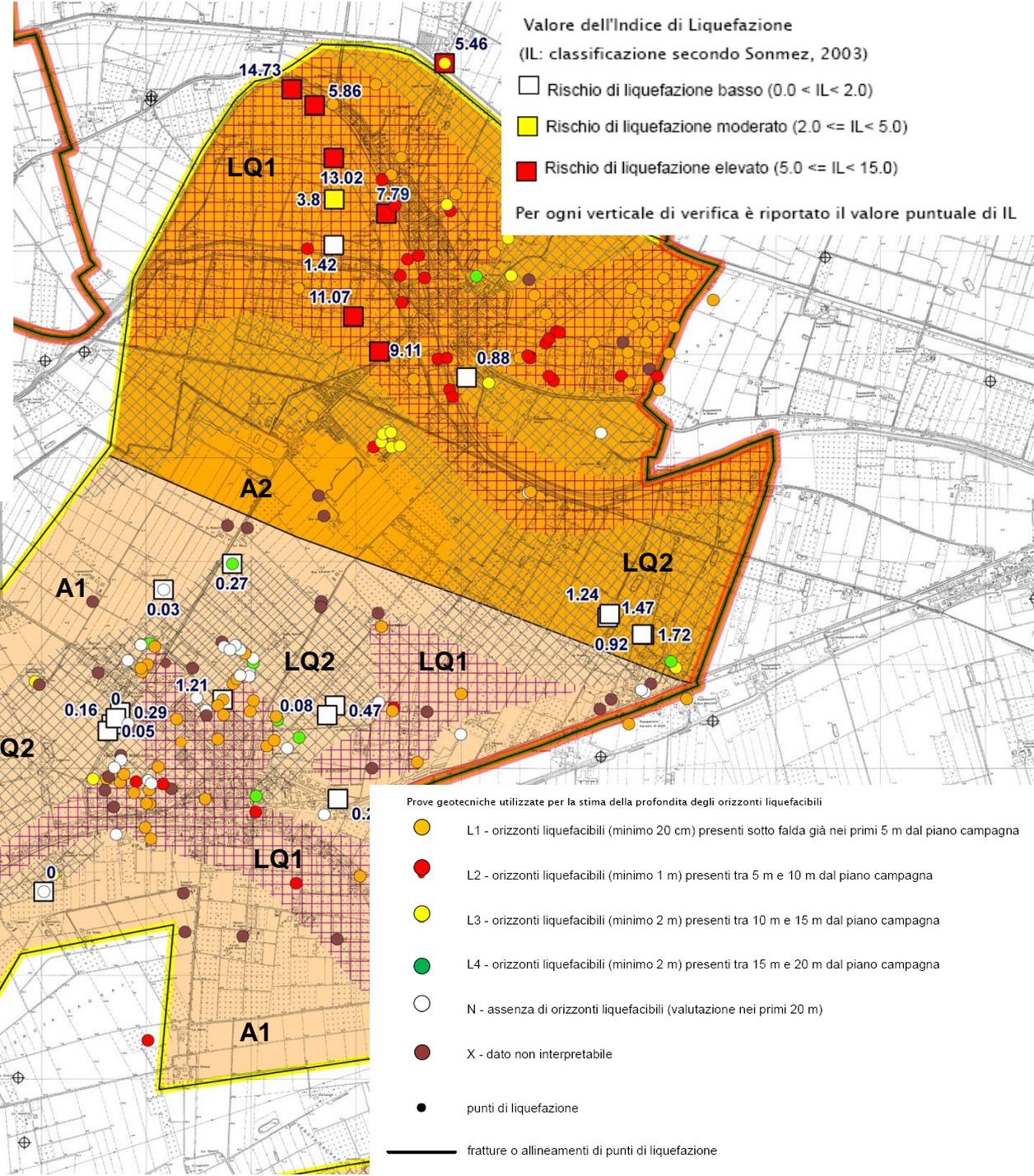
155 HVSR a stazione singola, 23 ESAC/SPAC

- A1** Zona suscettibile di amplificazione (bedrock a profondità uguale o maggiore di 120 m).
FAPGA = 1.5
FH 0.1 - 0.5s = 1.8
FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007
- A2** Zona suscettibile di amplificazione (bedrock a profondità minore di 120 m).
FAPGA = 1.7
FH 0.1 - 0.5s = 1.9
FH 0.5 - 1.0s = 2.6
Stima con abachi DAL 112/2007
- LQ1** FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna
- LQ2** FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna
- LQ1** FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna
- LQ2** FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Valore dell'Indice di Liquefazione
(IL: classificazione secondo Sonmez, 2003)

- Rischio di liquefazione basso ($0.0 < IL < 2.0$)
- Rischio di liquefazione moderato ($2.0 \leq IL < 5.0$)
- Rischio di liquefazione elevato ($5.0 \leq IL < 15.0$)

Per ogni verticale di verifica è riportato il valore puntuale di IL



Principali informazioni degli elaborati principali di MS (MOPS e MS)

- Prove geotecniche utilizzate per la stima della profondità degli orizzonti liquefacibili
- L1 - orizzonti liquefacibili (minimo 20 cm) presenti sotto falda già nei primi 5 m dal piano campagna
 - L2 - orizzonti liquefacibili (minimo 1 m) presenti tra 5 m e 10 m dal piano campagna
 - L3 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 10 m e 15 m dal piano campagna
 - L4 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 15 m e 20 m dal piano campagna
 - N - assenza di orizzonti liquefacibili (valutazione nei primi 20 m)
 - X - dato non interpretabile
 - punti di liquefazione
 - fratture o allineamenti di punti di liquefazione

A1

Zona suscettibile di amplificazione.
 FAPGA = 1.5
 FH 0.1 - 0.5s = 1.8
 FH 0.5 - 1.0s = 2.5
 Stima con abachi DAL 112/2007

A2

Zona suscettibile di amplificazione.
 FAPGA = 1.7
 FH 0.1 - 0.5s = 1.9
 FH 0.5 - 1.0s = 2.6
 Stima con abachi DAL 112/2007

Zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.

LQ1

FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
 Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

LQ2

FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
 Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

LQ1

FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
 Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

LQ2

FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
 Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in queste zone (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

Sistema di gestione dell'emergenza



Edificio strategico



Aggregato strutturale interferente



Area di emergenza (AMMASSAMENTO)



Unità strutturale interferente



Area di emergenza (RICOVERO)



Unità strutturale non interferente



Infrastruttura di connessione

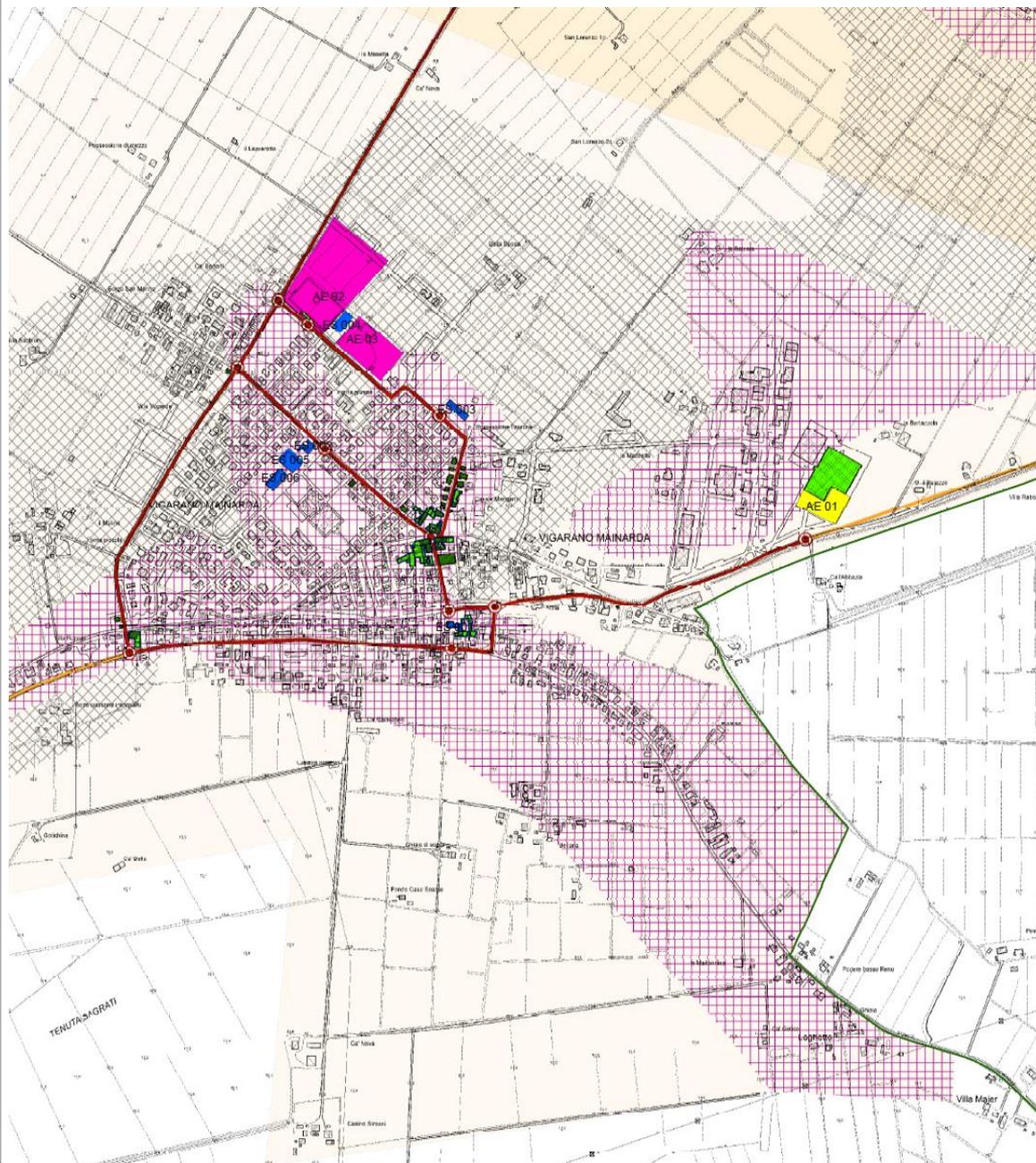


Limiti amministrativi comunali



Infrastruttura di accessibilità

Confronto MS - CLE



- La MS, suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante e a seguito di un forte evento sismico, definisce la pericolosità sismica locale ed è quindi un supporto fondamentale per la riduzione del rischio sismico, permettendo di indirizzare le scelte insediative verso le aree a minore pericolosità sismica e/o utilizzare tipologie edilizie a minor vulnerabilità rispetto ai possibili effetti locali.
- L'analisi della CLE rappresenta l'individuazione delle funzioni necessarie al sistema di gestione dell'emergenza, affinché l'insediamento urbano conservi l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche; l'analisi della CLE è quindi uno strumento indispensabile anche per la verifica e l'eventuale aggiornamento dei piani di protezione civile.
- Elaborati di riferimento sono la carta delle indagini (Allegato 1.1), la carta delle frequenze naturali del terreno (Allegato 1.3), la cartografia delle MOPS (Allegato 1.4), la cartografia di MS (Allegato 1.5), le schede della CLE (Allegato 2.1) e la cartografia di confronto tra MS e CLE (Allegato 2.3).
- I risultati delle prove geotecniche in sito e di laboratorio sono di estrema utilità anche per le analisi di RSL e del rischio di liquefazione per la progettazione; i dati e i risultati della MS non esentano comunque dalla realizzazione delle indagini e degli approfondimenti richiesti per la progettazione e la realizzazione delle costruzioni (NTC 2008).

Indicazioni per la pianificazione urbanistica

Zone A1 e A2

Sono zone suscettibili di amplificazione e pertanto in tali zone sono ritenuti sufficienti approfondimenti di livello 2; non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti per il livello strutturale ed operativo dei piani urbanistici comunali.

Si tenga comunque presente che la cartografia di MS fornisce valori dei fattori di amplificazione del moto sismico, in termini di Intensità di Housner per i periodi compresi tra 0,1-0,5 s e tra 0,5-1,0 s. Ne consegue che per la pianificazione di interventi che prevedano opere con periodo di vibrazione T superiore a 1,0 s sono da sviluppare approfondimenti mediante specifiche analisi di RSL.

Zone LQ1 e LQ2

Sono zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.

Le zone LQ1 hanno una suscettibilità alla liquefazione maggiore delle zone LQ2.

Per qualsiasi intervento in queste aree è richiesta la verifica del rischio di liquefazione, intesa innanzi tutto come verifica della presenza delle condizioni predisponenti e quindi, in caso di esito positivo, stima dell'indice di liquefazione I_L (analisi di III livello di approfondimento).

Per la stima di I_L si suggerisce di utilizzare i seguenti parametri:

- profondità della falda più superficiale tra quella misurata al momento delle prove e quella minima desumibile da dati disponibili;
- a_{\max} al sito derivata dallo studio di MS;
- M_W massima attesa da zonazione sismogenetica (attualmente ZS9).

Se $I_L < 2$ si può ritenere la probabilità di liquefazione molto bassa; se $I_L \geq 2$ si raccomanda di valutare anche i potenziali cedimenti.

Zone A1 e A2

Se le indagini confermano l'assenza di terreni liquefacibili, è ammesso l'approccio semplificato per il calcolo dell'azione sismica per la progettazione di opere ordinarie (classi d'uso 1 e 2, NTC 2008); per il calcolo dell'azione sismica per la progettazione di opere di classe d'uso 3 e 4 (NTC 2008) sono in ogni caso raccomandate analisi di dettaglio.

Al fine di evitare il fenomeno della doppia risonanza nell'interazione suolo-strutture, dovranno essere adeguatamente considerati le frequenze naturali del terreno e quelle di vibrazione delle strutture, ponendo particolare attenzione alle aree in cui si rilevano maggiori contrasti di impedenza; le indagini effettuate indicano che la frequenza naturale del terreno f_0 è quasi ovunque compresa tra 0,6 e 1,1 Hz.

Al fine di salvaguardare l'accessibilità alle funzioni strategiche nel contesto urbano e territoriale in caso di emergenza sismica, con riferimento alla viabilità individuata quale infrastruttura di connessione o di accesso alle funzioni strategiche sugli elaborati costitutivi la CLE, particolare attenzione deve essere posta affinché gli interventi non siano tali da creare interferenze lungo la viabilità di connessione o di accesso.

Se le indagini confermano la presenza di terreni liquefacibili, occorre effettuare la stima dell'indice di liquefazione I_L . Per la stima di I_L si suggerisce di utilizzare i seguenti parametri:

- profondità della falda più superficiale tra quella misurata al momento delle prove e quella minima desumibile da dati disponibili;
- a_{\max} al sito derivata dallo studio di MS (tenendo presente $T_R=475$ anni);
- M_W massima attesa da zonazione sismogenetica (attualmente ZS9).

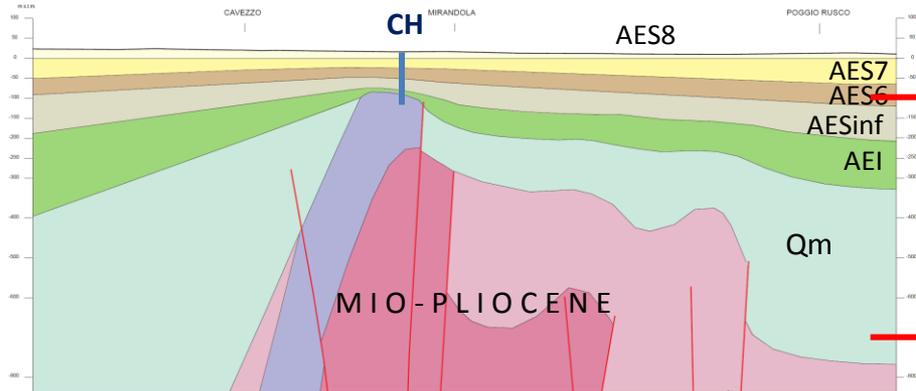
Se $I_L < 2$ si può ritenere la probabilità di liquefazione molto bassa, se invece $I_L \geq 2$ la classe di sottosuolo da considerare è S2 e, di conseguenza, non è ammesso l'approccio semplificato per il calcolo dell'azione sismica (v. par. 3.2.2 delle NTC 2008).

In particolare, in caso di $I_L \geq 2$, si raccomanda di valutare anche i potenziali cedimenti e, per opere di particolare interesse pubblico o strategico, sono raccomandati interventi di mitigazione del rischio di liquefazione.

Le tipologie di interventi di consolidamento del terreno di fondazione e di mitigazione del rischio di liquefazione ritenute più idonee in base alle caratteristiche locali sono indicate nella determina del Responsabile del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli n. 12418/2012 (Allegato 4) e nelle "Linee di indirizzo per interventi su edifici industriali monopiano colpiti dal terremoto della pianura padana emiliana del maggio 2012 non progettati con criteri antisismici: aspetti geotecnici" predisposte dall'A.G.I.

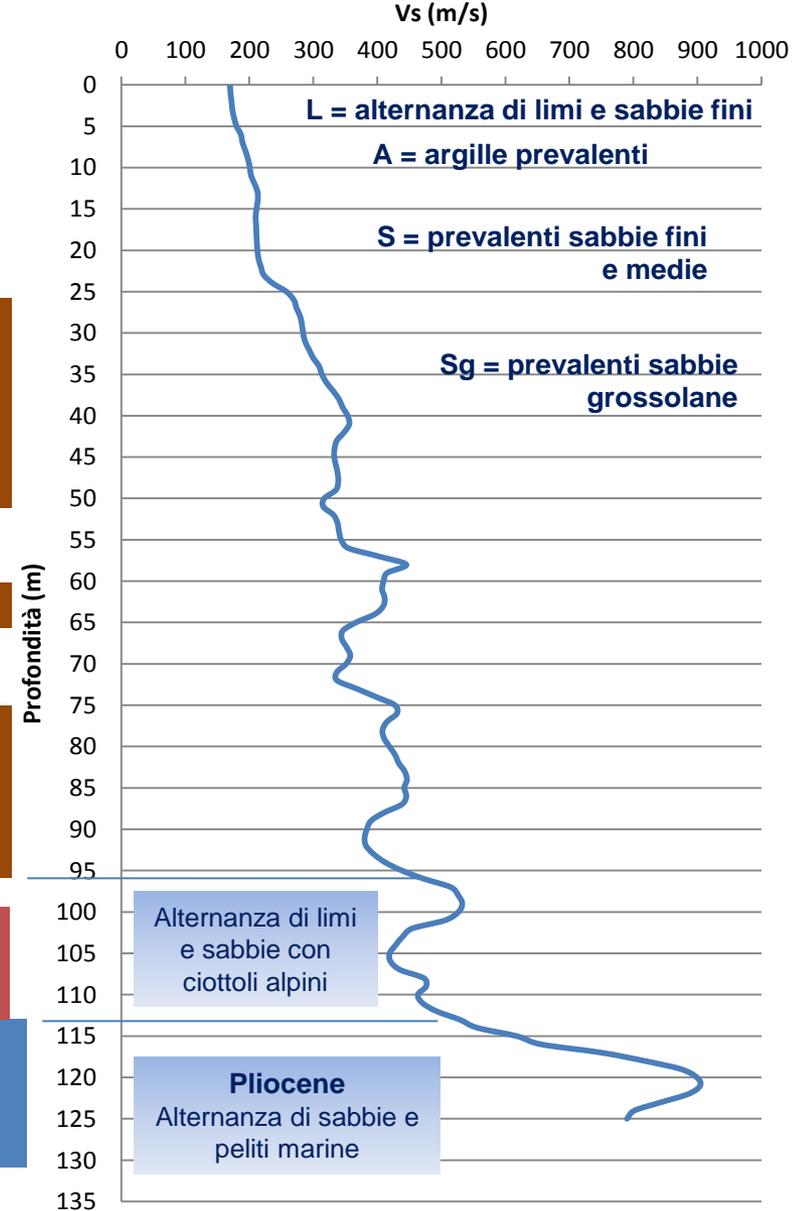
Indicazioni e raccomandazioni su indagini e procedure per la progettazione di tali interventi sono contenute nella determina del Responsabile del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli n. 1105/2014.

Nuova stazione accelerometrica di Mirandola MIRA; realizzata in collaborazione con OGS

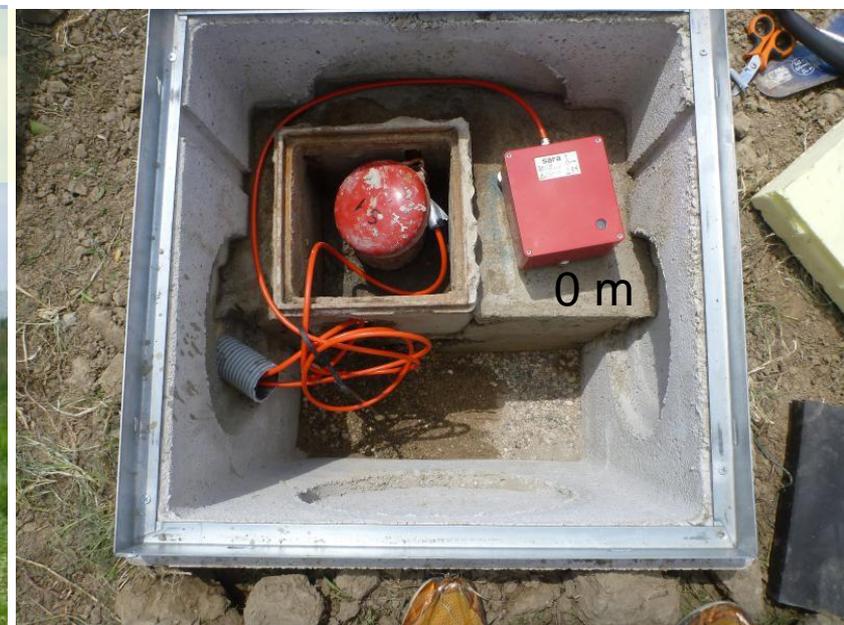


Sondaggio di Mirandola con prova CH

Profilo Vs



nuova stazione accelerometrica MIRA, campo parrocchiale di via Napoli:
3 accelerometri a 3 componenti, a 0 m, -31 m e -126 m da p.c.;
dati in acquisizione circa dalle 10 utc di giovedì 5 giugno 2014;
scritti in locale e trasmessi via router 3G in miniseed



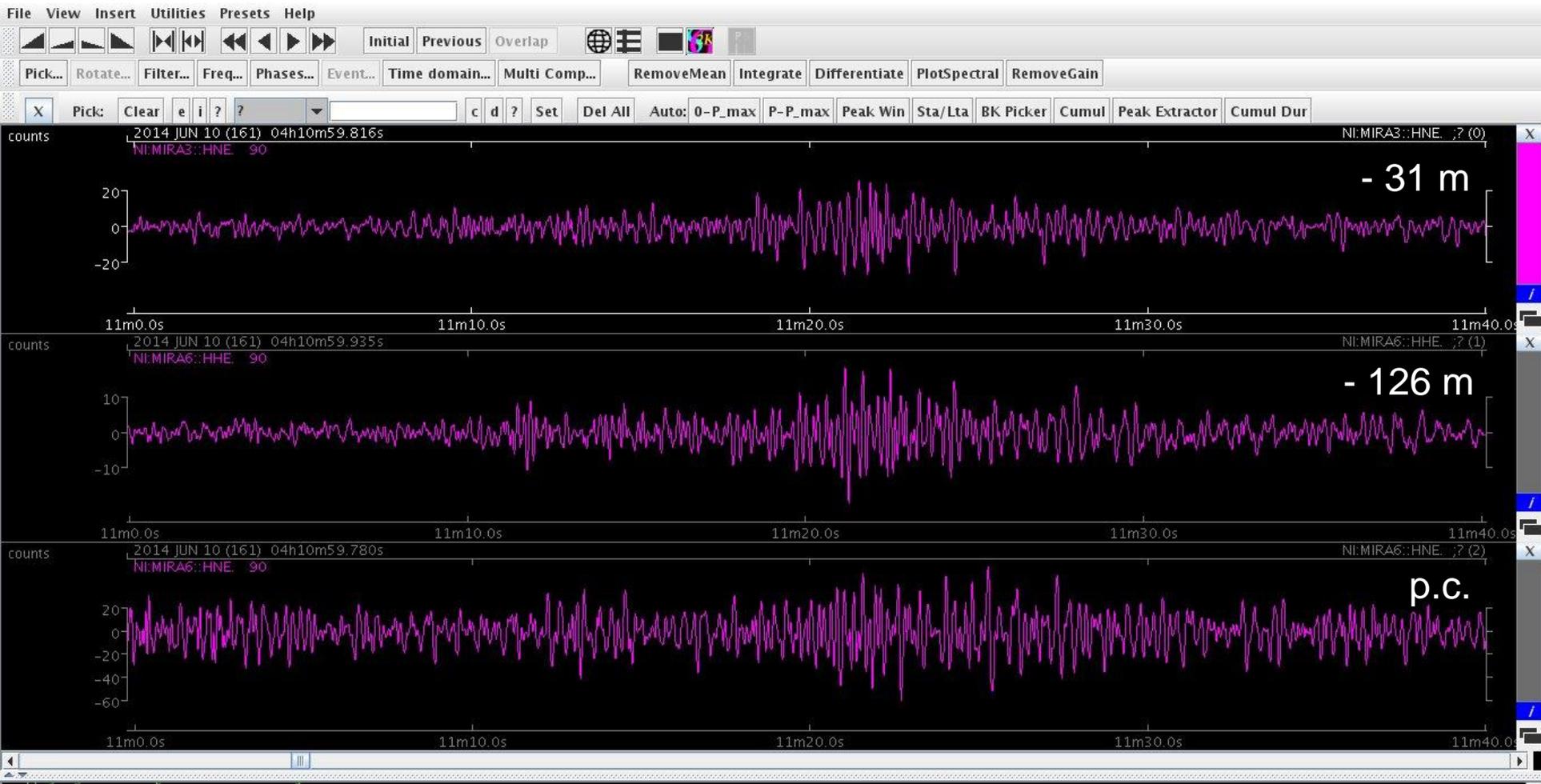
Data: 10/06/2014; ora: 06:10:55 locale

Area: 3 km E di Serramazzoni (MO)

Magnitudo: 2.3

Profondità: 5 km

Componenti E



La stazione MIRA sarà una delle stazioni della rete OGS; i dati saranno pubblici secondo gli standard delle reti OGS (cfr presentazione di Pedicchio e Mucciarelli di ieri)

Grazie per l'attenzione!!!!