



COMUNE DI CERVIA

Provincia di Ravenna

Settore Programmazione e Gestione del Territorio



Il Sindaco

**Dott. Luca Coffari**

L'Assessore all'Urbanistica

**Arch. Natalino Giambi**

Il Dirigente del Settore

**Ing. Daniele Capitani**

Il Servizio Urbanistica

Geom. Gianluca Magnani

Ing. Annalena Arfelli

Geom. Elena Taffagli

Arch. M. Laura Callegati

Nadia Nicolini



# Rischio sismico: microzonazione sismica e CLE

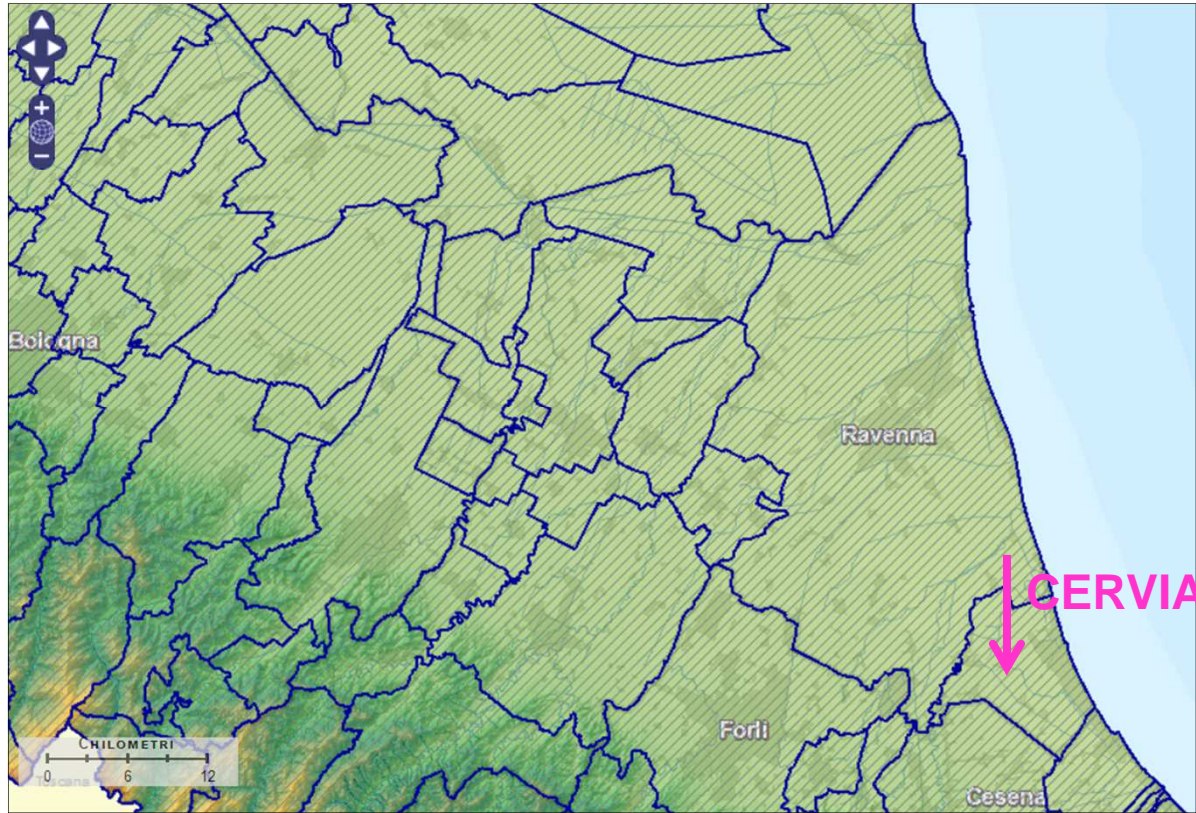
**Dr. Geol. Samuel Sangiorgi**



**Cervia - giovedì 27 luglio 2017**

# La MS e CLE di Cervia: organizzazione e struttura del lavoro

**Localizzazione:**



**Il gruppo di lavoro:**

**Raggruppamento Temporaneo di Professionisti formato da**  
**geol. Samuel Sangiorgi - geol. Tiziano Righini**  
**arch. Lucia Marchetti – ing. Devis Sbarzaglia**

**Supporto al lavoro**

**Comune di Cervia – Settore Programmazione e Gestione del Territorio**

**Supervisione e coordinamento**

**Servizio Geologico Sismico e dei Suoli RER**

**Servizio Pianificazione Urbanistica Paesaggio e Uso sostenibile del Territorio**

# La MS e CLE di Cervia: organizzazione e struttura del lavoro

## Principale normativa di riferimento

Le modalità tecniche di esecuzione e di applicazione della MS nel territorio dell'Emilia-Romagna sono definite dagli:

- **LR n. 20/2000**  
«Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio»
- **LR n. 19/2008**  
«Norme per la riduzione del rischio sismico»

- **Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica**

Approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS - 2008)

- **Delibera Giunta Regionale n.1293/2015**

«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 e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112

Inoltre (per lo studio di **MS e CLE di Cervia**):

- **Delibera Giunta Regionale 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»

**PARTE PRIMA:  
LA MICROZONAZIONE SISMICA**

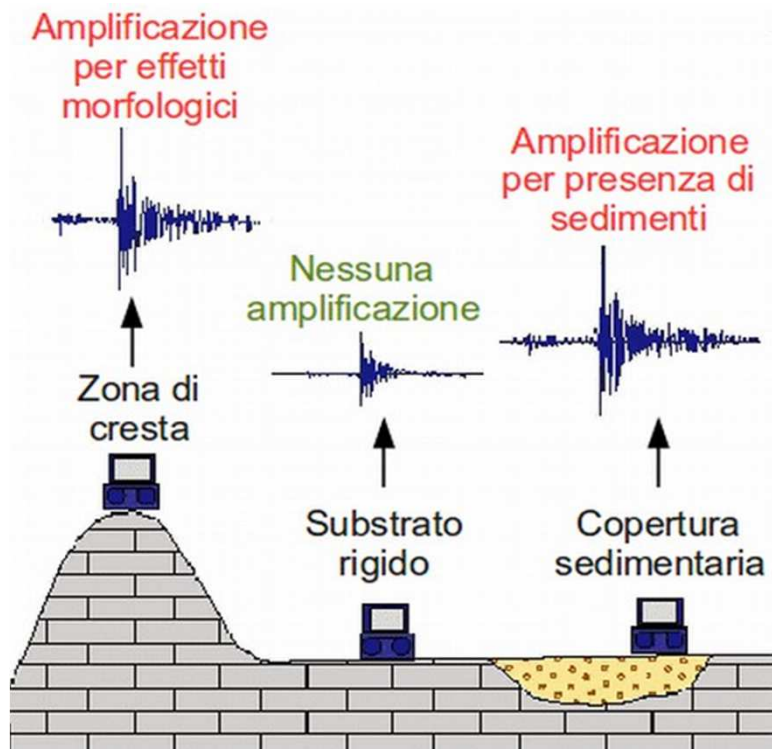
# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Premessa:

[fonte:  
Protezione Civile]

Dopo un terremoto, l'**osservazione dei danni** provocati alle costruzioni e alle infrastrutture spesso evidenzia **differenze sostanziali** in centri abitati anche a piccola distanza tra loro. In alcuni casi si osservano crolli e danni notevoli in località che si trovano a grandi distanze dall'epicentro.

Sicuramente la **qualità delle costruzioni** può influire sull'entità del danno, ma spesso le cause vanno ricercate in una **differente pericolosità sismica locale**, determinata anche dalle differenti modalità di propagazione del terremoto o dall'instabilità del suolo (es.: fagliazioni; fratturazioni; frane; cedimenti post sisma; liquefazioni; ecc.)



# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Cosa è?:

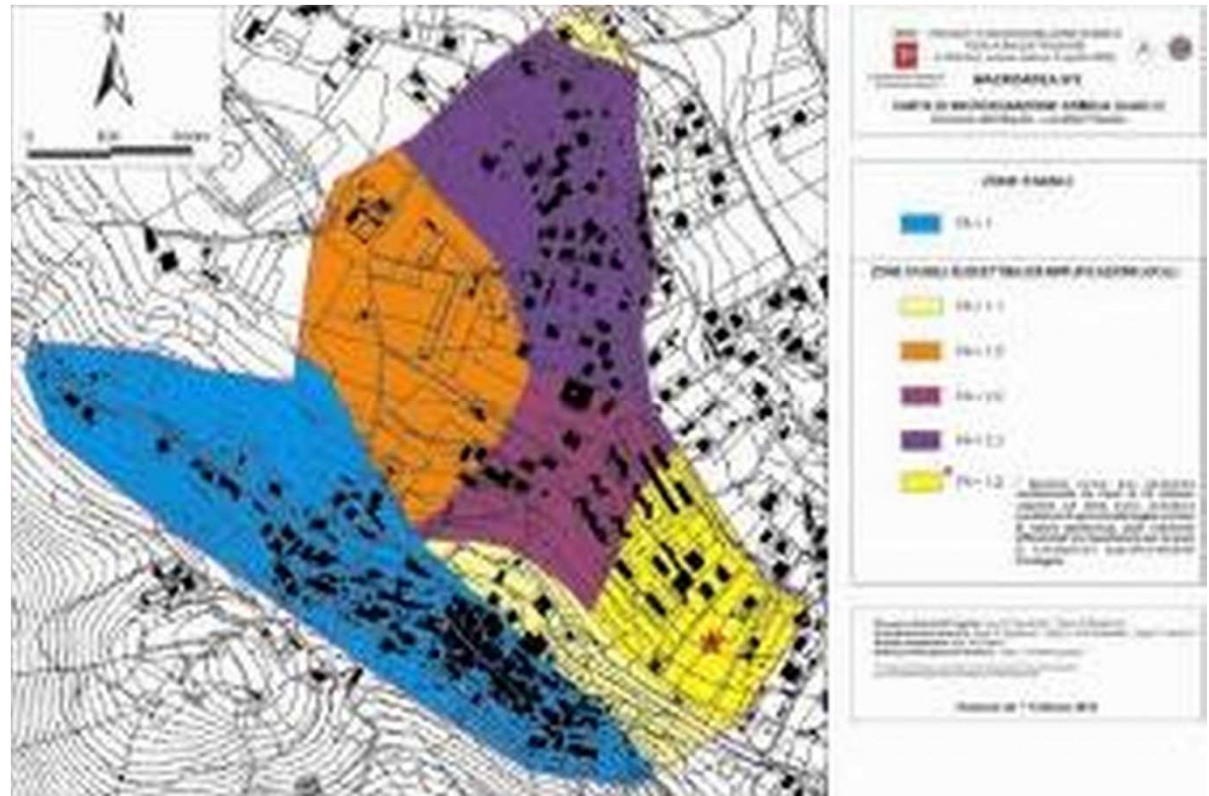
[fonti:  
DGR 2193/2015  
e Protezione Civile]

La **microzonazione sismica (MS)** è la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale e permette di **indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio sismico** e di **programmare interventi di mitigazione del rischio** nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

È particolarmente efficace se applicata fino dalle prime fasi della pianificazione (PTCP e PSC).

È uno studio attraverso il quale è possibile individuare e caratterizzare:

- le zone **stabili**
- le zone **stabili suscettibili di amplificazione locale**
- le zone **soggette a instabilità per effetti cosismici** (frane, rotture della superficie per faglie, liquefazioni e cedimenti del terreno, etc...



# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Liquefacibilità dei sedimenti

Con il termine “**liquefazione**” si indicano vari fenomeni fisici (mobilità ciclica, liquefazione ciclica, fluidificazione) osservati durante terremoti significativi (generalmente per magnitudo  $M > 5.5$ ) nei depositi sabbiosi saturi e fini poco coesivi di piana o di pendio

Le condizioni “non drenate” durante il sisma possono indurre un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali, che a loro volta possono provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno

Il meccanismo di liquefazione dei sedimenti è governato da molti fattori che si possono ricondurre principalmente:

- alle caratteristiche dell'impulso sismico (forma; durata dello scuotimento; ecc.) e della sua energia (magnitudo; accelerazioni; ecc.);
- alle caratteristiche tessiturali e meccaniche dei sedimenti (fuso granulometrico; densità relativa; coesione; limiti di Atterberg; ecc.);
- alla presenza di falda superficiale e alle condizioni di confinamento dello strato liquefacibile (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri).



# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Quali obiettivi?

Razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la pianificazione territoriale d'emergenza e per la progettazione.

[fonte:  
Protezione Civile]

Nella **pianificazione territoriale**, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di MS sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile. Gli studi di MS sono importanti per:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- definire gli interventi ammissibili in una data area
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate
- definire priorità di intervento

Nella **pianificazione d'emergenza**, gli studi di MS consentono:

- una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza
- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili
- individuare i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e delle opere rilevanti



# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Quali obiettivi?

Razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.

[fonte:  
Protezione Civile]

Nella **progettazione** di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di MS consentono di:

- evidenziare fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento per caratteristiche stratigrafiche e morfologiche locali
- evidenziare fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma
- offrire elementi conoscitivi utili per indirizzare la scelta delle indagini di dettaglio e il livello di approfondimenti anche in funzione delle caratteristiche delle opere previste
- offrire elementi conoscitivi per la progettazione delle opere

# La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

## Le fasi di studio

Lo studio di MS si sviluppa attraverso tre successivi livelli di studio:

### LIVELLO 3

- si eseguono e/o elaborano **specifiche indagini (geognostiche, geofisiche, di laboratorio) e analisi su tematiche o aree particolari (instabili o potenzialmente instabili)**
- si elaborano cartografie di MS che restituiscono gli esiti ottenuti dagli approfondimenti

### LIVELLO 2

- si eseguono e/o elaborano indagini geognostiche e/o geofisiche (ove necessario)
- si introduce **l'elemento quantitativo** associato alle zone omogenee
- permette **l'elaborazione della cartografia di MS (SEMPLIFICATA)**

### LIVELLO 1

- è una fase preliminare e propedeutica alla MS vera e propria
- consente la raccolta e l'elaborazione dei dati preesistenti (studi conoscitivi; indagini geognostiche/geofisiche)
- **si suddivide il territorio studiato in zone "omogenee" dal punto di vista sismico**

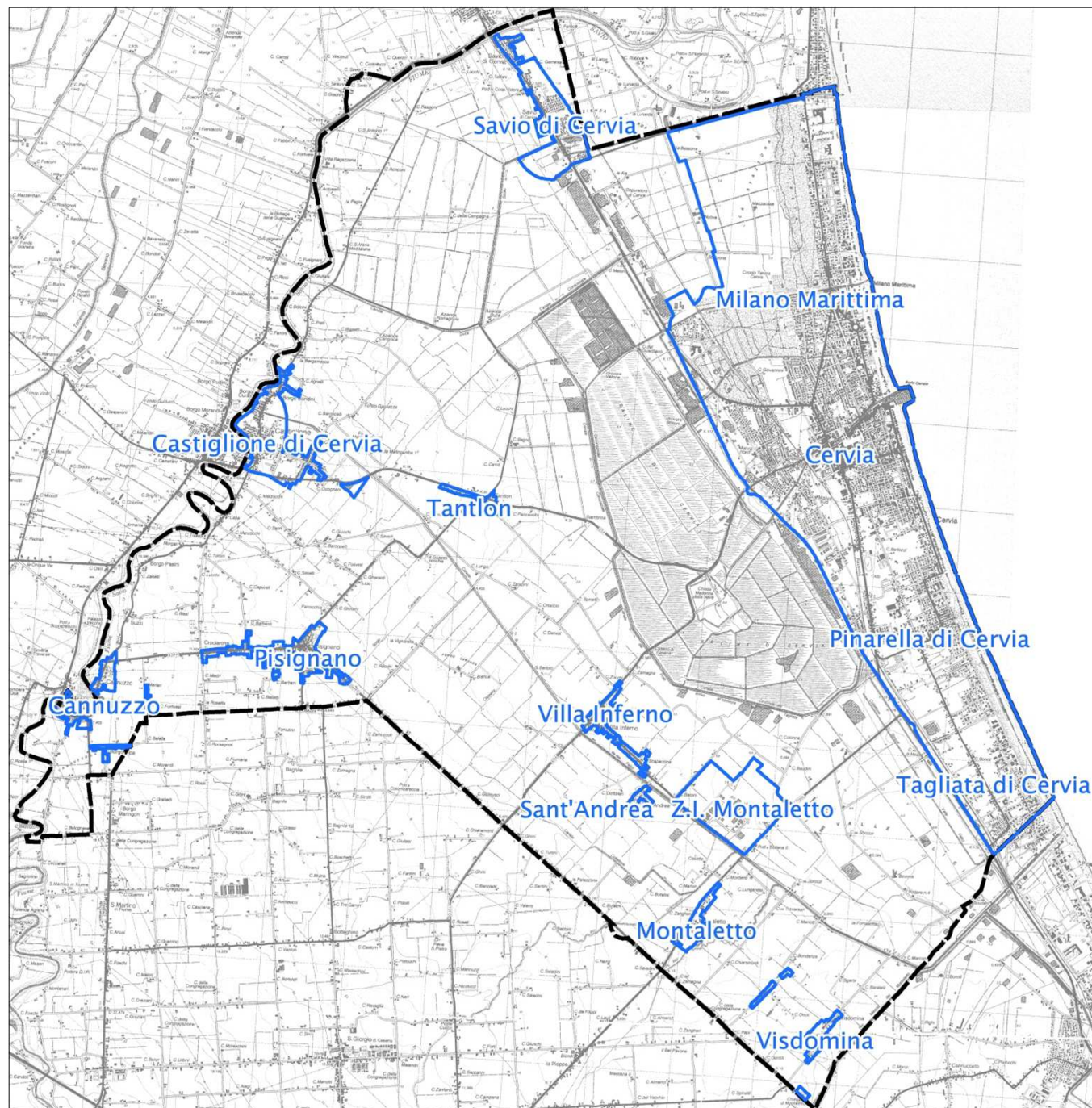
# La MS Cervia: organizzazione e struttura del lavoro

## Il territorio studiato:

Il territorio **urbanizzato e urbanizzabile** come definito dal PSC (Piano Strutturale Comunale)

## Finalità dello studio:

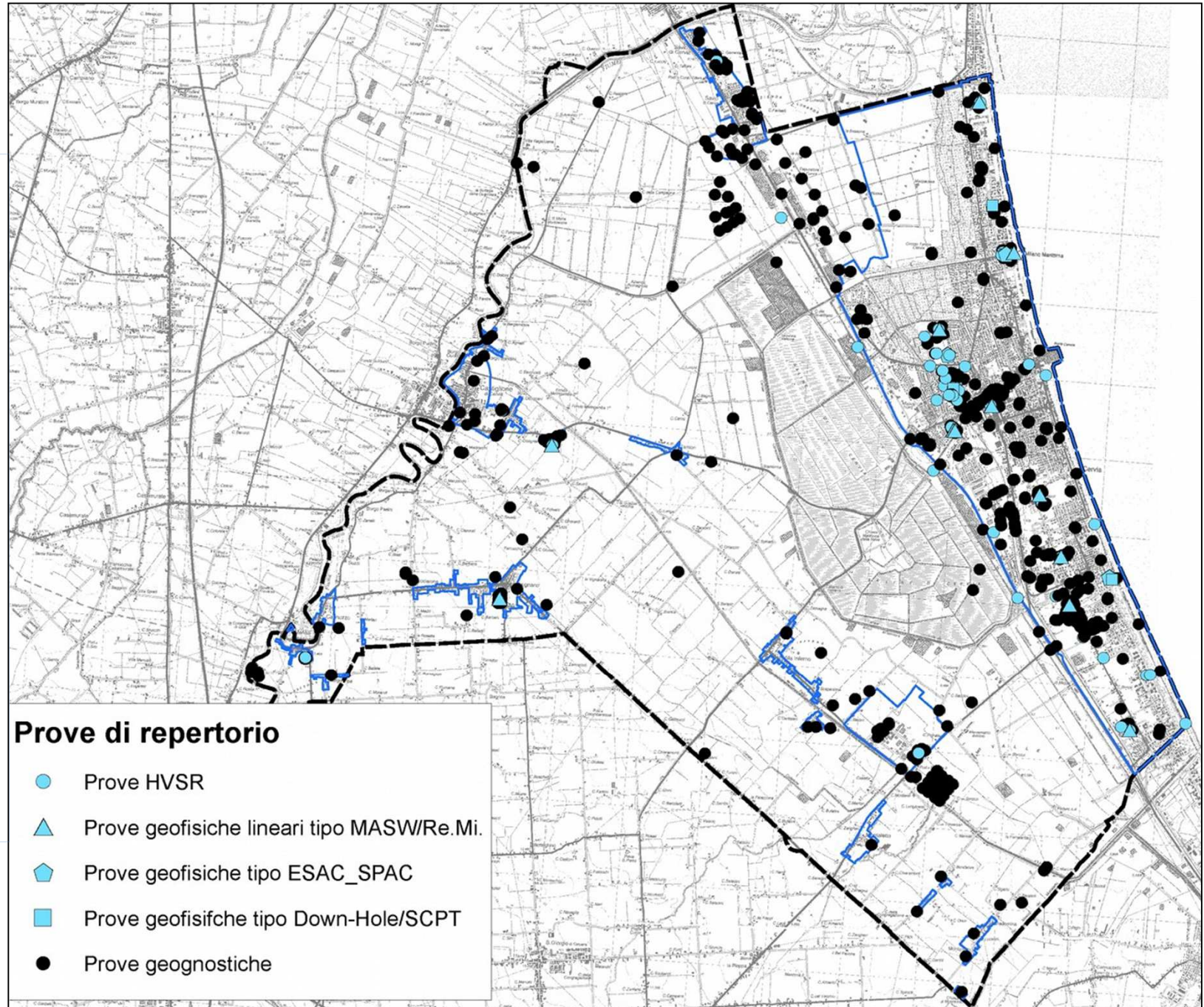
- Aggiornamenti dalla MS pregressa (livelli 1 e 2)
- Approfondimenti di livello 3 (indagini in «situ» e in laboratorio; analisi numeriche di RSL; liquefacibilità)



# La MS di Cervia: dati pregressi e nuove indagini

## Indagini pregresse:

- Banca Dati Prove Geognostiche e Geofisiche pianura emiliano-romagnola (SGSS RER)
- Archivio uffici del Settore Programmazione e Gestione del Territorio del Comune di Cervia (Quadro Conoscitivo del PSC, **Piano dell'Arenile**, Piani Particolareggiati; ecc)



# La MS di Cervia: dati pregressi e nuove indagini

## Indagini pregresse: dati RER

Il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) ha pubblicato molti dati utili per i Professionisti (e non solo), di riferimento anche per l'elaborazione degli studi di microzonazione sismica. I dati sono consultabili on line loro sito SGSS

(<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati>):

- **CARTOGRAFIA GEOLOGICA**
- **SEZIONI GEOLOGICHE**
- **B/D INDAGINI GEOGNOSTICHE** (penetrometrie; sondaggi; ecc.)

Cartografia interattiva

The screenshot displays a grid of 24 interactive map thumbnails, each with a title and a small preview image. The thumbnails are arranged in a 4x3 grid. The titles include: 'Catalogo dati geografici download dati', 'Cartografia geologica', 'Carta inventario frane e archivio storico delle frane', 'Cartografia dei suoli', 'I suoli dell'Emilia-Romagna su Google Earth', 'Cartografia dell'erosione dei suoli', 'in\_Coast - sistema informativo dell'assetto e dell'evoluzione della costa', 'Mappa del Rischio Costieri MICORE (EWS)', 'in\_Sea - sistema informativo degli usi del mare', 'In\_Risk - sistema informativo dei rischi costieri', 'Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano-romagnola', 'Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi nell'Appennino emiliano-romagnolo', 'Patrimonio geologico e geositi', 'Geologia, storia e turismo', 'Catasto delle cavità naturali', 'La rete escursionistica regionale', 'Cartografia delle fonti energetiche rinnovabili (impianti fotovoltaici)', 'Segnalazione fenomeni geologici particolari', and 'Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola'. On the right side, there is a vertical navigation menu with sections: 'Geologia', 'Cartografia', and 'Rassegna stampa', each containing a list of links to specific data and publications.

- » Geositi
- » Metalli pesanti
- » Risorse estrattive
- » Sisma 2012
- » Sismica
- » Subsidenza
- » Suoli
- » Suoli e Pianificazione

**Cartografia**

- » Cartografia geologica e geomorfologica
- » Cartografia interattiva e banche dati
  - » Cartografia geologica
  - » Carta Inventario delle frane e Archivio storico delle frane
  - » Cartografia dei suoli
  - » Carte dei suoli su Google Earth
  - » Cartografia dell'erosione dei suoli
  - » Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi nell'Appennino emiliano-romagnolo
  - » Patrimonio geologico e geositi
  - » Geologia, storia e turismo
  - » Catasto delle cavità naturali dell'Emilia-Romagna
  - » Rete escursionistica regionale
  - » Rete dei sentieri
  - » Cartografia Sisma 2012

**Rassegna stampa**

- » Articoli
- » Intervista

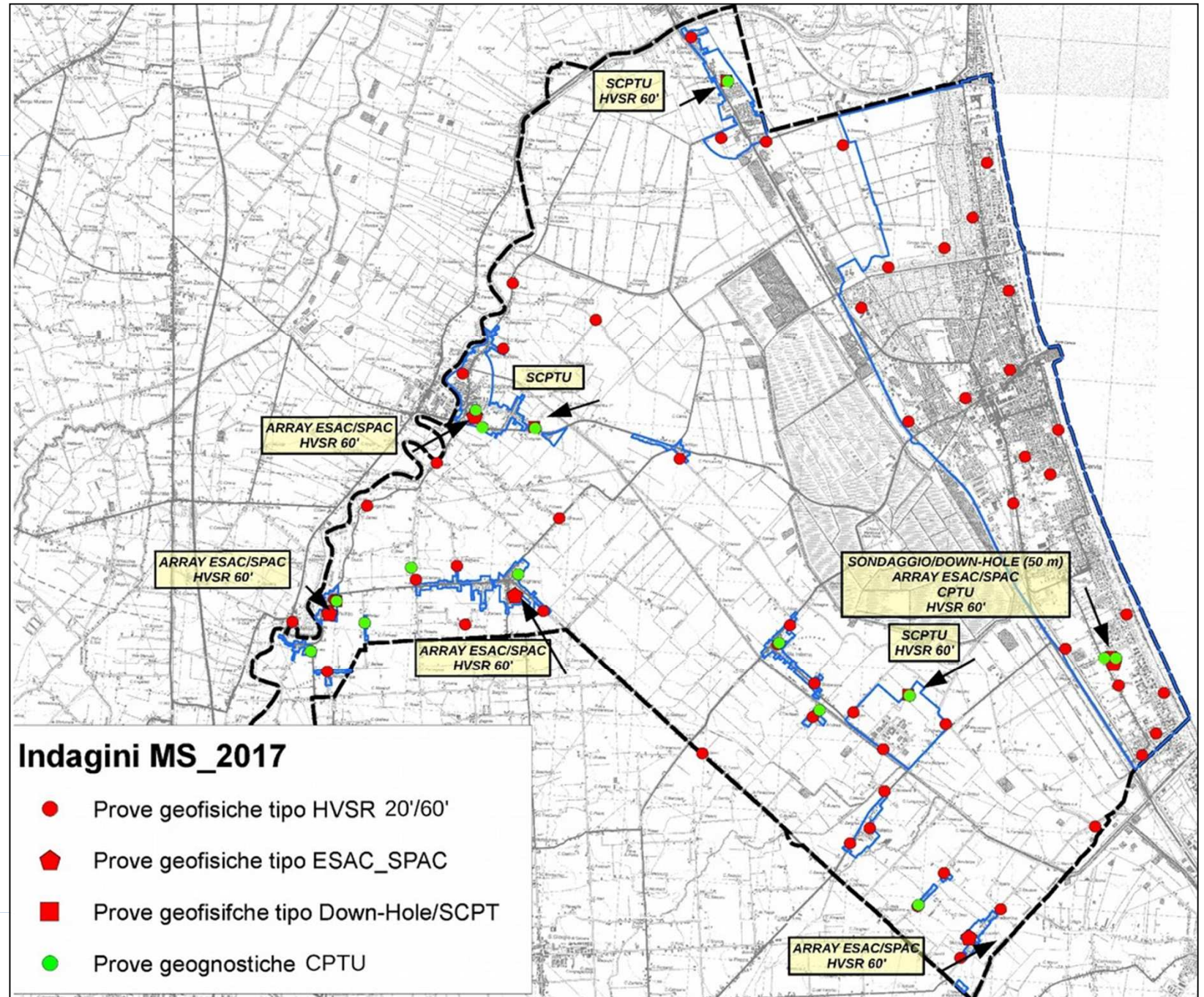
» Convegni e seminari

- » Corsi
- » Galleria fotografica
- » Museo Giardino Geologico
- » Normativa
- » Progetti europei
- » Pubblicazioni
- » Siti consigliati
- » Video

# La MS di Cervia: dati pregressi e nuove indagini

## Nuove indagini:

- La maggior parte delle indagini geognostiche (CPTU) e geofisiche (SCPTU; ESAC/SPAC) sono state eseguite nelle frazioni interne
- Nel settore di costa sud tra Pinarella e Tagliata è stato eseguito il sondaggio con prova in foro DOWN-HOLE e prelievo di campioni indisturbati (prove «Colonna Risonante»)



# La MS di Cervia: le nuove indagini



**CPTU  
CONI  
SISMICI**

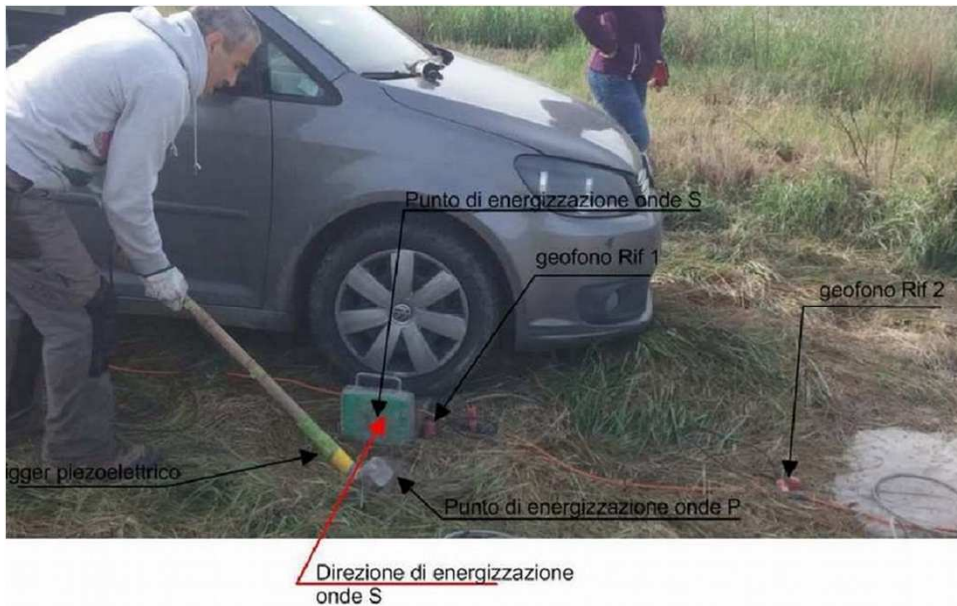
→



**←SONDAGGIO A CAROTAGGIO  
CONTINUO+SISMICA IN FORO  
DOWN-HOLE↓**



**STENDIMENTI SISMICI ESAC ↑**



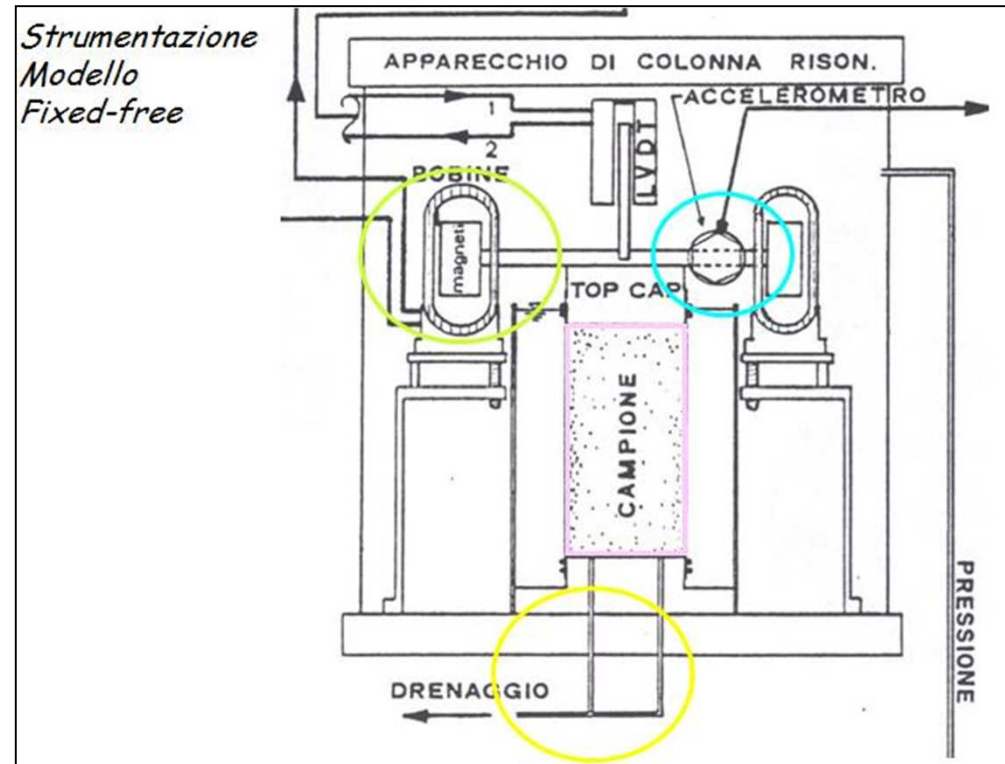
**REGISTRAZIONI  
SISMICHE AL  
SUOLO HVSR →**



# La MS di Cervia: le nuove indagini



**CAMPIONI INDISTURBATI  
(SONDAGGIO PINARELLA/TAGLIATA  
DI CERVIA)**



**PROVE COLONNA RISONANTE**

## INOLTRE

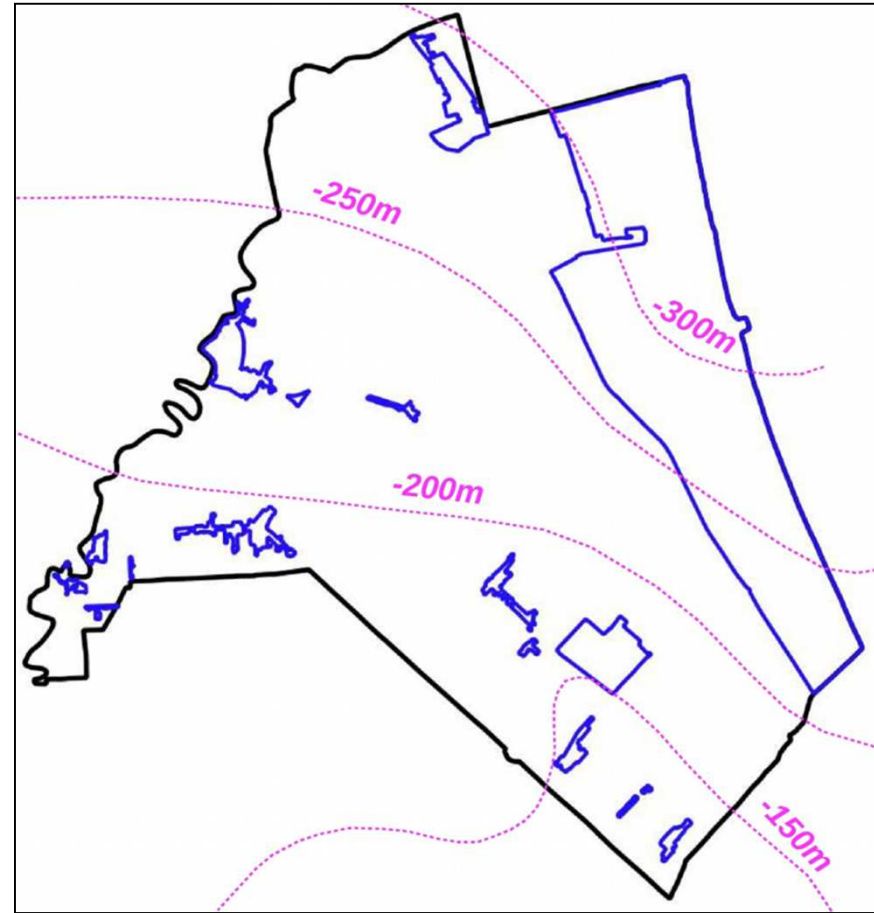
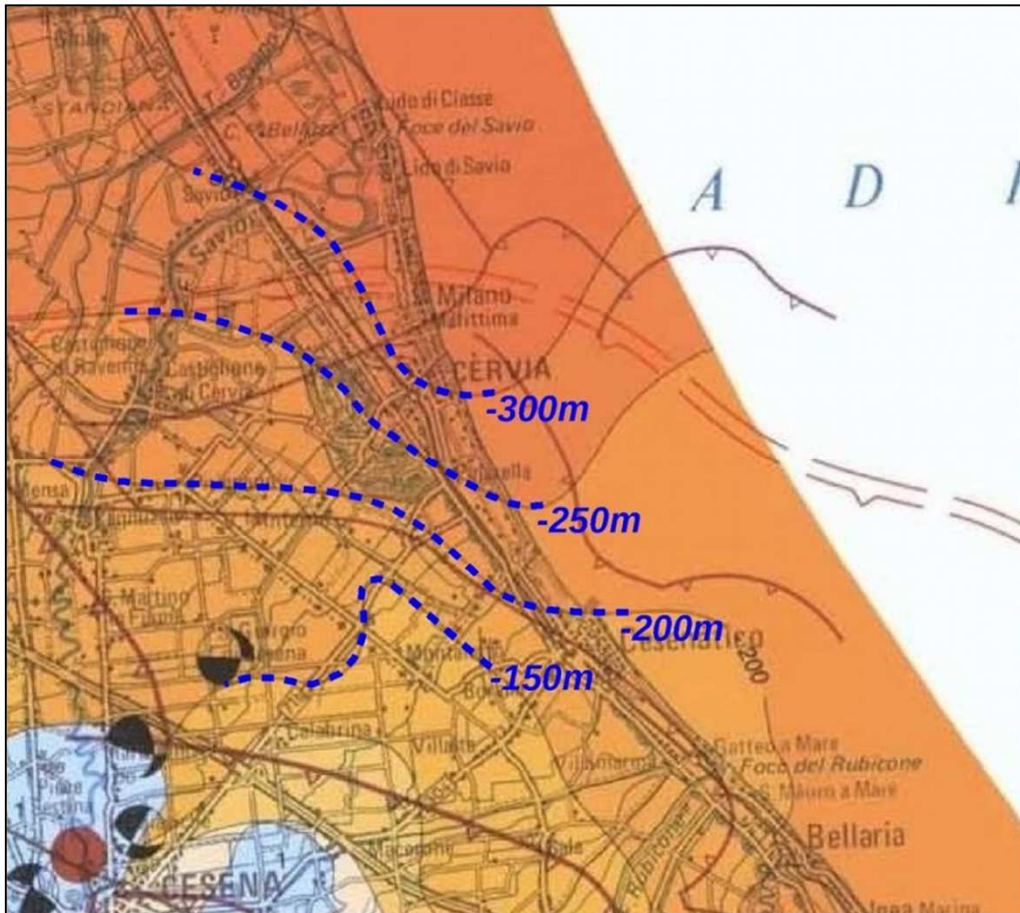
### PROVE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TRADIZIONALE:

- **GRANULOMETRIE**
- **LIMITI DI ATTERBERG (LIMITE LIQUIDO; LIMITE PLASTICO; INDICE PLASTICO; ECC.)**



# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

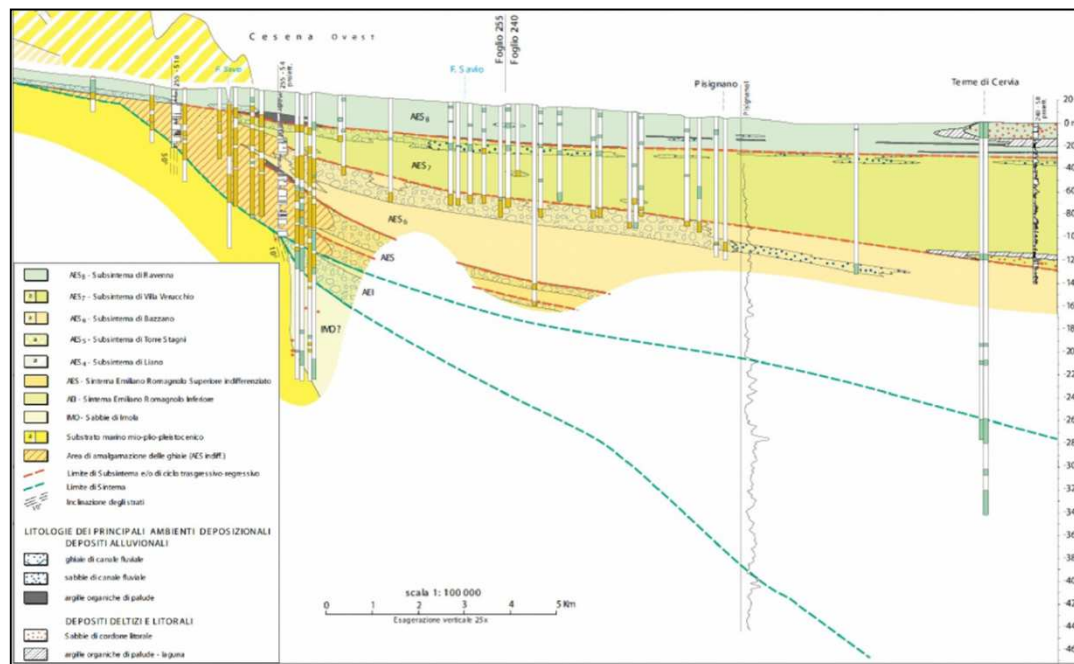
## Il modello di sottosuolo



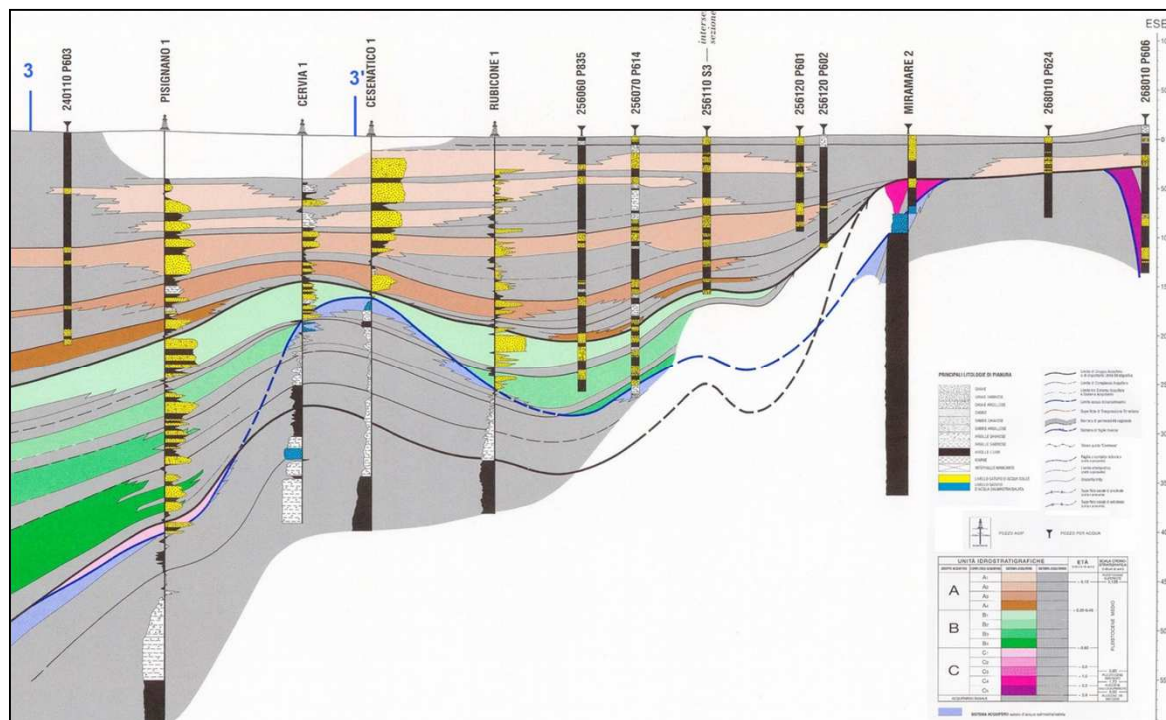
A sx: stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:250.000 (SGSS e CNR, 2004). Il tratteggio in blu evidenzia la ricostruzione delle quote di base (slm) del Sintema AES. A dx: rielaborazione delle quote di base di AES rispetto alle aree di studio del Comune di Cervia.

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo

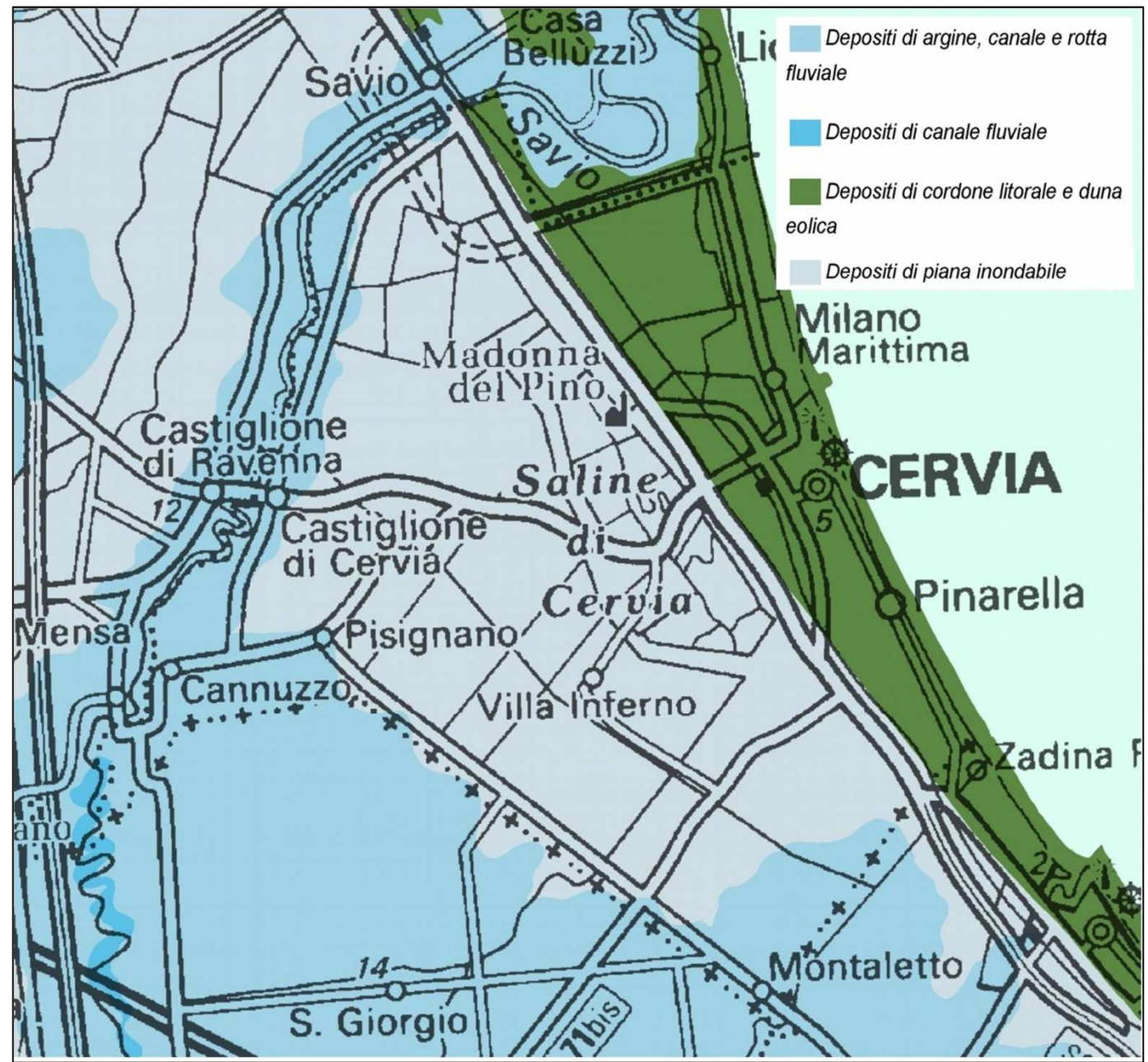


## Sezioni geologiche SGSS



# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

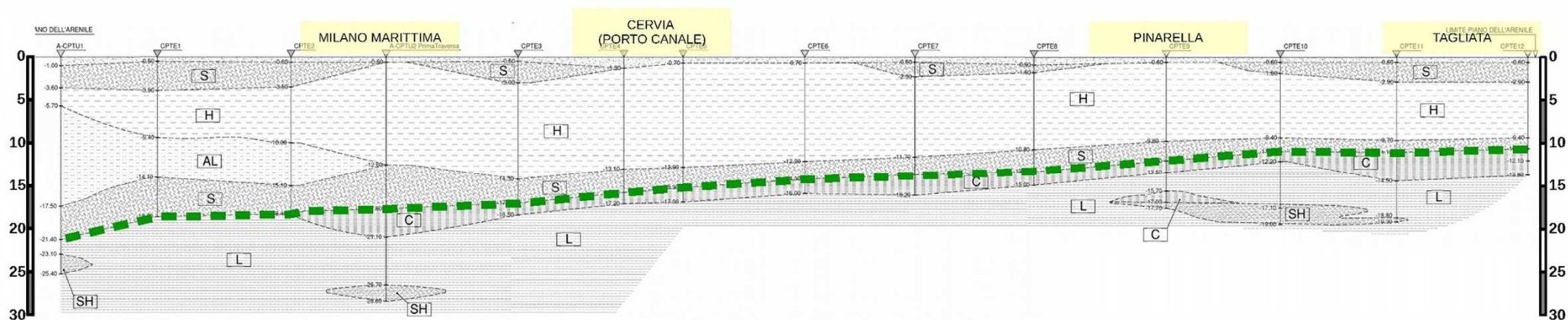
## Il modello di sottosuolo



Cartografia geologica di sintesi del territorio studiato (fonte: cartografia geologica SGSS)

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo

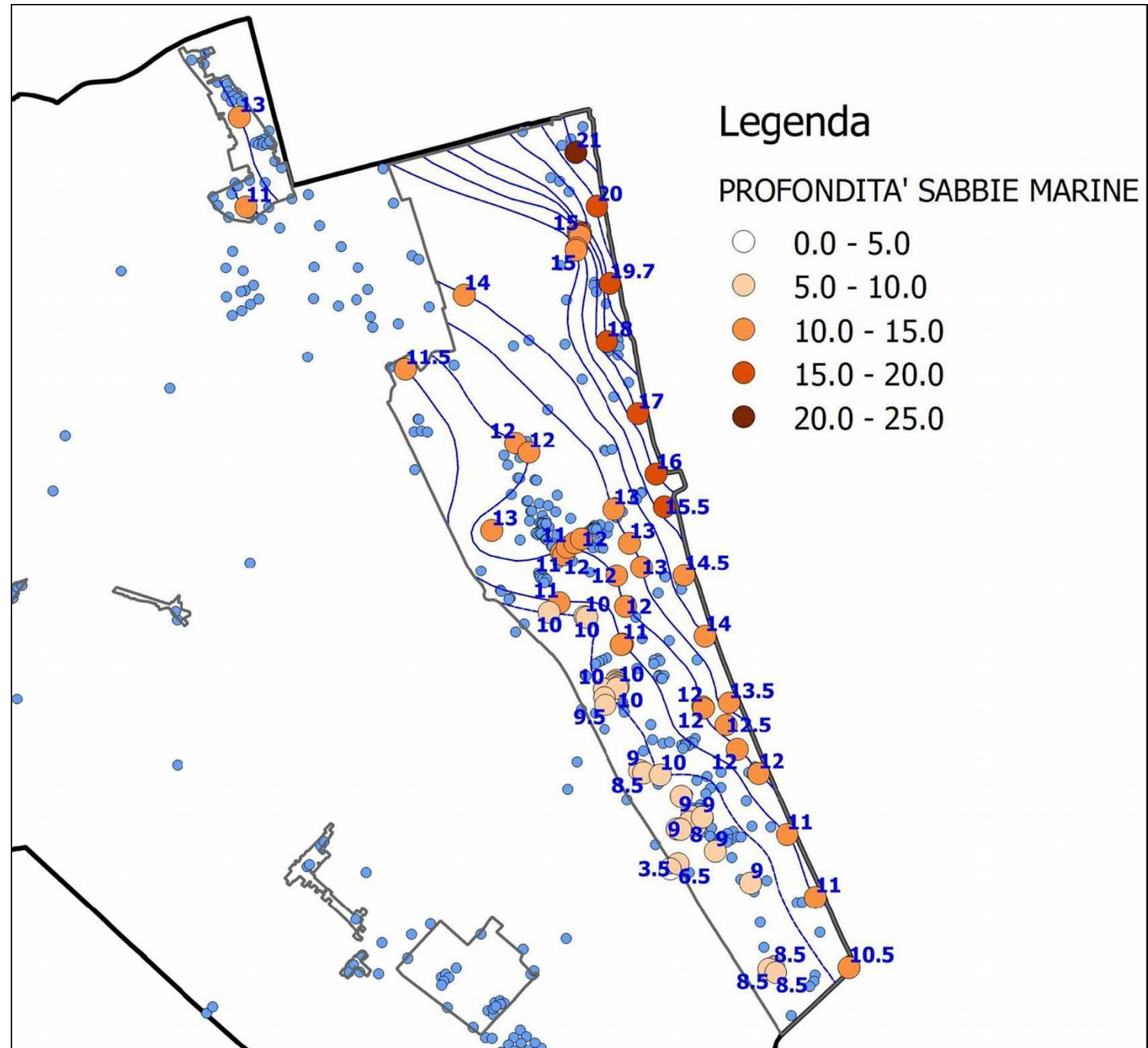


Sezione geologica della costa elaborata per lo studio geologico di adeguamento del **Piano dell'Arenile** (GeoProget, 2016, modificata). Nella sezione si è evidenziato il limite delle sabbie marine recenti (linea tratteggiata verde)

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo

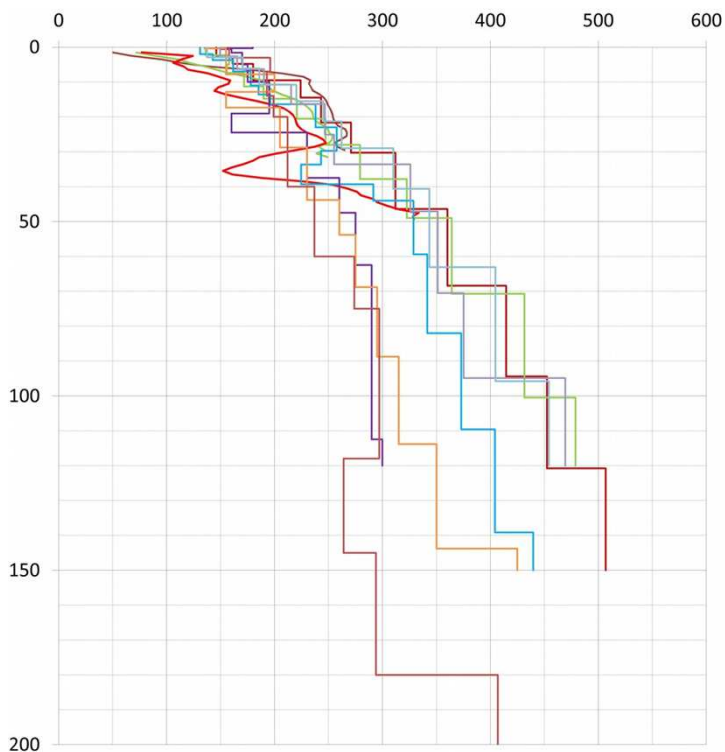
Ricostruzione delle isobate delle sabbie marine della zona di costa cervese, sulla base dei dati litostratigrafici desunti dalle prove geognostiche (sondaggi; penetrometrie)



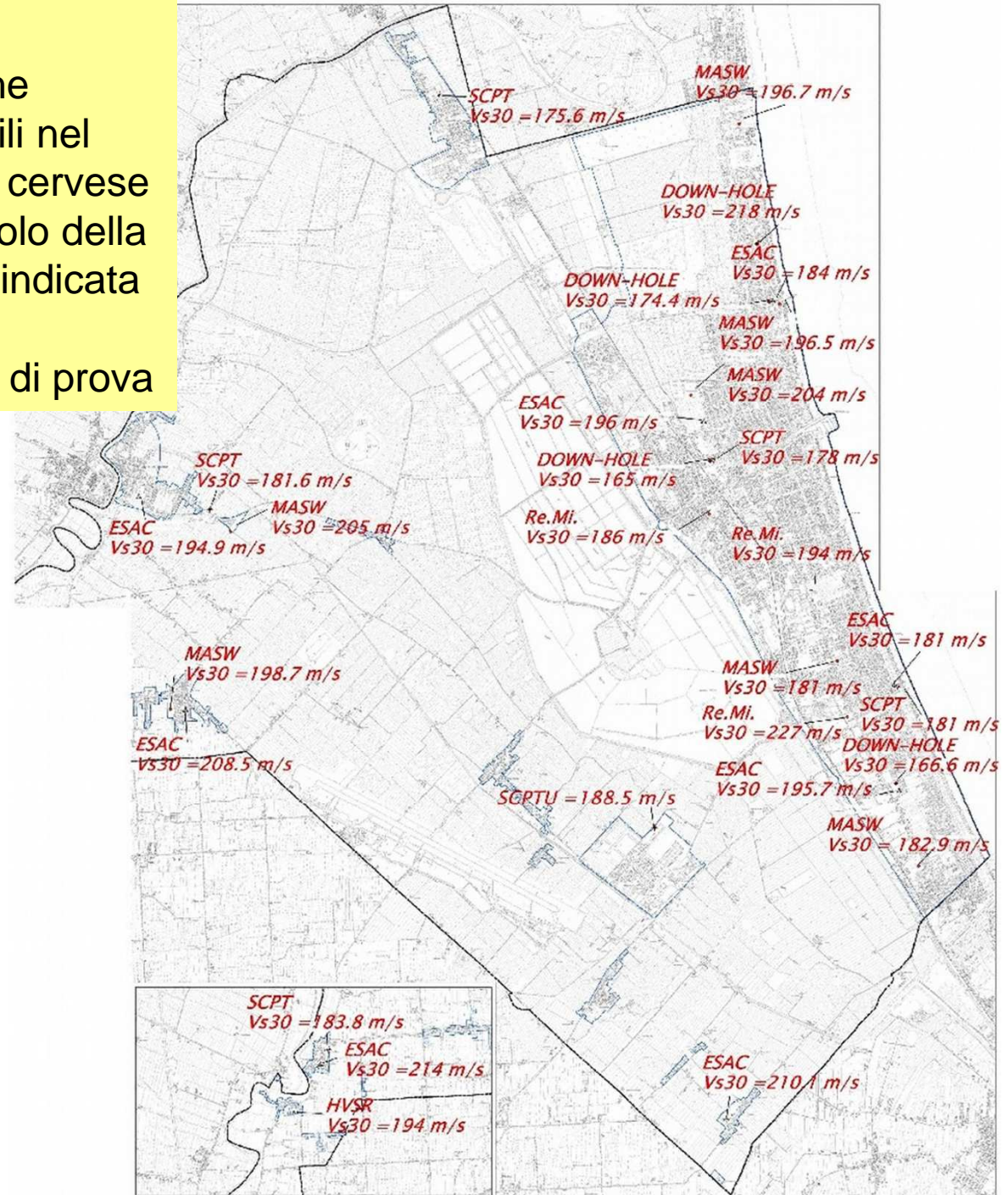
# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo (dati geofisici)

Sismostratigrafie ottenute dalle indagini geofisiche disponibili nel territorio cervese (DH; SCPT; ESAC; MASW: REMI)

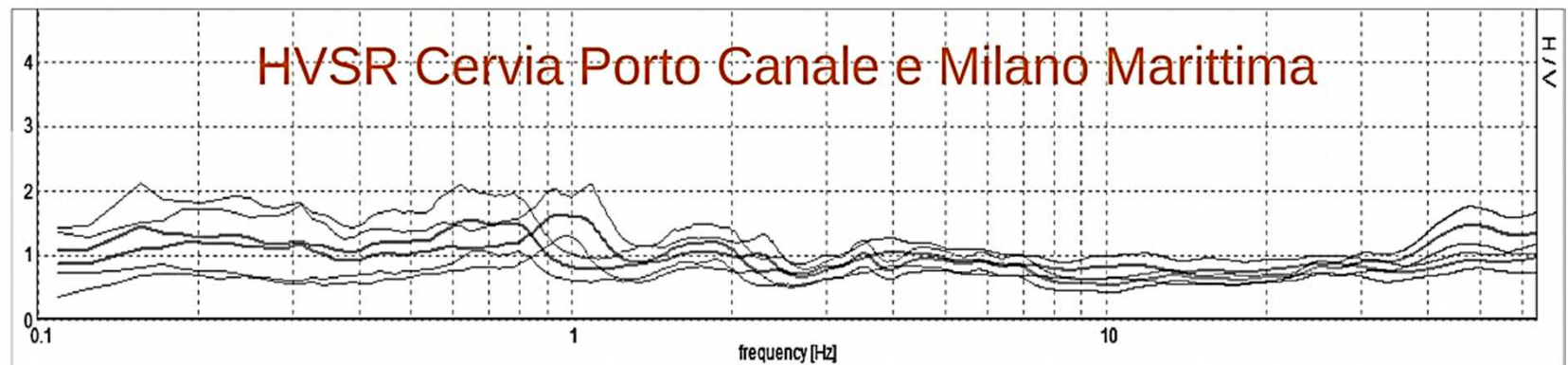
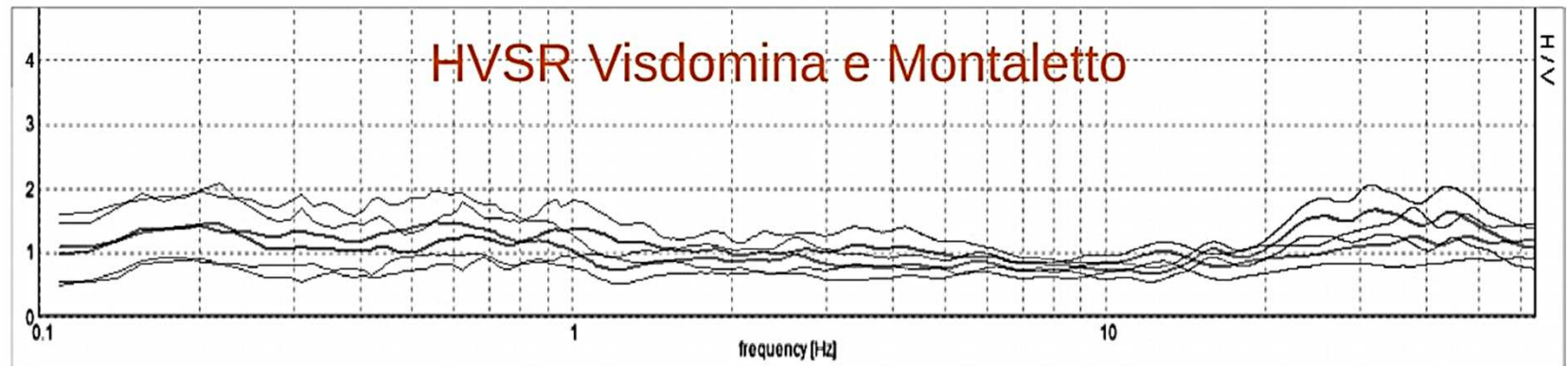


Indagini geofisiche disponibili nel territorio cervese con calcolo della Vs30. È indicata anche la tipologia di prova



# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

Il modello di  
sottosuolo  
(dati geofisici)



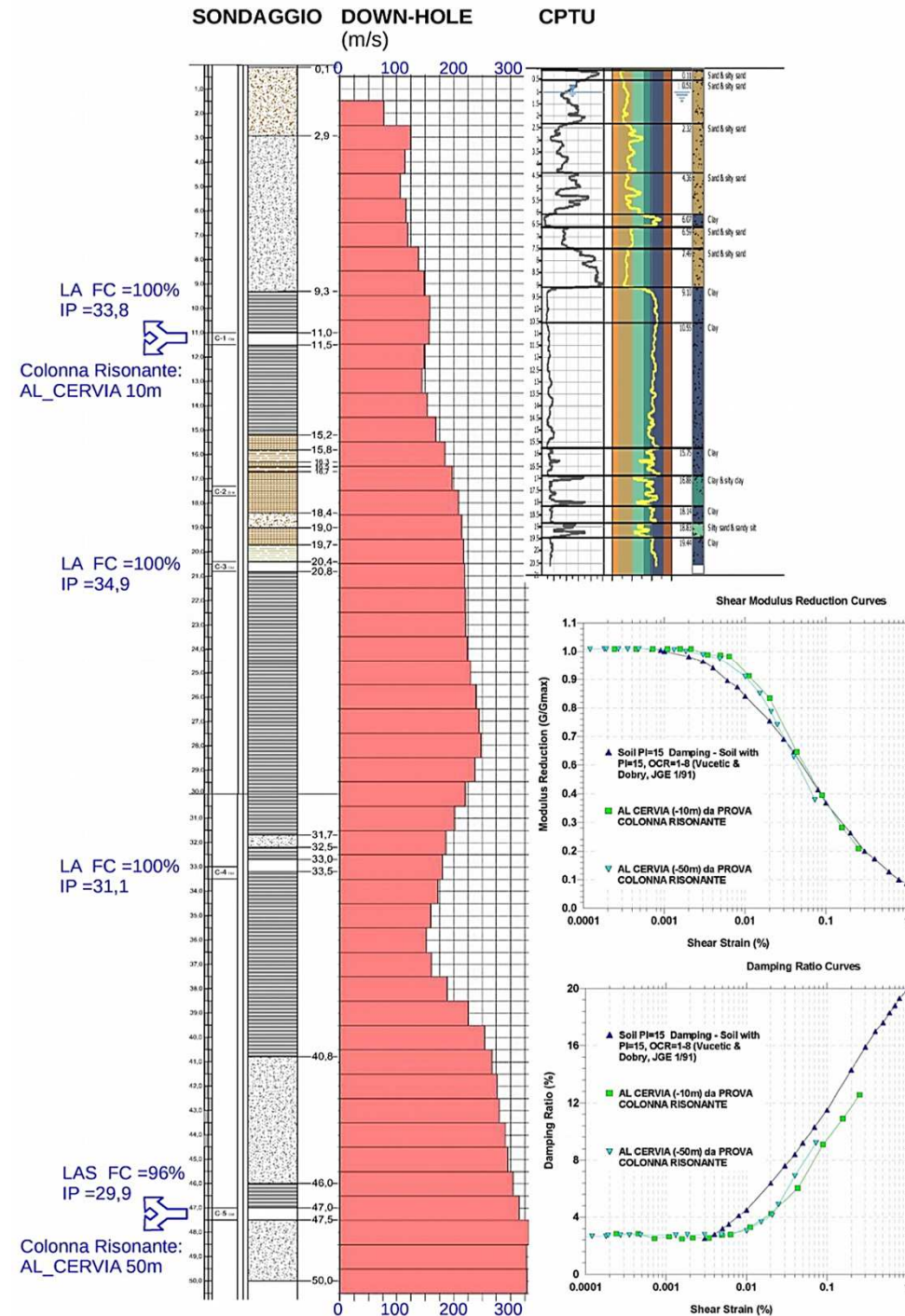
Confronto tra registrazioni HVSR (tempi di acquisizione di 60' ) eseguite nel territorio interno SE (Visdomina e Montaletto) e nel territorio NO Porto Canale e Milano - Marittima)

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo (dati geofisici)

Modellazione sismostratigrafica dei sedimenti investigati dal sondaggio/ Down-Hole” eseguito per lo studio di microzonazione sismica a Pinarella di Cervia (nell'area verde tra via Donati e via Lazio). È riportato il confronto con la CPTU limitrofa.

La figura riporta anche le curve di decadimento dei sedimenti fini di riferimento per le modellazioni numeriche della RSL del settore di costa cervese





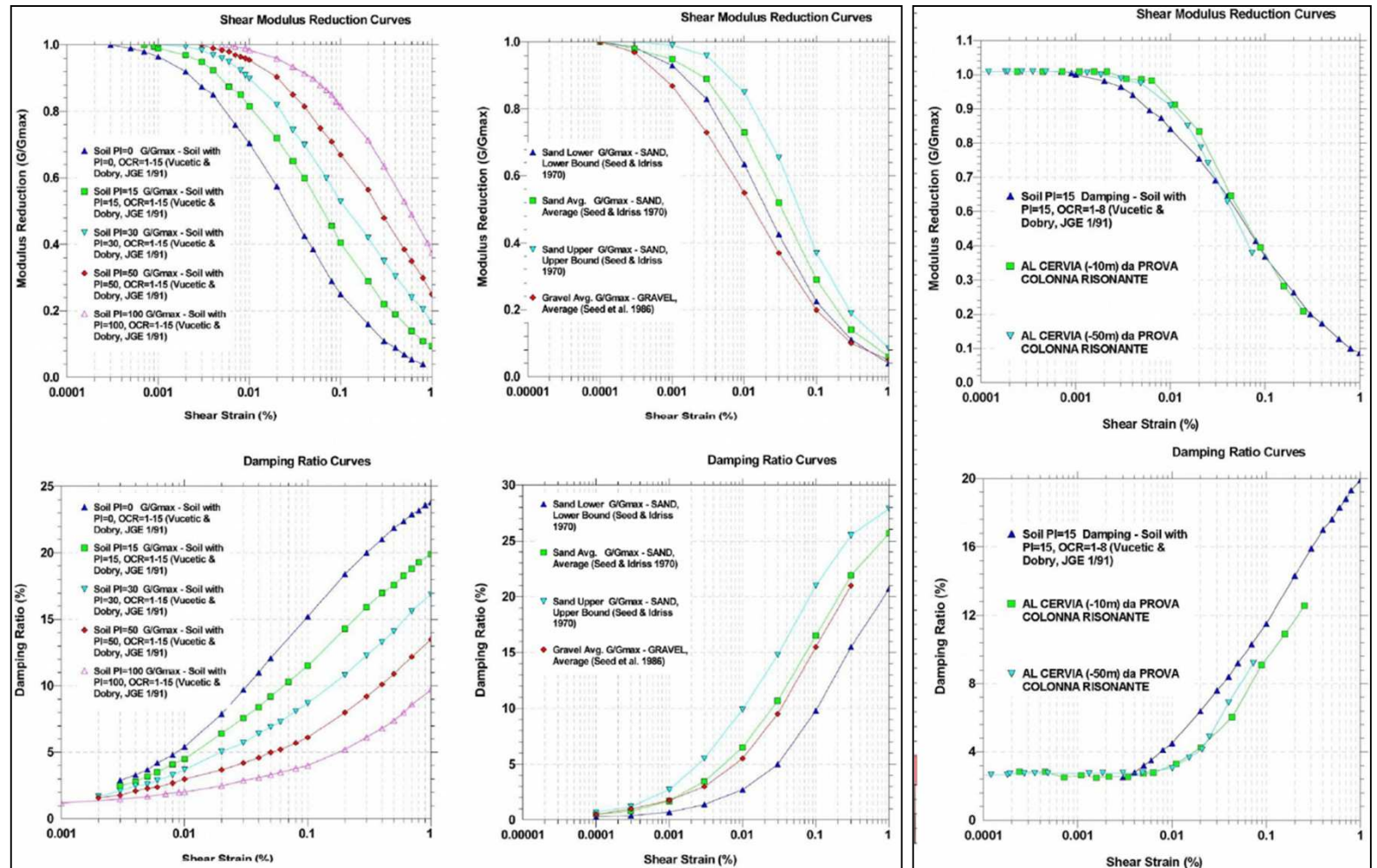
# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Il modello di sottosuolo (dati geofisici)

Per la modellazione sismostratigrafica sono stati implementati i **fattori smorzamento D** e i **moduli di rigidezza al taglio G** ricavati da prove di laboratorio (Colonna Risonante) e di bibliografia (per sabbie: Seed & Idriss, 1970, per sedimenti fini: Vucetic & Dobry, 1991; per ghiaie: Seed et al. 1986

A Sx: Curve di decadimento da bibliografia utilizzate per le modellazioni numeriche di RSL

A Dx: le curve di decadimento del settore di costa cervese



# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

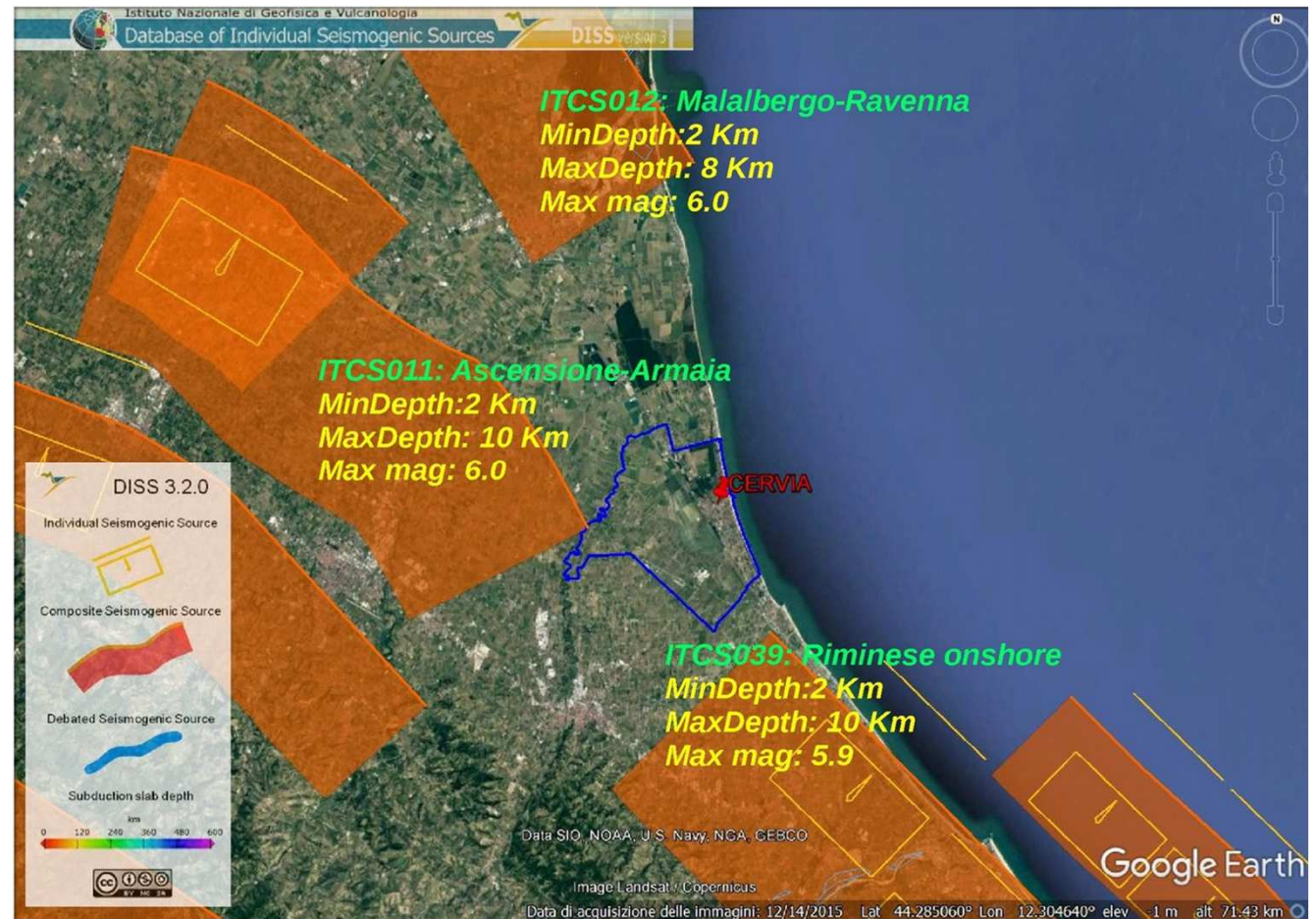
## La pericolosità sismica di base:

- **CPTI15 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 2011** (Rovida et al., 2015; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>), Raccoglie i parametri dei terremoti avvenuti in Italia fino al 2015
- **DBMI15 - Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani** utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Locati et al., 2015 <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)
- **Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale** (INGV, 2004; <http://esse1.mi.ingv.it/>) che definisce una “**pericolosità di base**” su un reticolo di punti di riferimento. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del suolo) e dei principali “parametri spettrali” riferiti all’accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell’azione sismica
- **Zonazione Sismogenetica ZS9** (Meletti e Valensise, 2004; <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>), che individua sul territorio italiano 42 macrozone-sorgente e ha rappresentato il riferimento per i calcoli di pericolosità sismica nel territorio nazionale di cui al punto precedente;
- **Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane DISS versione 3.2.0** (DISS Working Group, 2015 e Basili et al., 2008; <http://diss.rm.ingv.it>), che contiene sorgenti individuali e composite di terremoti, (rappresentazione di faglie - sorgenti individuali - o regioni contenenti faglie - sorgenti composite - in grado di generare terremoti di M 5.5 o superiore;

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

La  
pericolosità  
sismica di  
base:

ATTENZIONE: LO SCOPO  
DELLO STUDIO DI  
MICROZONAZIONE NON E' LO  
STUDIO DEI TERREMOTI MA  
STUDIARE GLI «EFFETTI» IN  
SUPERFICIE IN FUNZIONE  
DELLE DIFFERENTI  
CARATTERISTICHE  
GEOLOGICHE E  
MECCANICHE DEL  
SOTTOSUOLO



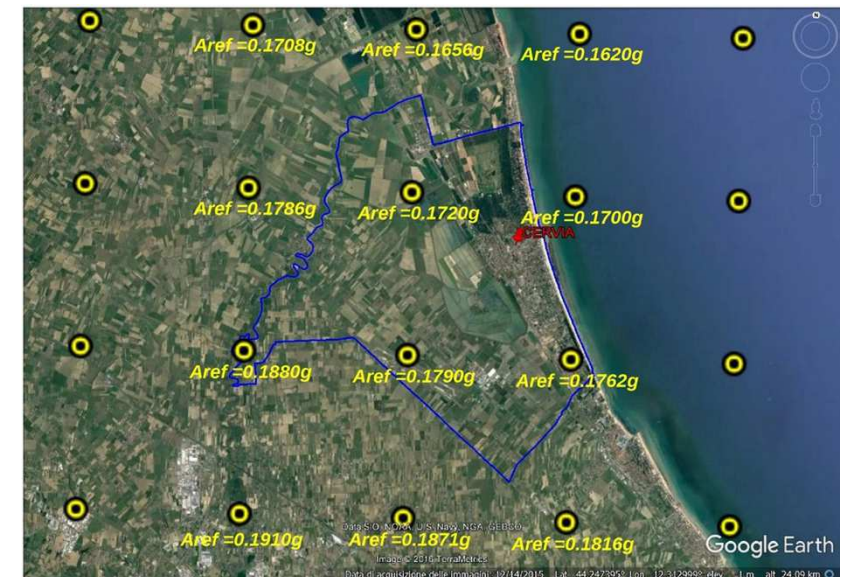
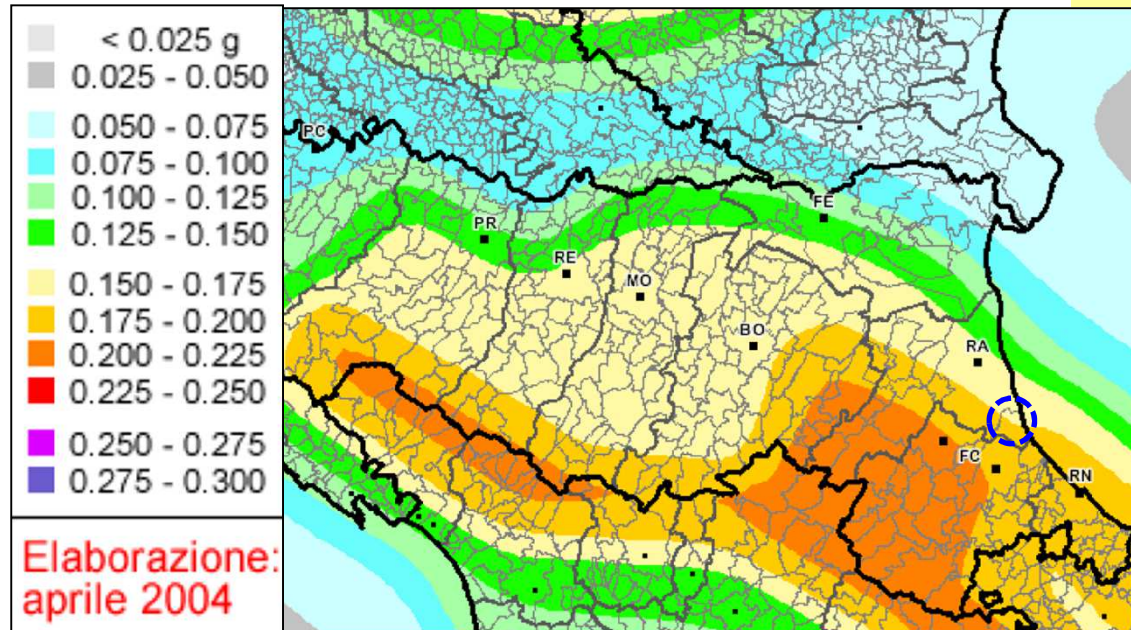
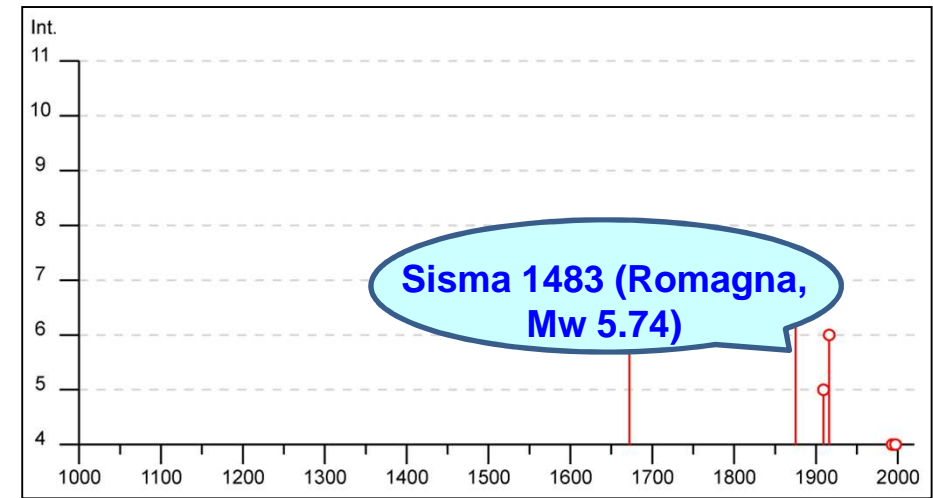
Localizzazione delle  
sorgenti sismogenetiche  
contenute nel database  
DISS (v.3.2.0)

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## La pericolosità sismica di base:

La **Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale** (INGV, 2004) definisce una “pericolosità di base” probabilistica:

è riferita ad un reticolo di punti ai quali sono attribuiti per differenti TR del terremoto atteso, i valori di  $a_g$  max orizzontale al suolo (bedrock «rigido») e i principali “parametri spettrali” da utilizzare per il calcolo dell’azione sismica



# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Amplificazione: SHAKE 2000

Elaborazione set di modelli con input scalati:

000046xa.xy  
000126xa.xy  
000354xa.xy

Parametri di RSL:

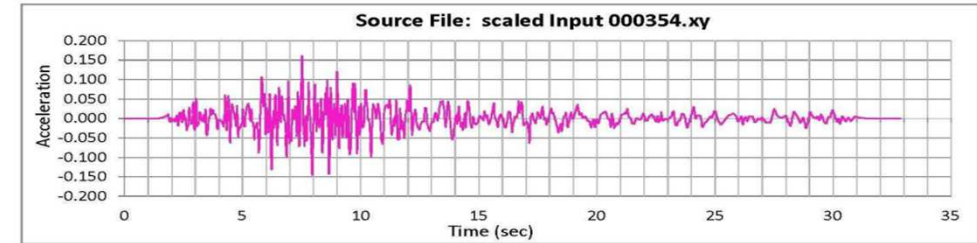
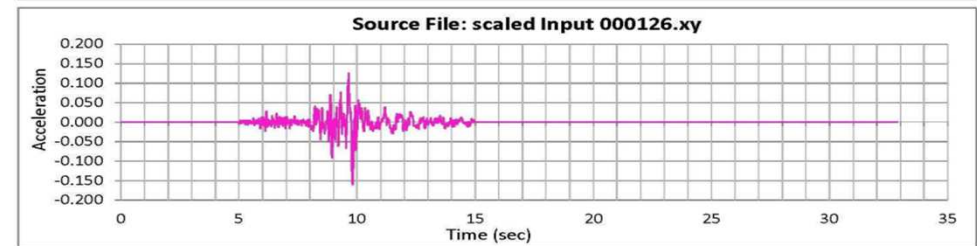
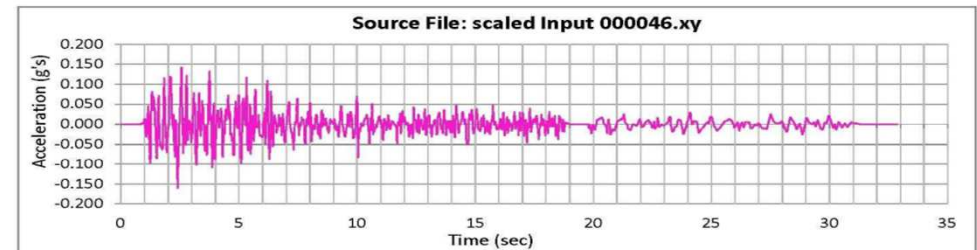
Pga e FA Pga

FA.SI  $0,1s < T_0 < 0,5s$

FA.SI  $0,5s < T_0 < 1,0s$

FA.SI  $0,5s < T_0 < 1,5s$

funzione di trasferimento



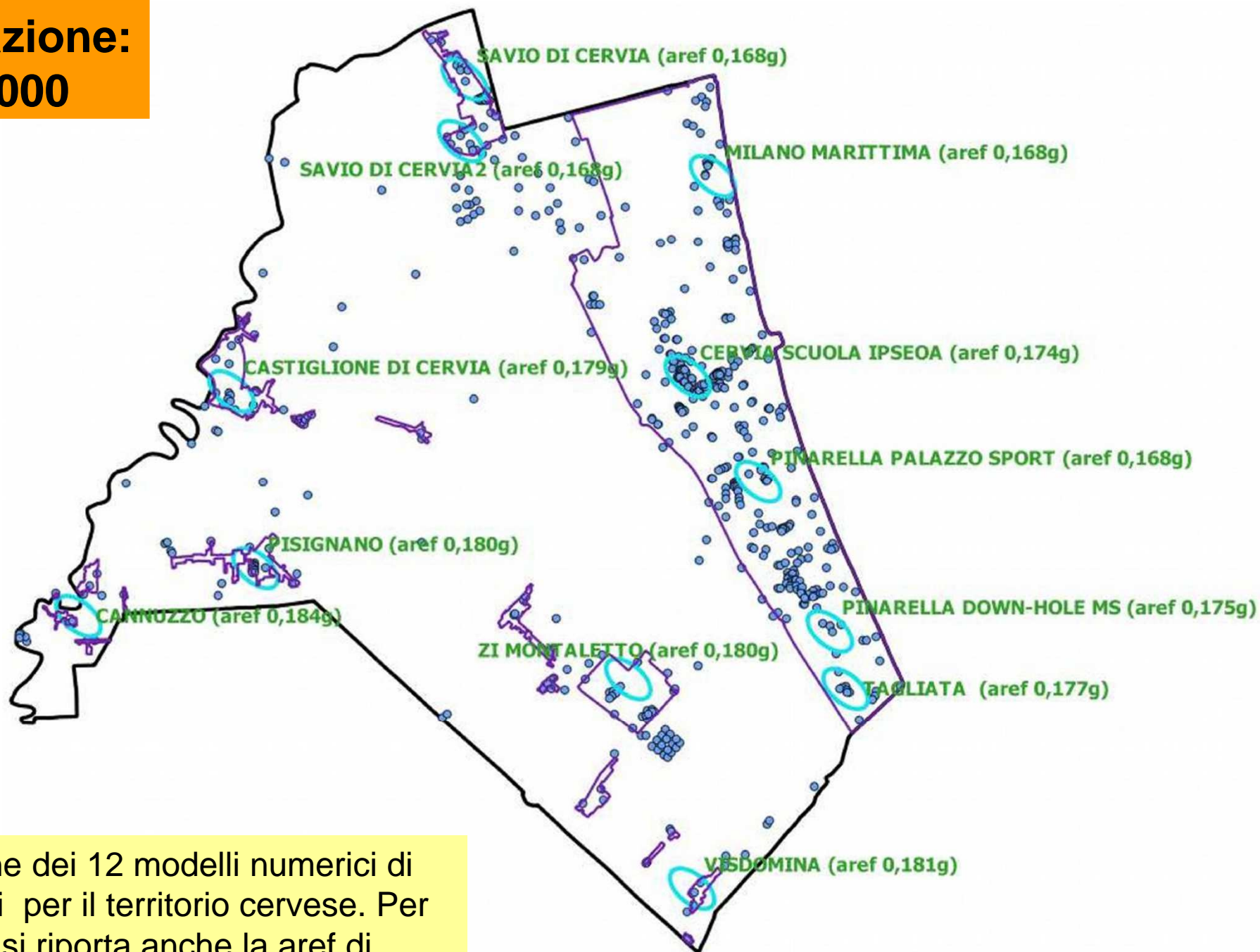
Si sono elaborati modelli numerici di RSL con software SHAKE 2000. Per le simulazioni si sono utilizzati i **tre accelerogrammi** richiesti dalla DGR 2193, «scalati» alla pericolosità di riferimento delle aree di studio

Le modellazioni consentono la **quantificazione dei quattro fattori di amplificazione** previsti dagli indirizzi regionali (DGR 2193/2015) e riconducibili a:

- **FA PGA**: rapporto tra le massime ampiezze dell'accelerazione orizzontale in superficie e al bedrock sismico ( $PGA/PGA_0$ )
- **FA SI**: rapporto di Intensità di Housner in superficie e al bedrock sismico ( $SI/SI_0$ ) per periodi determinati

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

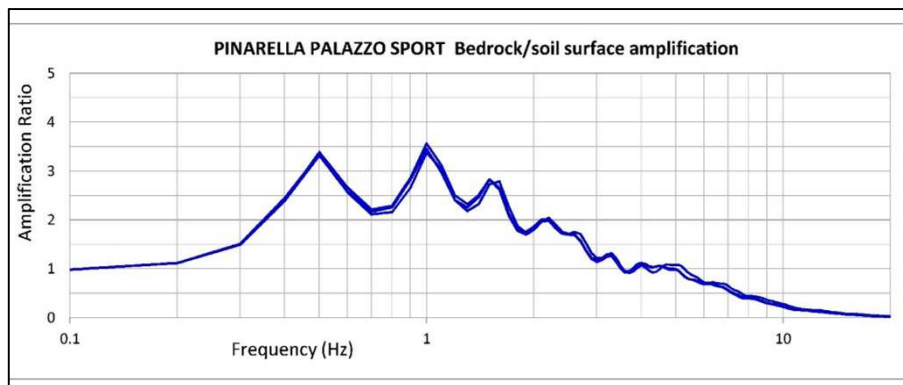
Amplificazione:  
SHAKE 2000



Localizzazione dei 12 modelli numerici di RSL elaborati per il territorio cervese. Per ogni modello si riporta anche la aref di input

# La MS di Cervia: le analisi la risposta sismica locale

## Amplificazione: SHAKE 2000

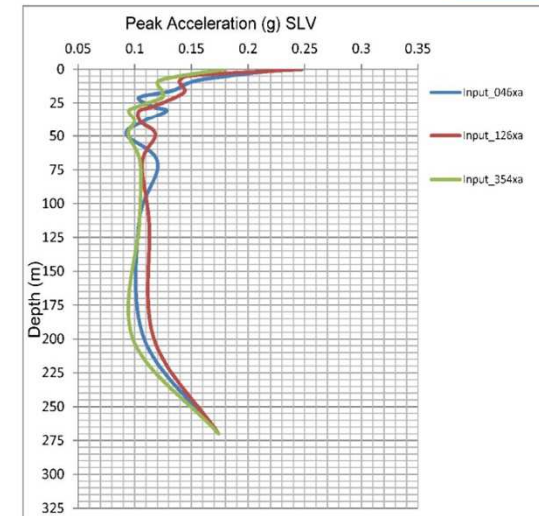


### MODELLO SHAKE MS CERVIA (RA) – PINARELLA (PALAZZO SPORT)

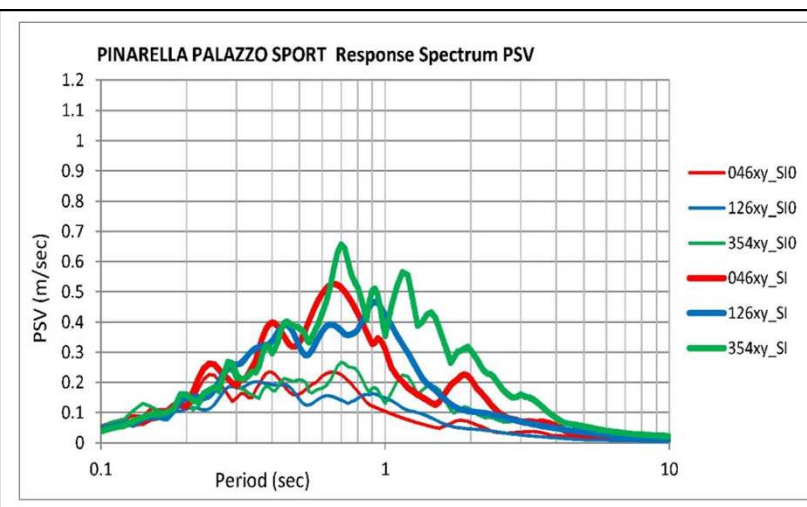
↓ DATI DI INPUT PER LA GENERAZIONE DEI MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI RANDOM

Layer	Thickness (m)	Depth (m)	Weight (kN/m³)	Damping (decimal)	Shear Wave (m/s)	G/Gmax Curve Damping Curve
1	5,0	5,0	17,5	0,05	150	Sand lower
2	4,0	9,0	18,0	0,05	170	Sand Avg
3	7,0	16,0	17,0	0,05	160	ALS_Cervia10m
4	5,0	21,0	17,0	0,05	200	Soil PI=15
5	7,0	28,0	17,5	0,05	230	ALS_Cervia10m
6	3,0	31,0	18,0	0,05	250	Soil PI=0
7	8,0	39,0	17,5	0,05	225	ALS_Cervia10m
8	10,0	49,0	19,0	0,05	300	Sand upper
9	21,0	70,0	18,5	0,05	325	ALS_Cervia50m
10	20,0	90,0	19,0	0,05	345	ALS_Cervia50m
11	25,0	115,0	19,0	0,05	375	ALS_Cervia50m
12	85,0	200,0	20,0	0,05	450	ALS_Cervia50m
13	70,0	270,0	21,0	0,05	525	ALS_Cervia50m
Profondità media pseudobedrock: -270 m					>800	

PINARELLA P.SPORT	Input_046xy	Input_126xy	Input_354xy	MEAN	
DGR 2193/15	Max ag (g)	0.233	0.248	0.180	<b>0.220</b>
	FA Pga	1.3	1.4	1.0	<b>1.3</b>



ANDAMENTO DELLE ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DI RSL PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E VALORI NUMERICI →



SPETTRI DI INTENSITA' DI HOUSNER AL SUOLO (SI) E AL PSEUDOBEDROCK (SI<sub>0</sub>) PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E FATTORI DI AMPLIFICAZIONE ↓

DGR 2193/15	T 0.1-0.5	T 0.5-1.0	T 0.5-1.5
Input_00046xy	1.5	2.4	2.5
Input_000126xy	1.6	2.6	2.6
Input_000354xy	1.4	2.4	2.4
<b>MEAN</b>	<b>1.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>

Esiti modellazione numerica di RSL:  
Pinarella di Cervia (Palazzo Sport)

# La MS di Cervia: verifiche liquefacibilità

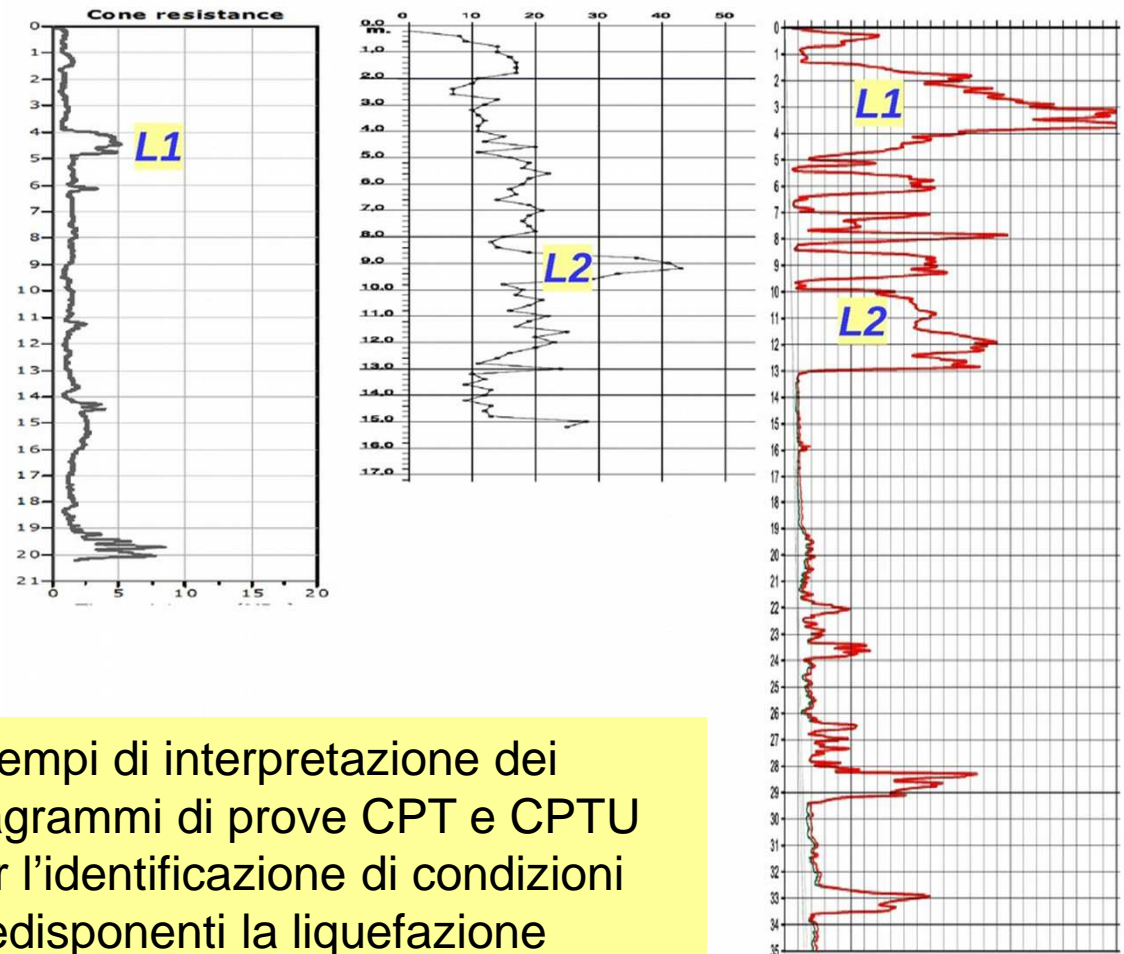
Il lavoro svolto per questo studio ha consentito un approfondimento sulle **condizioni di suscettibilità** alla liquefazione dei sedimenti del territorio studiato

<u>PROFONDITA'</u>	<u>CLASSI SUSCETTIBILITA'</u>
<u>LAYER</u> 0÷10 metri	L1 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >40 cm sotto falda e nei primi 5 metri
	L2 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >100 cm tra 5 e 10 metri
<u>LAYER</u> 10÷20 metri	L3 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >200 cm tra 10 e 15 metri
	L4 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >200 cm tra 15 e 20 metri

Ci si è basati:

sui **dati di sottosuolo** desunti dalle prove geognostiche disponibili (sondaggi e prove penetrometriche)

sulla caratterizzazione idrogeologica e in particolare sulla ricostruzione della **soggiacenza media della falda** meno profonda (basata sui rilievi idrogeologici eseguiti per il solo territorio di Cervia).



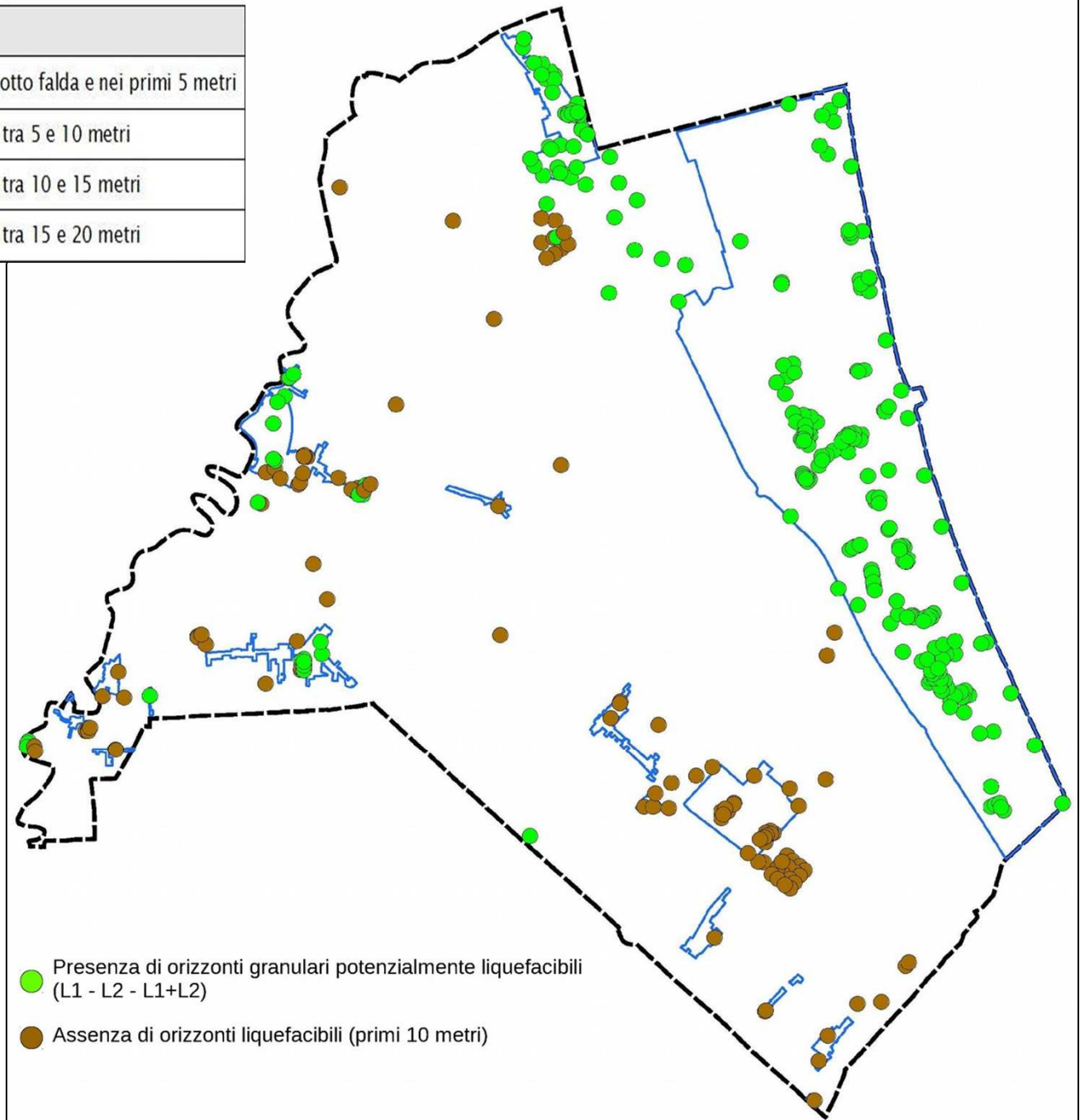
Esempi di interpretazione dei diagrammi di prove CPT e CPTU per l'identificazione di condizioni predisponenti la liquefazione



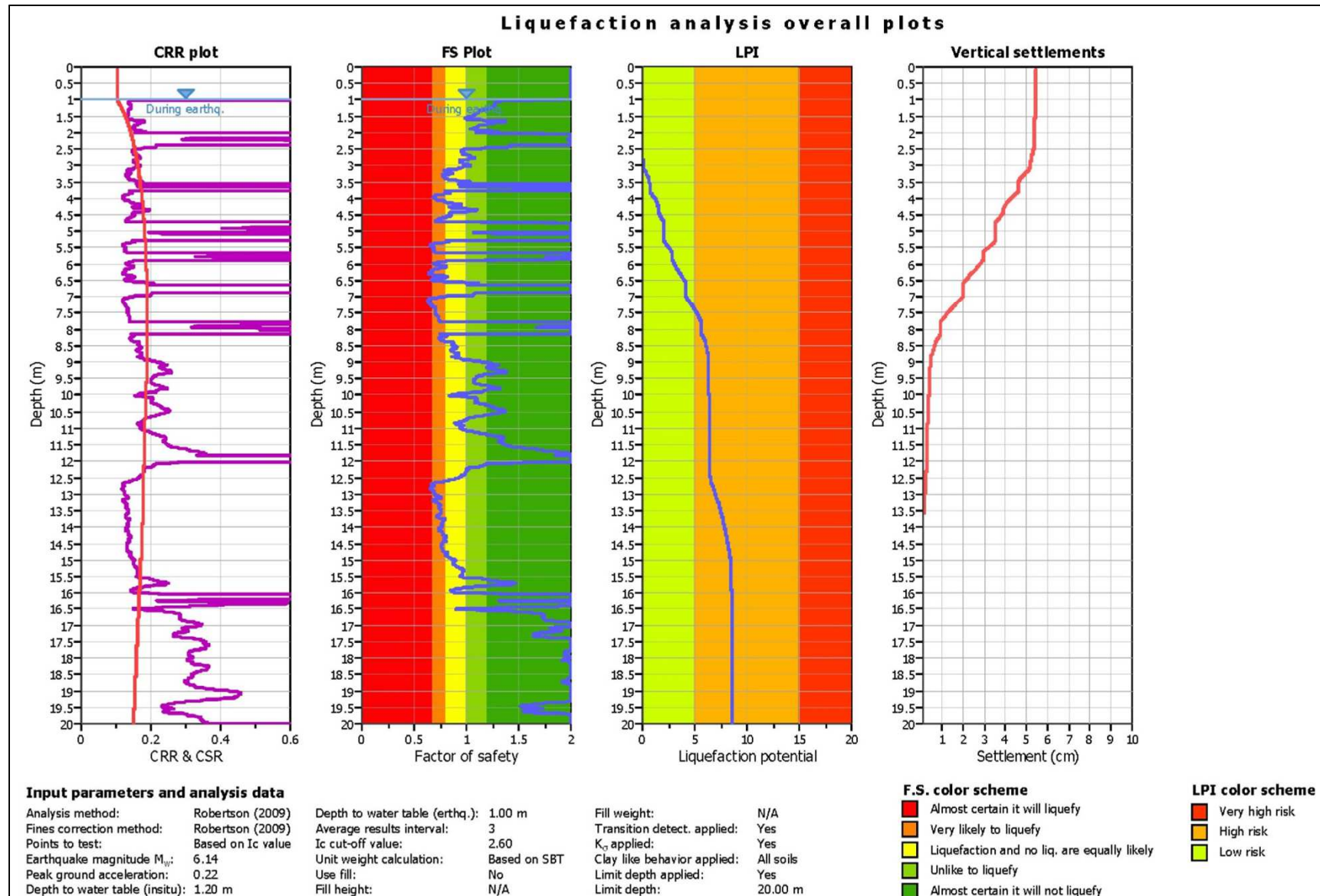
# La MS di Cervia: verifiche liquefacibilità

<u>PROFONDITA'</u>	<u>CLASSI SUSCETTIBILITA'</u>
<u>LAYER 0÷10 metri</u>	L1 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >40 cm sotto falda e nei primi 5 metri
	L2 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >100 cm tra 5 e 10 metri
<u>LAYER 10÷20 metri</u>	L3 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >200 cm tra 10 e 15 metri
	L4 = presenza di intervalli liquefacibili saturi >200 cm tra 15 e 20 metri

Classificazione e distribuzione dei punti di controllo geognostici finalizzata alla ricostruzione delle zone di potenziale liquefacibilità in base alla presenza di strati granulari in falda (sottosuolo fino -10 metri di profondità)



# La MS di Cervia: verifiche liquefacibilità

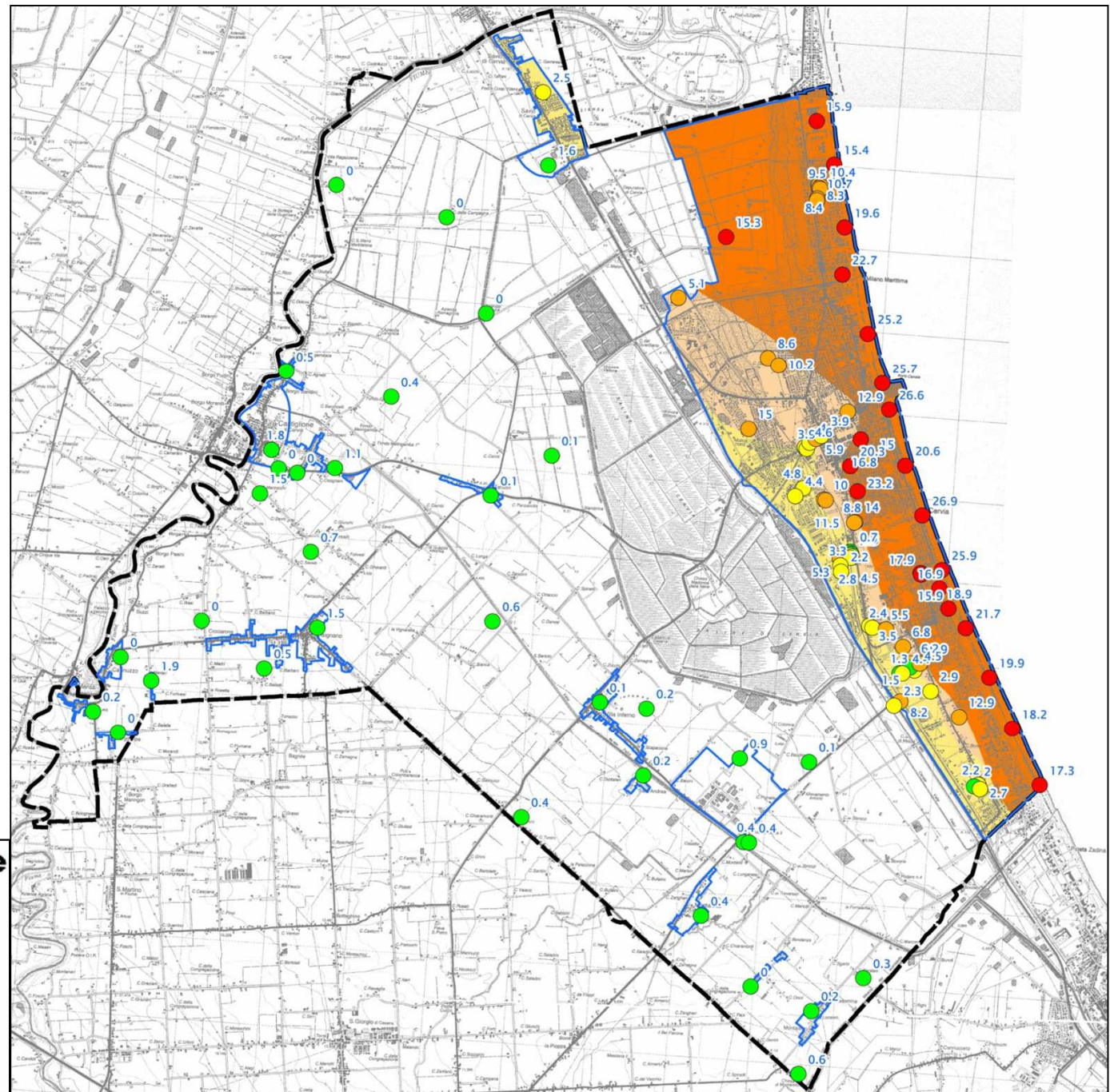


La possibilità di disporre di un buon numero di dati numerici di penetrometrie CPTe/ CPTU (106 prove) profonde almeno 15 metri ha permesso di calcolare il Fattore di Sicurezza nei confronti della liquefazione (FSL) e la stima del parametro LPI (Liquefaction Potential Index). Metodo di calcolo FSL: P.K. Robertson, 2009, 2010

# La MS di Cervia: verifiche liquefacibilità

Punti di controllo dell'Indice di Potenziale Liquefazione IL/LPI e zone di suscettibilità perimetrate nel territorio di Cervia

## Pericolosità di liquefazione



**PARTE SECONDA:  
L'ANALISI DELLA CONDIZIONE  
LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE)**

# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

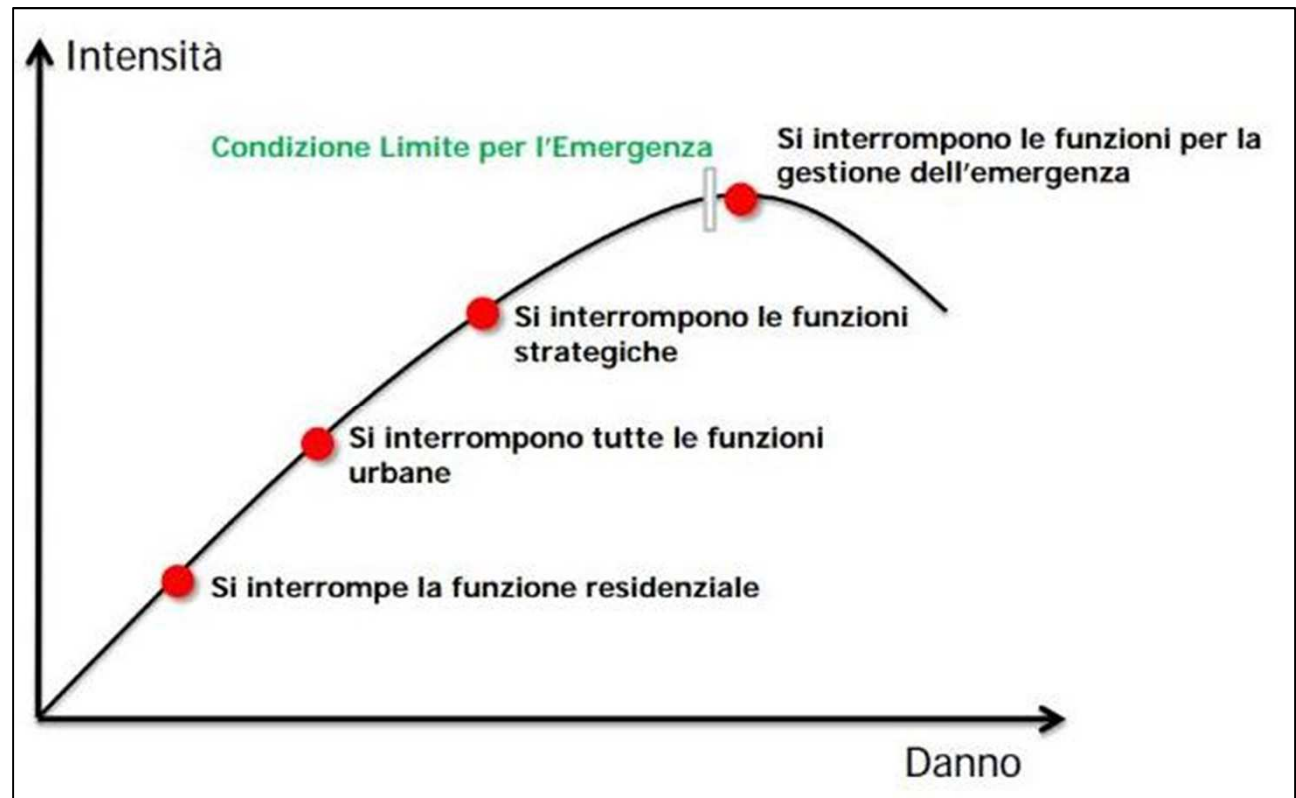
## Cosa è?

[fonte:  
Protezione Civile]

è quella **condizione** in cui a seguito di un **TERREMOTO** l'insediamento urbano CONSERVA:

- L'**operatività** della maggior parte delle **funzioni strategiche per l'emergenza**
- la **connessione** fra tali funzioni
- l'**accessibilità** con il contesto territoriale

(seppure in concomitanza con **danni fisici e funzionali** tali da condurre all'interruzione della quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza)



# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

## Quali obiettivi?

[fonte:  
Protezione Civile]

Avere un **quadro generale del funzionamento** dell'insediamento urbano per la gestione dell'emergenza sismica, anche in relazione al contesto territoriale



Individuare gli **edifici** e le **aree** che garantiscono **funzioni strategiche** per l'emergenza

individuare le **infrastrutture di accessibilità e di connessione** edifici e delle aree di cui sopra

individuare gli eventuali **elementi critici**  
individuare gli **aggregati strutturali** e le singole **unità strutturali** che possono **interferire** con le infrastrutture di accessibilità e di connessione

L'analisi della CLE è fondata su due principali fasi di lavoro:

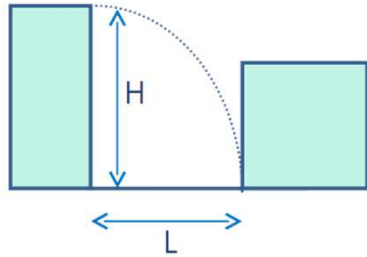
### **DECISIONALE [in sinergia con l'Amministrazione comunale]**

per individuare le Funzioni Strategiche essenziali e gli edifici dove sono svolte (Edifici strategici - ES), le Aree di Emergenza (AE), le strade di connessione tra ES e AE [da: Piano di Protezione Civile comunale]

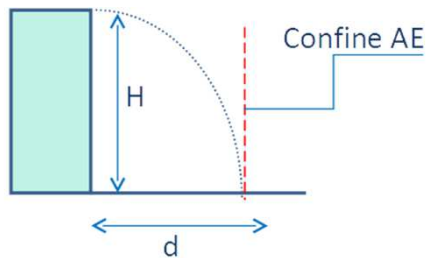
### **ANAGRAFICA [con rilievi anche specialistici]**

rilievo e archiviazione dei dati mediante apposita modulistica (compilazione schede e "shapefile")

# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)



Aggregati  
Interferenti  
con la viabilità

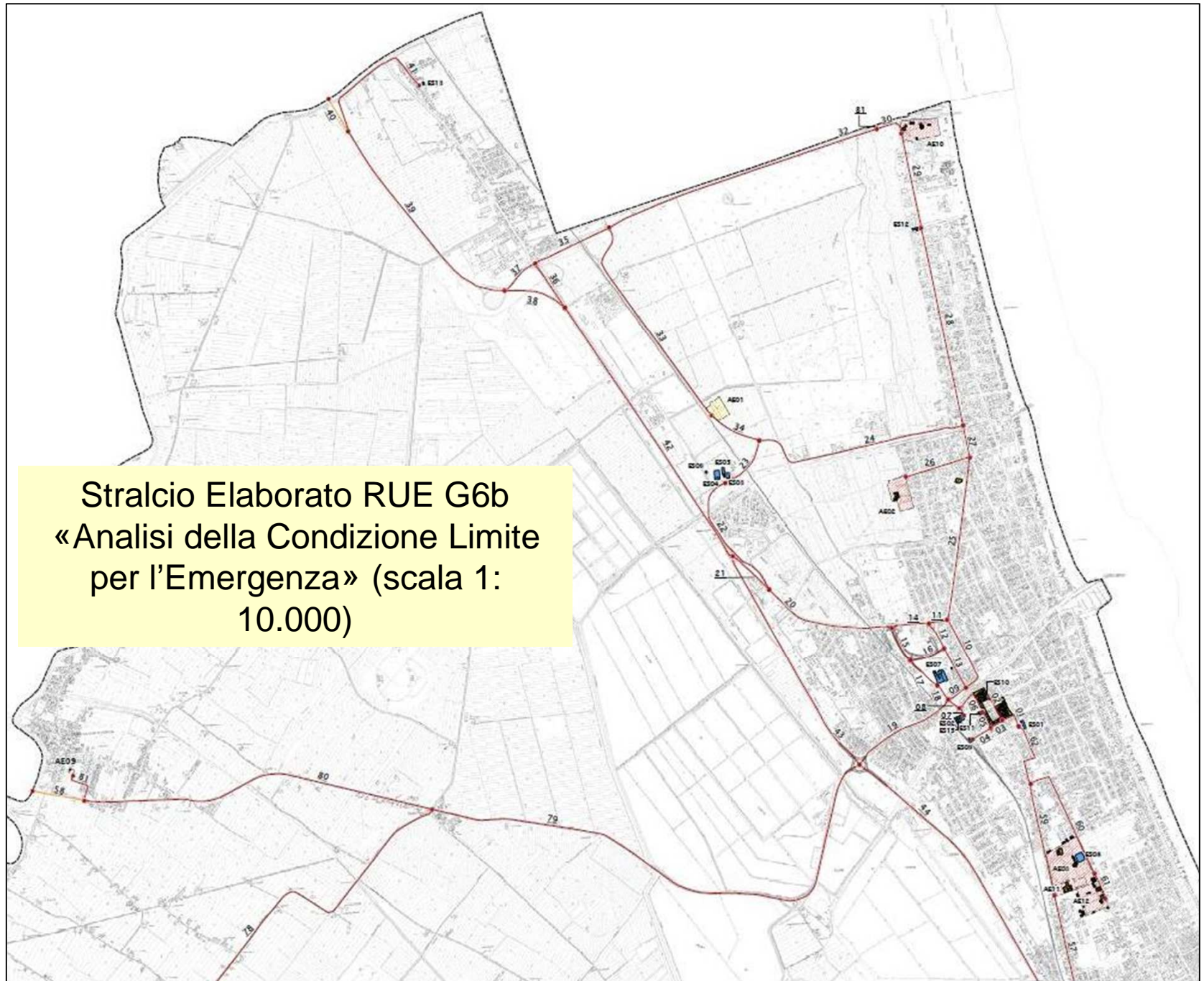


Aggregati  
Interferenti  
con le aree



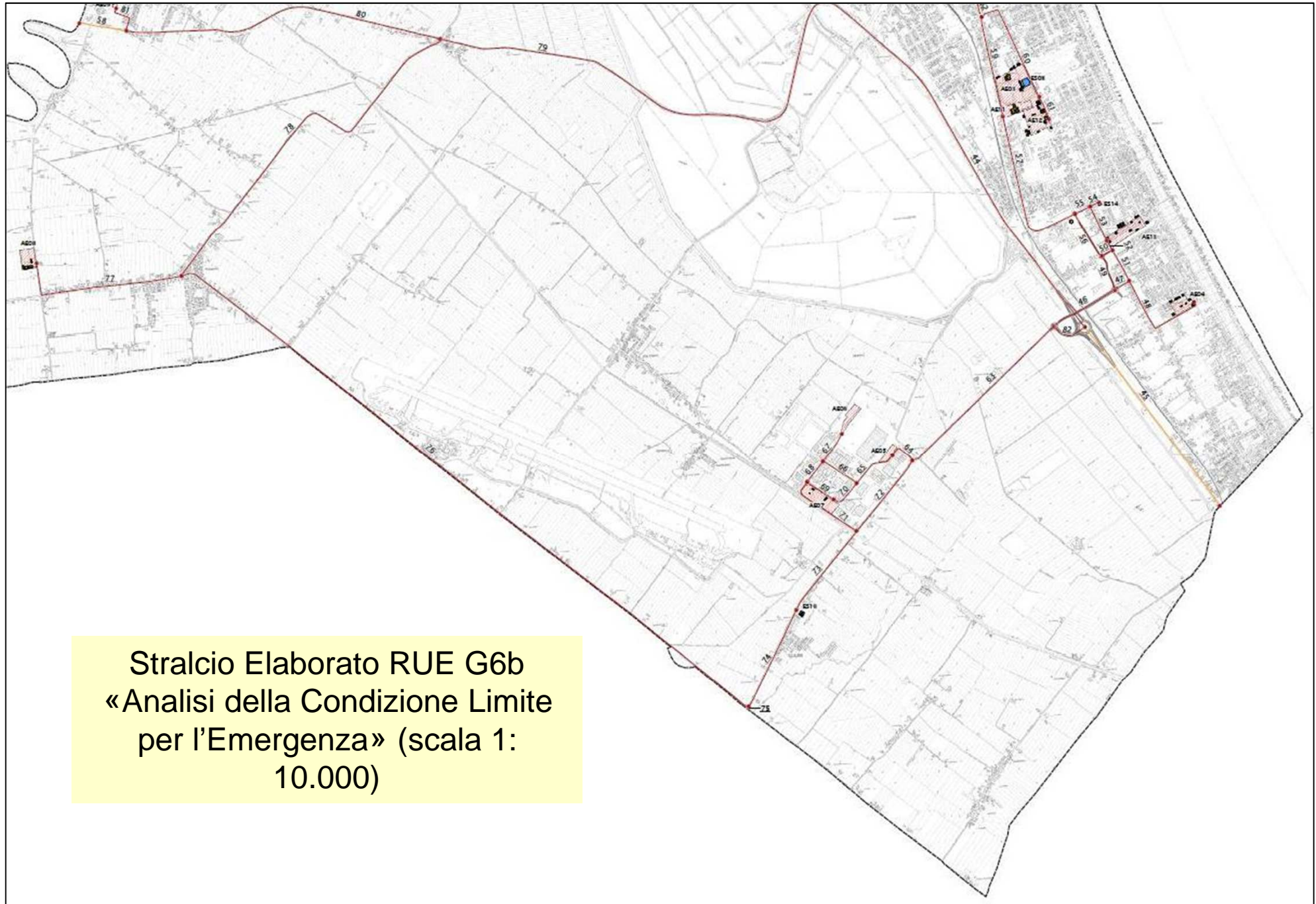
Esempio di situazione di “**interferenza**” di Unità/Aggregati Strutturali (CLE Comune di Cattolica – S. Sangiorgi, 2012)

# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)





# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

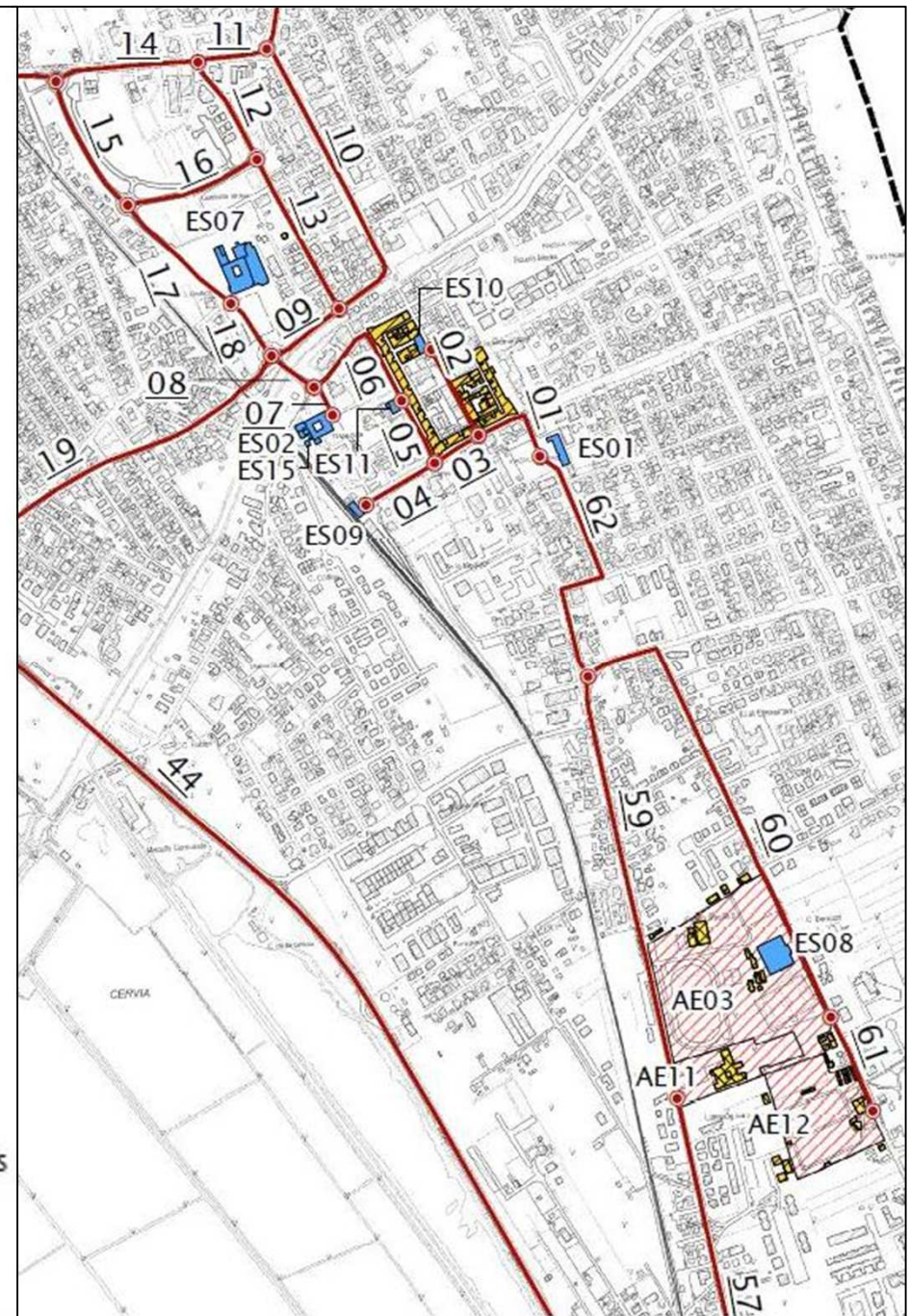


# Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

## Sistema di gestione dell'emergenza

	Edificio strategico
	Area di emergenza (AMMASSAMENTO)
	Area di emergenza (RICOVERO)
	Area di emergenza (AMMASSAMENTO-RICOVERO)
	Area di emergenza (ATTESA)
	Infrastrutture di connessione
	Infrastrutture di accessibilità
	Aggregato strutturale interferente
	Unità strutturale interferente appartenente ad un AS
	Unità strutturale non interferente appartenente ad un AS
	Unità strutturale interferente isolata

Stralcio  
Elaborato  
RUE G6a  
(legenda e  
dettaglio)



# PARTE TERZA: GLI ELABORATI

## ELABORATI QUADRO CONOSCITIVO PSC



**TAVOLE G1a/b «Carta delle Indagini» (scala 10:000)**

**TAVOLA G2 «Carta Geologico Tecnica» (scala 15:000)**

**TAVOLA G3 «Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni» (scala 15:000)**

**TAVOLA G4 «Carta delle Velocità delle Onde di Taglio S (Vs)» (scala 15:000)**

# PARTE TERZA: GLI ELABORATI

## ELABORATI QUADRO CONOSCITIVO PSC



**ELABORATO GR1 «Relazione descrittiva dello studio di microzonazione sismica»**

**ELABORATO GR2 «Archivio delle Indagini»**

**ELABORATO GR1 «Relazione descrittiva della CLE»**

**TAVOLE G1a/b «Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)» (scala 10:000)**

**TAVOLE G2a/b «Carta di Microzonazione sismica di Livello 3 - FA (PGA)» (scala 10:000)**

**TAVOLE G3a/b «Carta di Microzonazione sismica di Livello 3 - FA (SI 0.1-0.5)» (scala 10:000)**

**TAVOLE G4a/b «Carta di Microzonazione sismica di Livello 3 - FA (SI 0.5-1.0)» (scala 10:000)**

**TAVOLE G5a/b «Carta di Microzonazione sismica di Livello 3 - FA (SI 0.5-1.5)» (scala 10:000)**

**TAVOLE G6a/b «Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)» (scala 10:000)**

# Gli elaborati cartografici (RUE)

## Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

**2001** Zona 1 – Depositi di piana alluvionale (AES8a, AES8) prevalentemente fini (argilloso-limosi) nei primi 20 metri. Pseudo-bedrock sismico a profondità comprese tra 140 e 200 metri.

### Zone di attenzione per instabilità

**30502002** ZA\_LQ 2 – Zona di attenzione per liquefazione. Depositi di piana alluvionale (AES8a, AES8) prevalentemente fini (argilloso-limosi) con intervalli limoso-sabbiosi nei primi 20 metri. Pseudo-bedrock sismico a profondità comprese tra 200 e 250 metri.

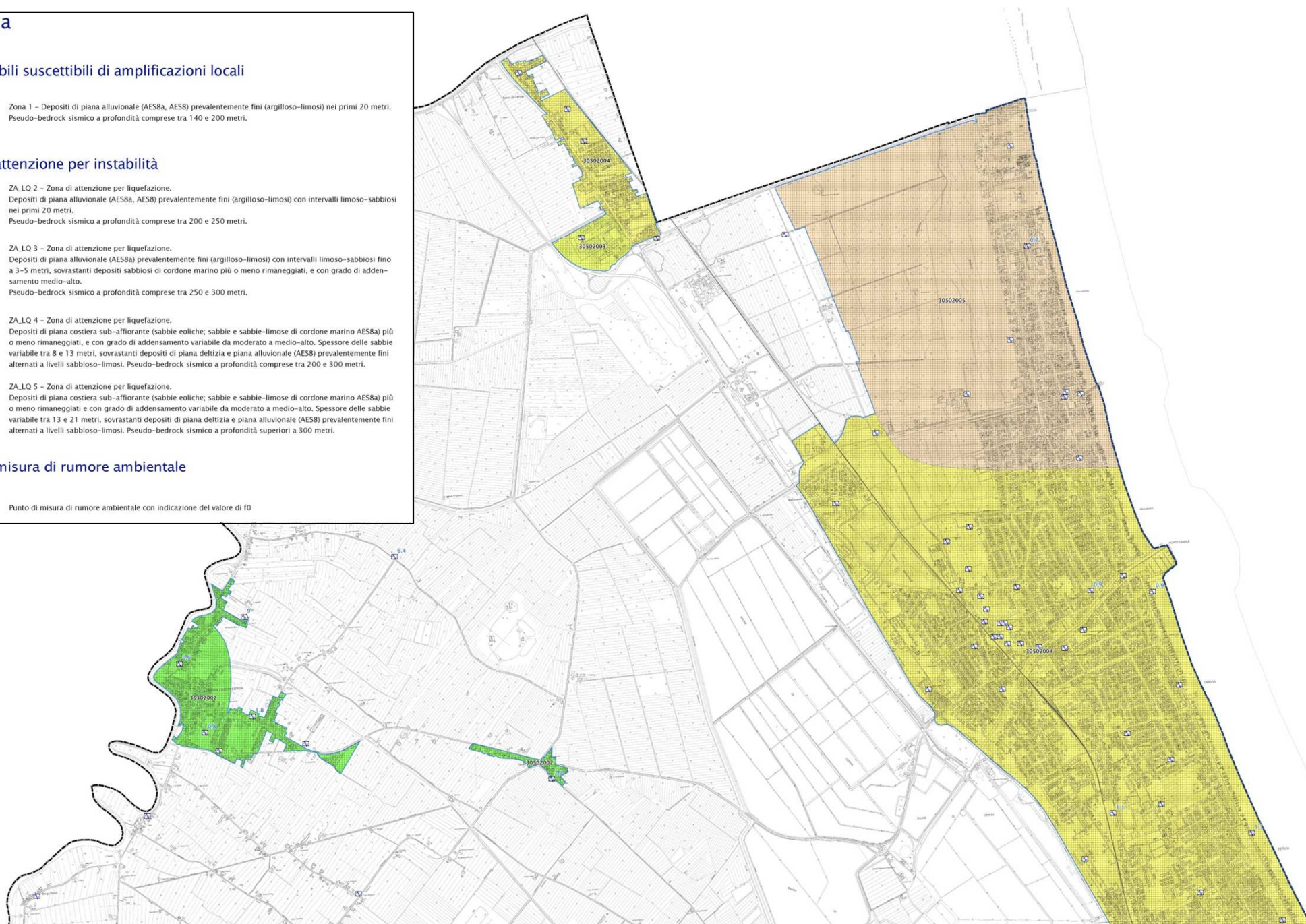
**30502003** ZA\_LQ 3 – Zona di attenzione per liquefazione. Depositi di piana alluvionale (AES8a) prevalentemente fini (argilloso-limosi) con intervalli limoso-sabbiosi fino a 3-5 metri, sovrastanti depositi sabbiosi di cordone marino più o meno rimaneggiati, e con grado di addensamento medio-alto. Pseudo-bedrock sismico a profondità comprese tra 250 e 300 metri.

**30502004** ZA\_LQ 4 – Zona di attenzione per liquefazione. Depositi di piana costiera sub-affiorante (sabbie eoliche; sabbie e sabbie-limose di cordone marino AES8a) più o meno rimaneggiati, e con grado di addensamento variabile da moderato a medio-alto. Spessore delle sabbie variabile tra 8 e 13 metri, sovrastanti depositi di piana deltizia e piana alluvionale (AES8) prevalentemente fini alternati a livelli sabbioso-limosi. Pseudo-bedrock sismico a profondità comprese tra 200 e 300 metri.

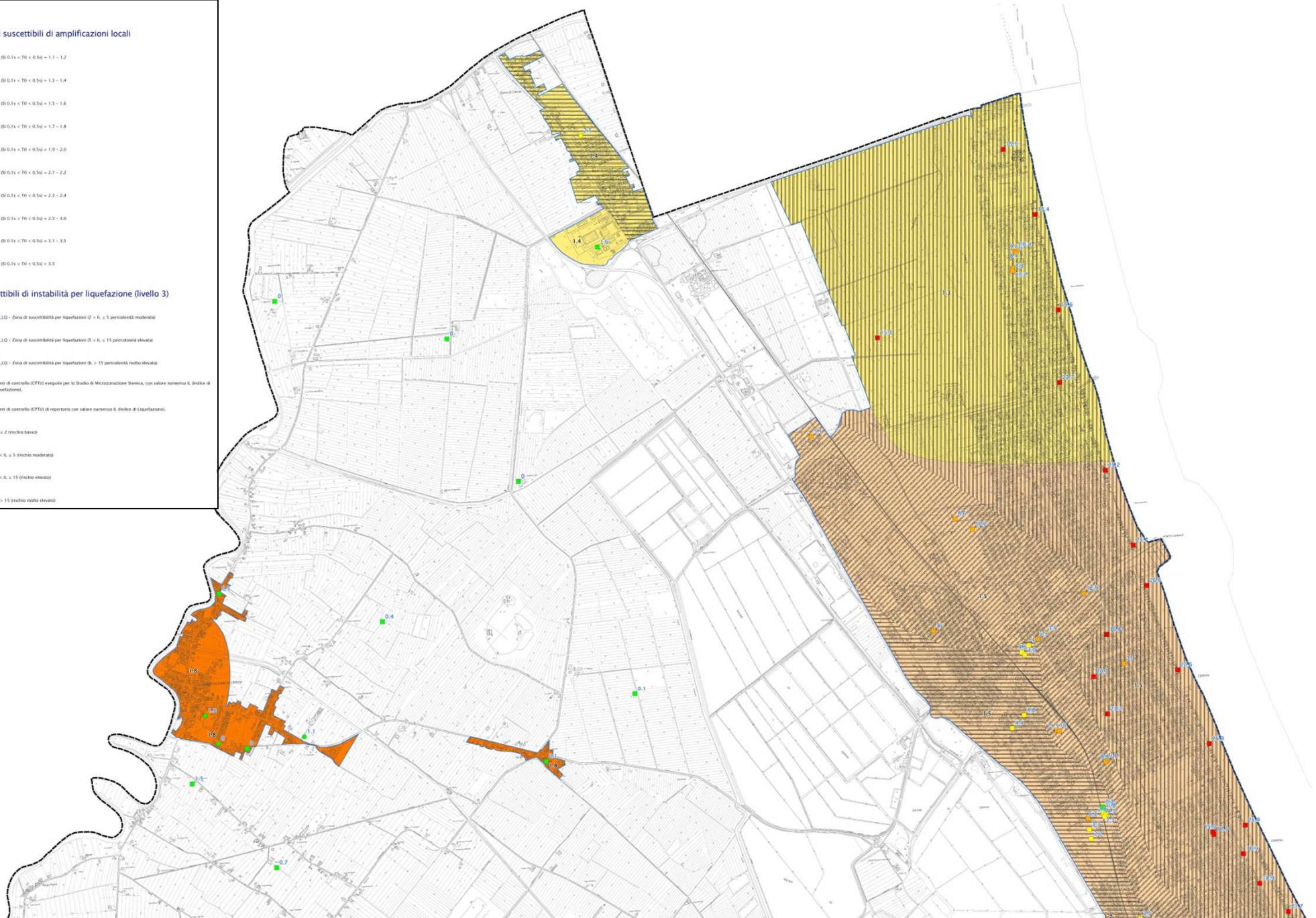
**30502005** ZA\_LQ 5 – Zona di attenzione per liquefazione. Depositi di piana costiera sub-affiorante (sabbie eoliche; sabbie e sabbie-limose di cordone marino AES8a) più o meno rimaneggiati e con grado di addensamento variabile da moderato a medio-alto. Spessore delle sabbie variabile tra 13 e 21 metri, sovrastanti depositi di piana deltizia e piana alluvionale (AES8) prevalentemente fini alternati a livelli sabbioso-limosi. Pseudo-bedrock sismico a profondità superiori a 300 metri.

### Punti di misura di rumore ambientale

**1.0** Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di  $L_{d,0}$



# Gli elaborati cartografici (RUE)



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE!!**