



**Stratigrafia dell'area interessata dai  
fenomeni di liquefazione durante il  
terremoto dell'Emilia (maggio 2012)**

***L. Calabrese, L. Martelli, P. Severi***

# Mappa degli effetti di liquefazione osservati

- dati STB RENO
- dati STB AFFLUENTI PO
- dati GEOPROCIV
- argini - fiumi appenninici
- piana alluvionale - fiumi appenninici
- meandri fluviali - fiume Po
- paleocanali

I principali effetti di liquefazione sono stati osservati in corrispondenza di canali abbandonati



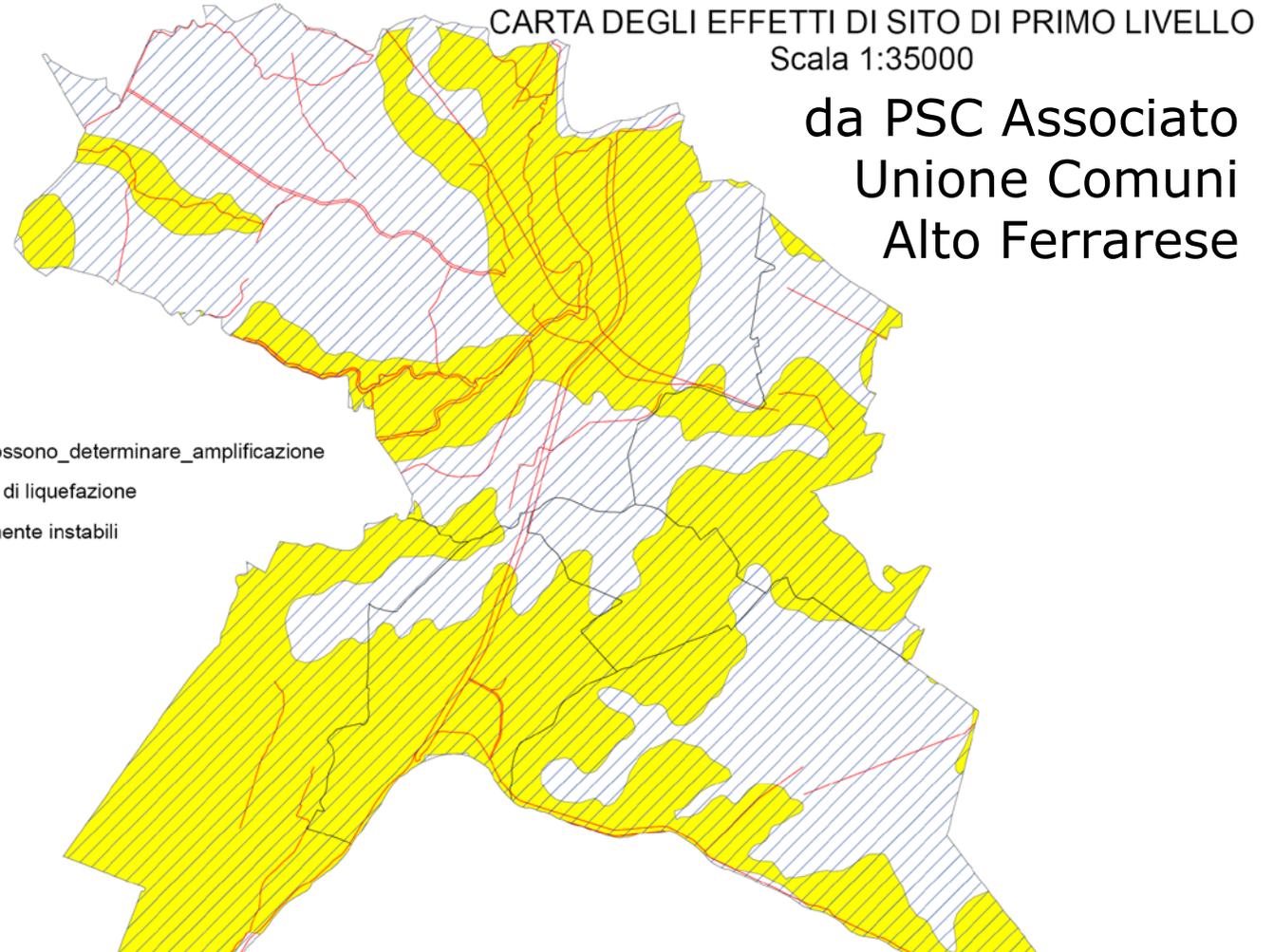
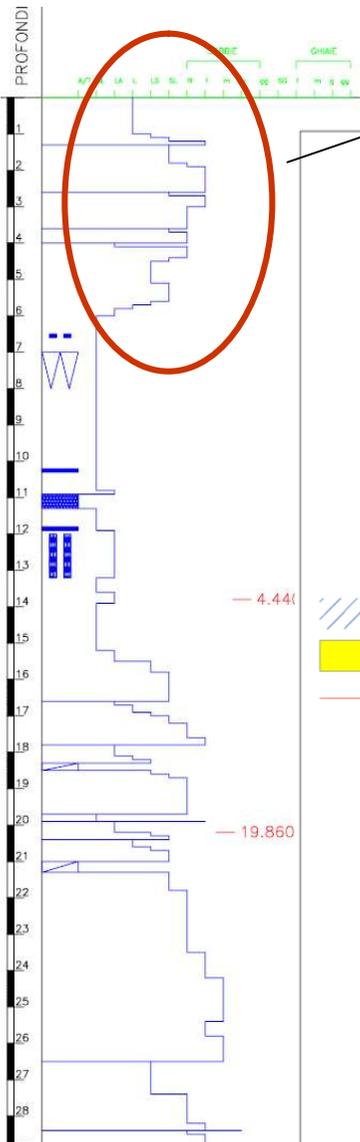
La liquefazione avviene se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

□ “susceptibilità” del sottosuolo (caratteri predisponenti): presenza di sabbie sciolte ( $D_r < 60\%$ ) a profondità  $< 15-20$  m; profondità della tavola d’acqua  $< 15$  m; diametro medio dei grani  $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$ ; contenuto di fini (diametro  $< 0.05 \text{ mm}$ )  $< 15\%$ ;

□ “sismicità” (fattore scatenante): terremoto  $M > 5.5$ ,  $PGA > 0.15g$ , durata dello scuotimento  $> 15 \square 20$  s.

# profilo stratigrafico di sondaggio nei pressi di S. Agostino

limi sabbiosi e sabbie fini molto recenti a profondità comprese tra 1 e 6 m (**fattore predisponente**)



da PSC Associato  
Unione Comuni  
Alto Ferrarese

Effetti di liquefazione in Emilia-Romagna erano già stati descritti in occasione di forti terremoti in pianura e lungo la costa (Ferrara 1570, Argenta 1624, Cesenatico 1875, Rimini 1916)



S. Carlo, via Rossini, frattura che ha causato danni alla condotta del gas



Mirabello, Corso Italia, sollevamento del marciapiede per traslazione orizzontale dell'edificio (foto Università di Firenze)

**I fenomeni di liquefazione hanno assunto particolare rilevanza a S. Carlo, frazione di S. Agostino, e a Mirabello (FE), dove gli effetti hanno reso temporaneamente inagibili alcuni edifici, tratti di strade e reti di servizi.**

Per una valutazione approfondita degli effetti della liquefazione e per il ripristino della funzionalità degli edifici, della viabilità e delle reti di servizi temporaneamente inagibili, RER e DPC hanno istituito un gruppo di lavoro interdisciplinare costituito da geologi, geotecnici e ingegneri strutturisti.

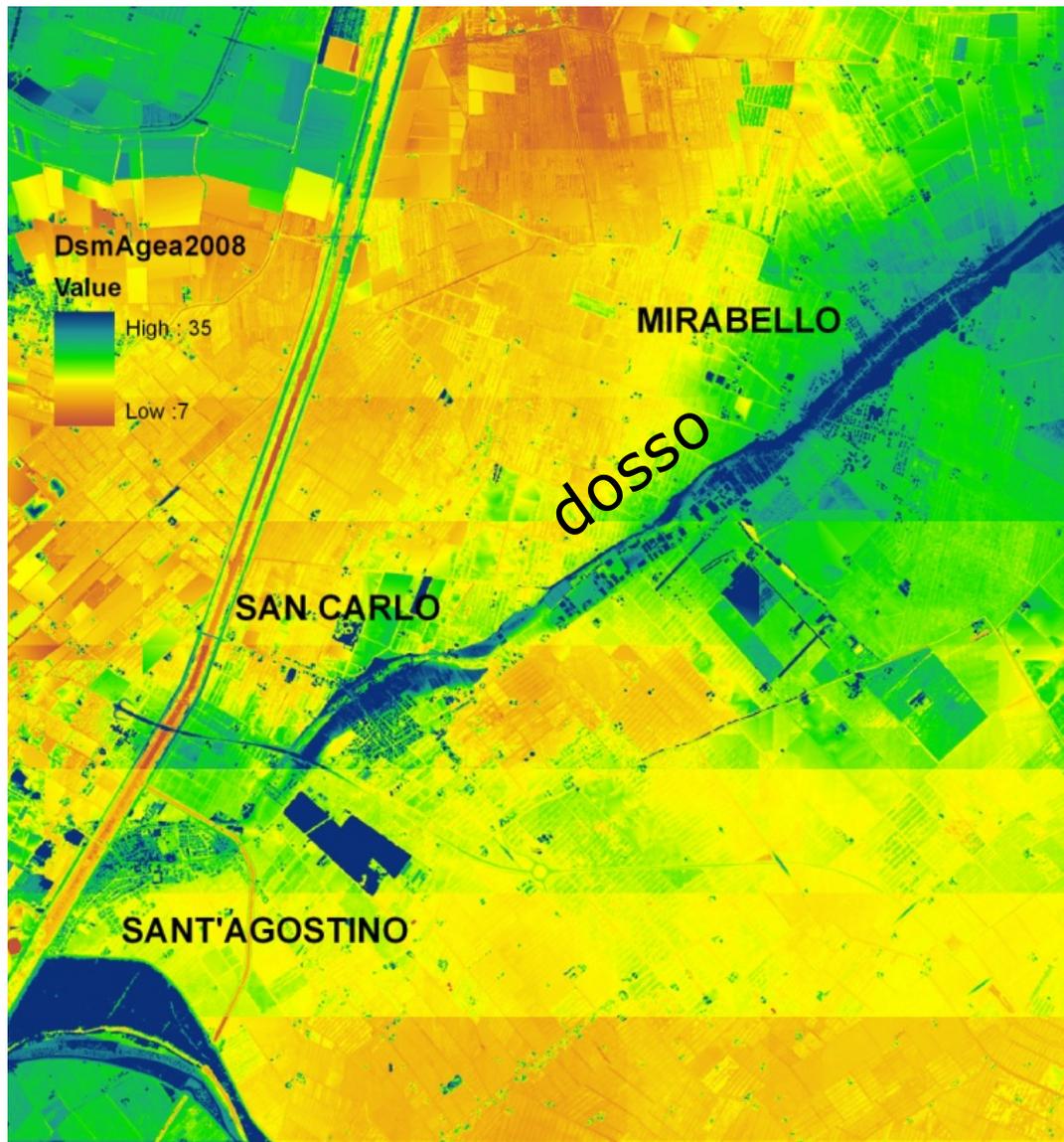
I risultati delle indagini e degli studi effettuati dal gruppo di lavoro sono disponibili nel sito web: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/liquefazione-gruppo-di-lavoro>



Frattura nel campo a W di S. Carlo  
foto Università di Firenze



Mirabello, frattura nell'area industriale  
foto Università di Firenze



— Dosso tra S. Agostino e Vigarano M. attribuibile al canale abbandonato del F. Reno del XV-XVIII secolo

dosso

Modello digitale della superficie (DSMAGEO2008)



**Dettaglio del Piano del territorio di Bologna (Giovanni Magini, 1599): si osserva il corso del F. Reno tra Cento, S. Agostino e Mirabello e la sua immissione nel Po di Ferrara a sud di Vigarano**



tracce delle sezioni geologiche e  
prove geognostiche utilizzate

cerchio arancione = sondaggio  
quadrato verde = CPT, CPTU  
punto fucsia = dato da DB RER

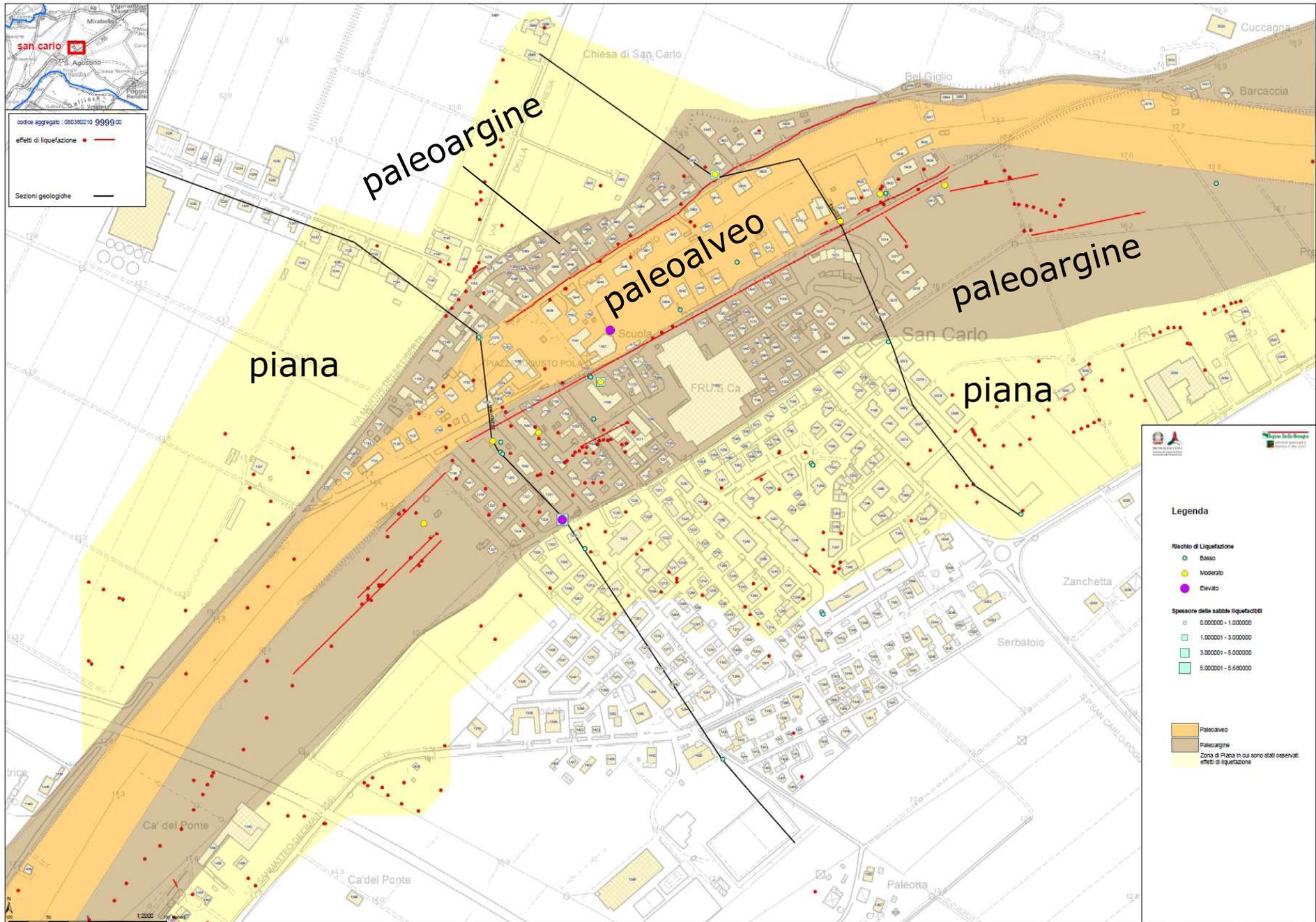
Indagini disponibili

nuove: 28 sondaggi (alcuni  
attrezzati per piezometri), 2 DH,  
22 CPTU, 8 SCPTU;

da DB RER: 152 sondaggi/pozzi,  
182 CPT

da CISPADANA: 34 sondaggi, 28  
CPTU, 5 SCPTU



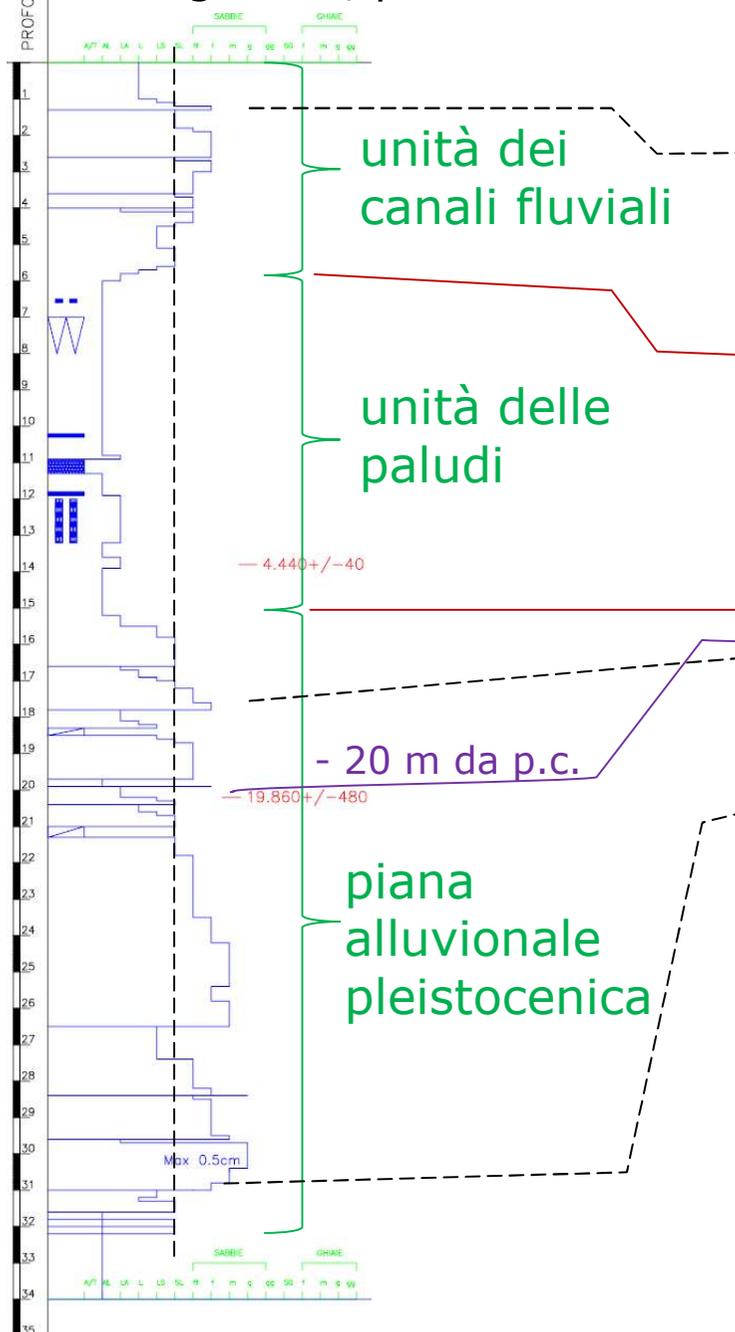


mappa geomorfologica di S. Carlo con evidenziati i siti di liquefazione

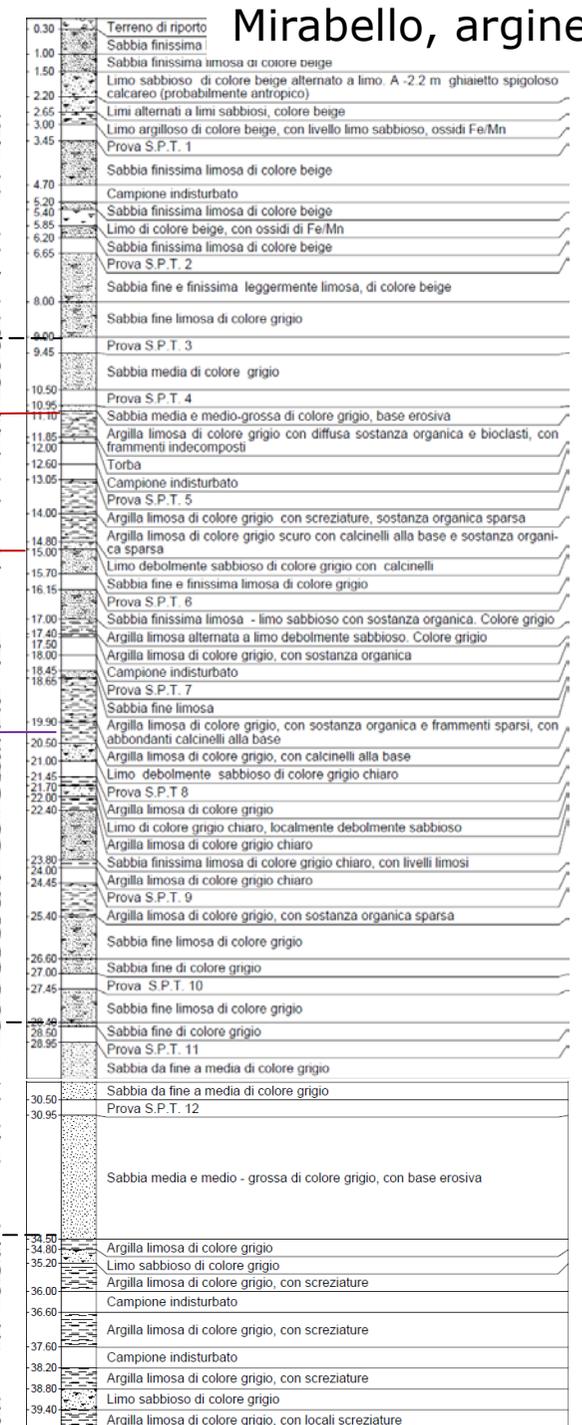


# Stratigrafia dei primi 30 m da p.c.

S. Agostino, piana



S. Carlo, argine



Mirabello, argine

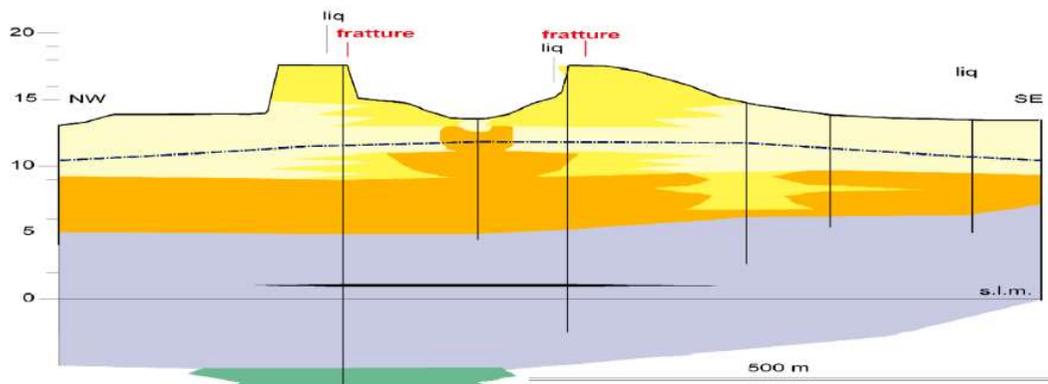
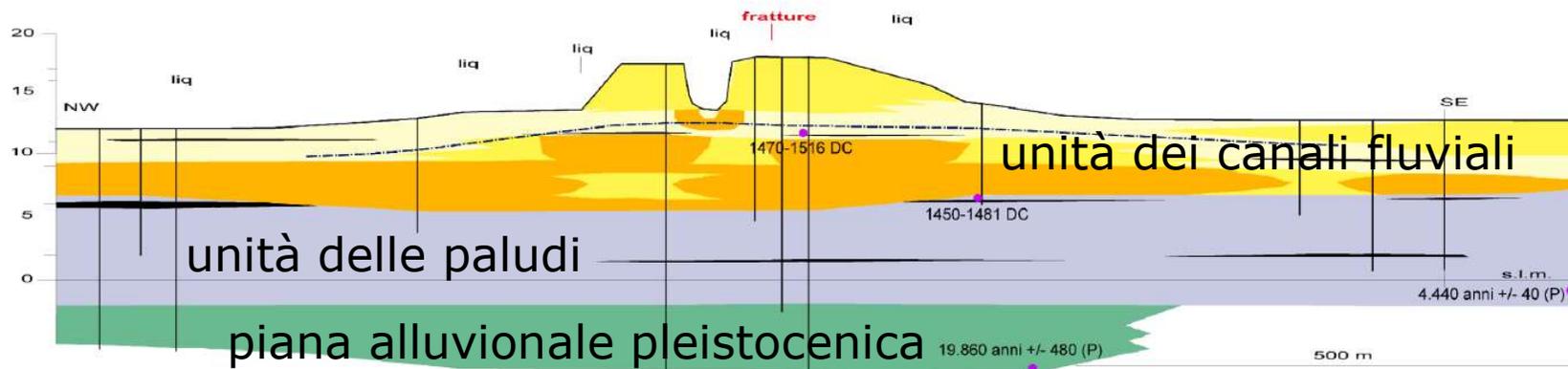
unità dei canali fluviali

unità delle paludi

piana alluvionale pleistocenica

sabbie

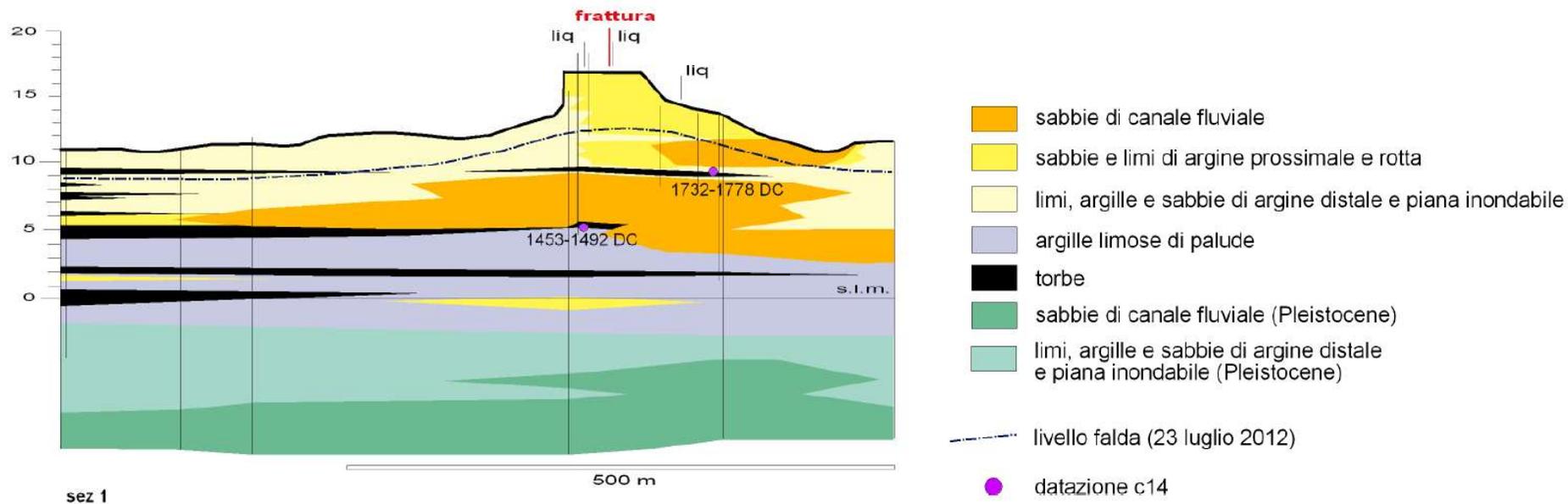
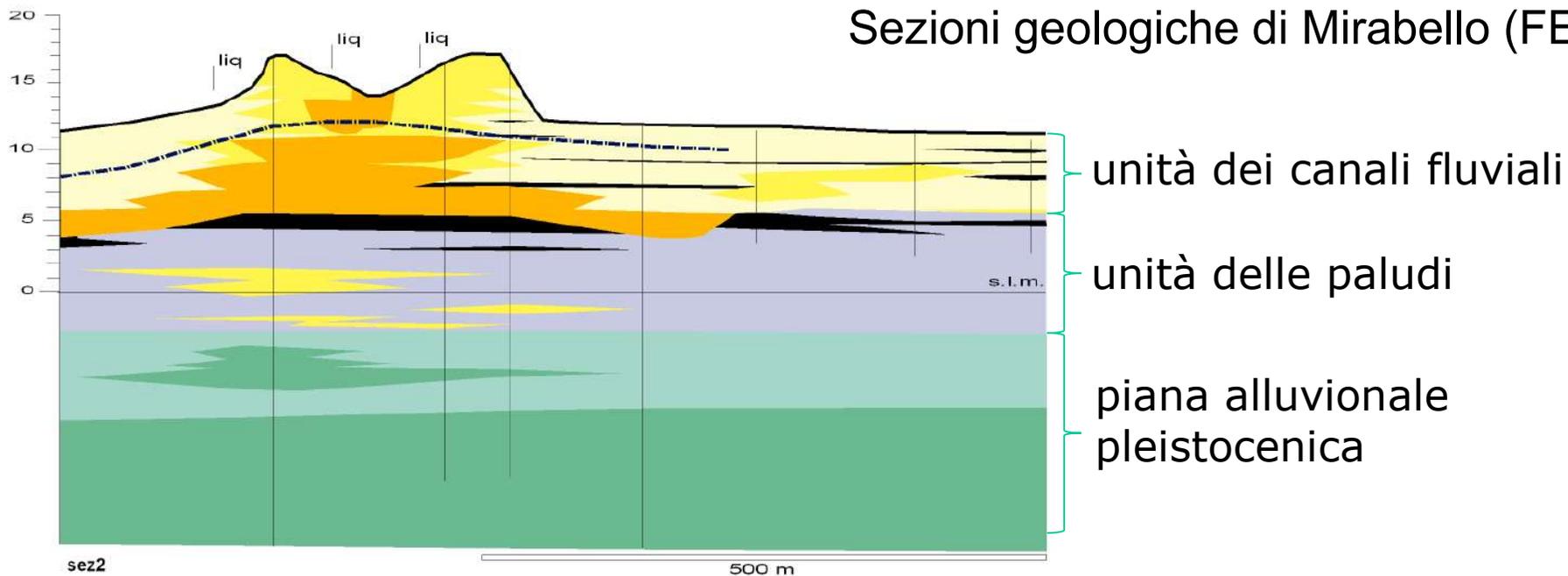
sabbie

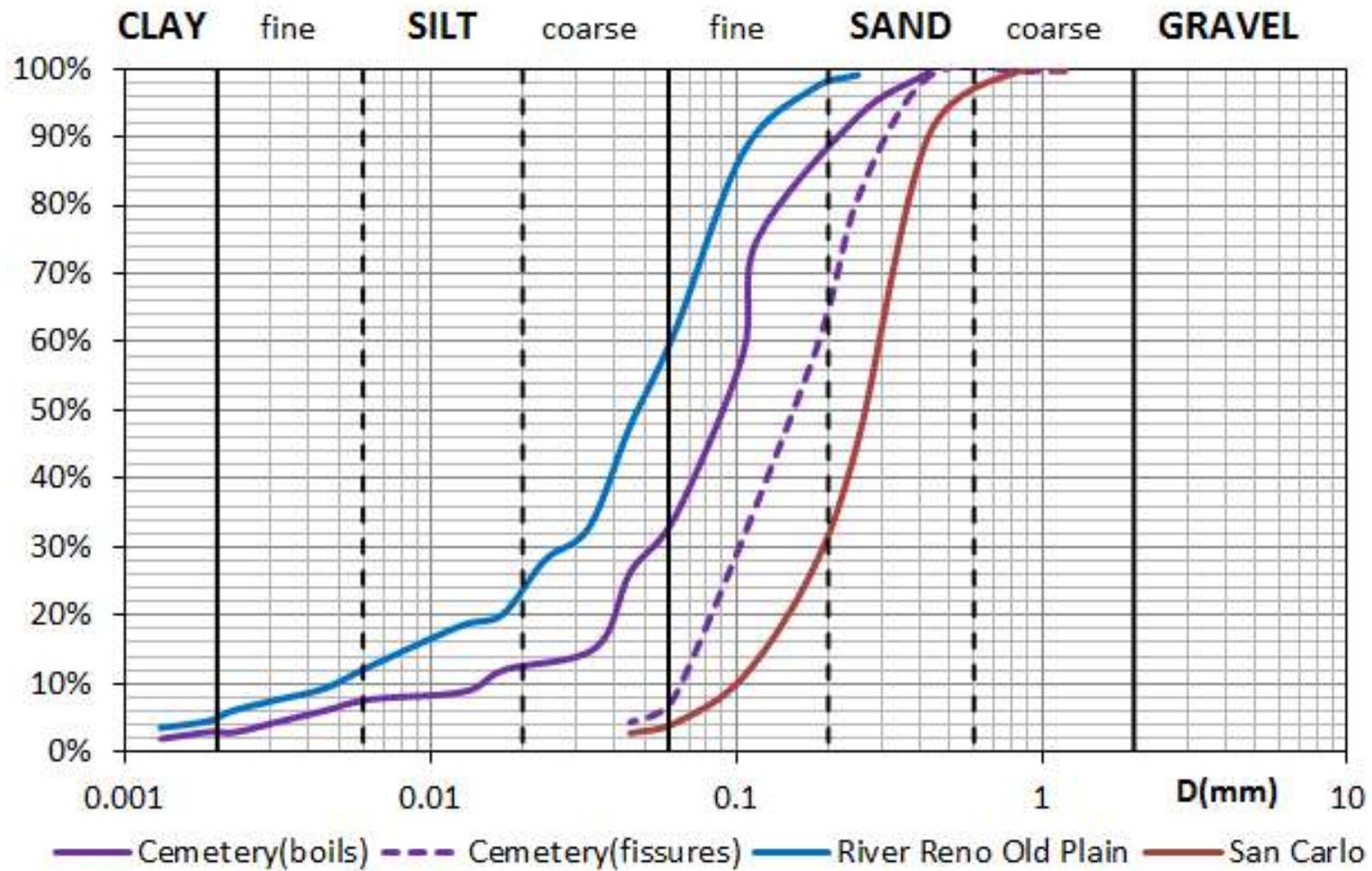


- sabbie di canale fluviale e rotta
- sabbie e limi di argine prossimale
- limi, argille e sabbie di argine distale e piana inondabile
- argille limose di "valle"
- torbe
- sabbie di canale fluviale (Pleistocene)
- livello falda (23 luglio 2012)
- datazione c14 (P = proiettato)

Sezioni geologiche di S. Carlo

# Sezioni geologiche di Mirabello (FE)

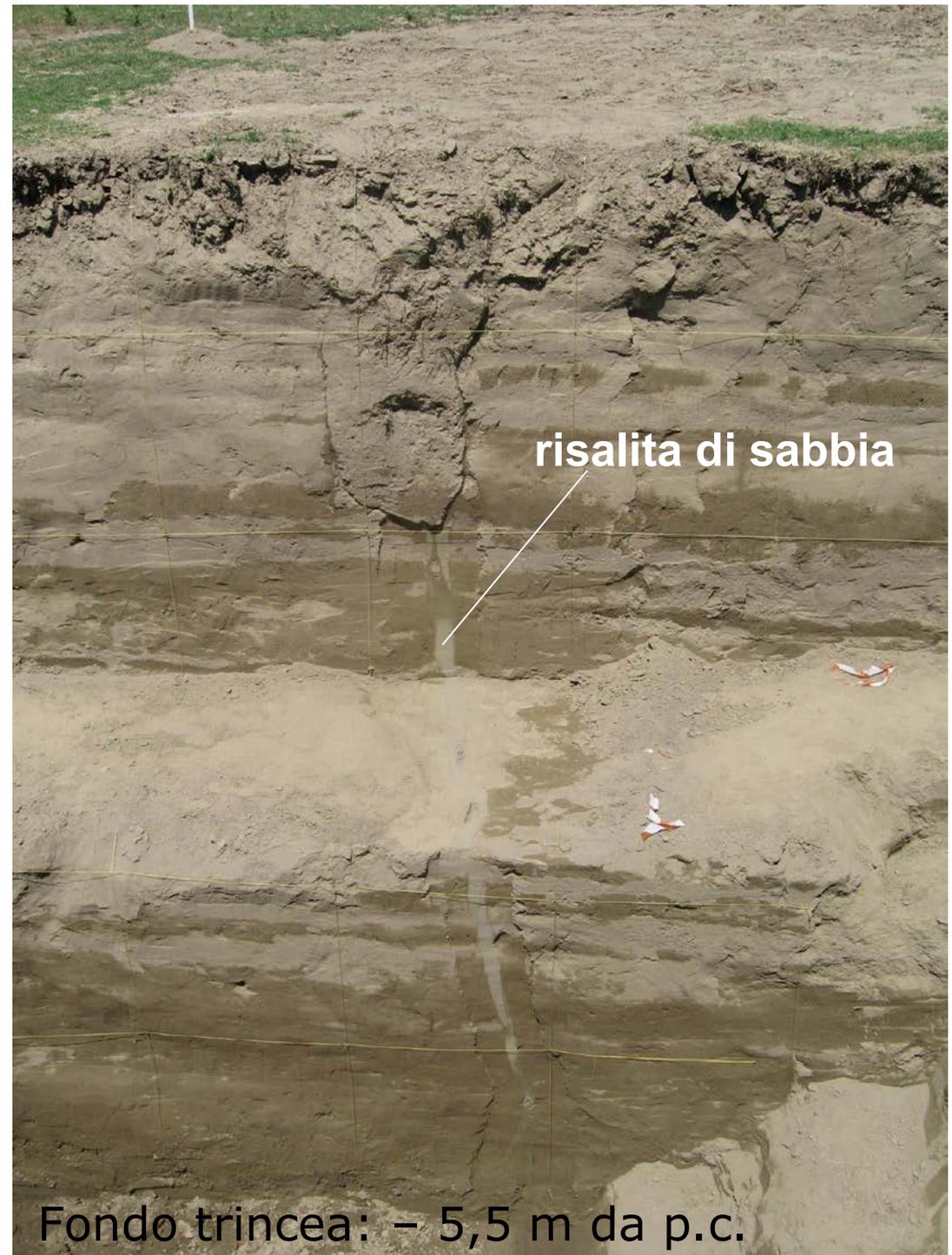
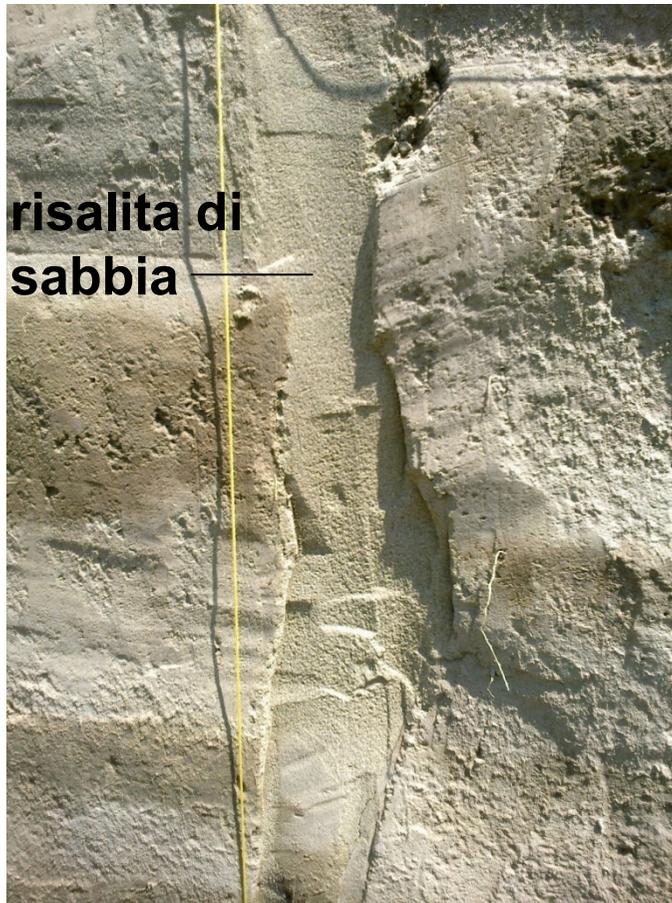


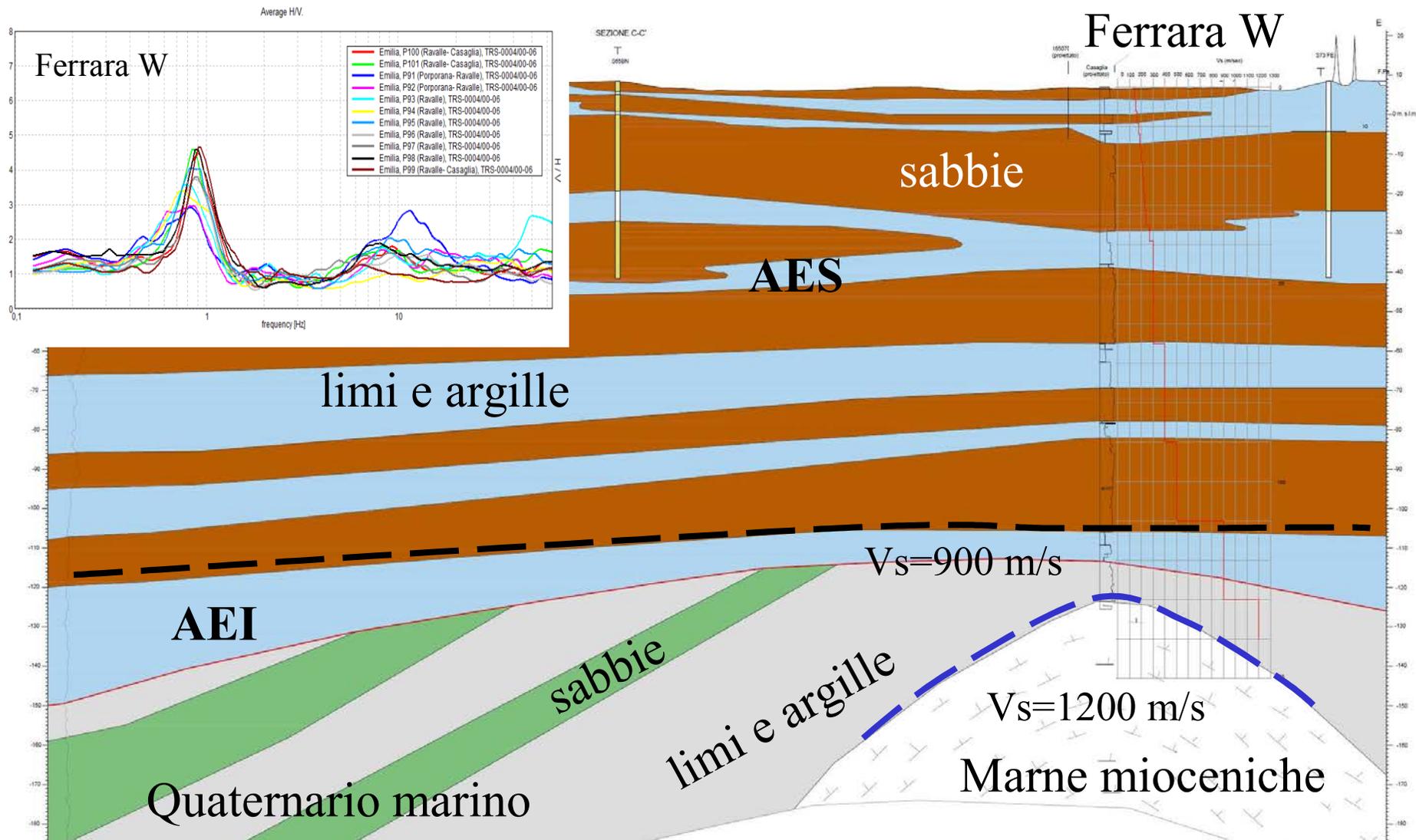


Granulometria di sabbie fuoriuscite campionate a S. Carlo (in superficie)

Da rapporto Università di Urbino, coord. Prof. R. Romeo

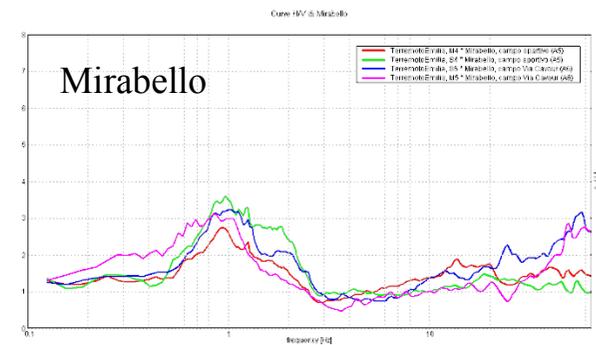
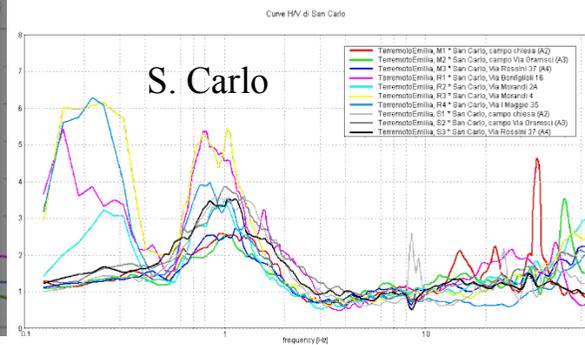
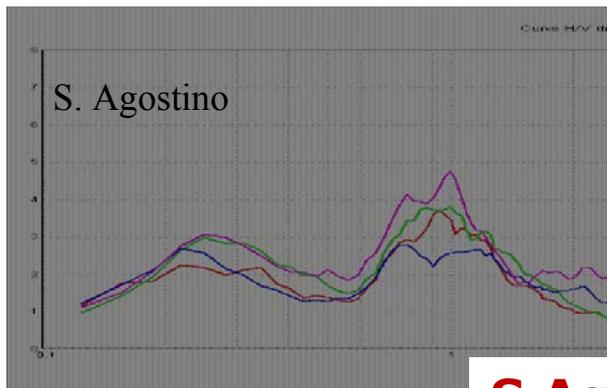
Trincea scavata da UniFE  
(coord. prof. R. Caputo)  
perpendicolarmente  
all'asse del paleoargine  
destro a NE di S. Agostino



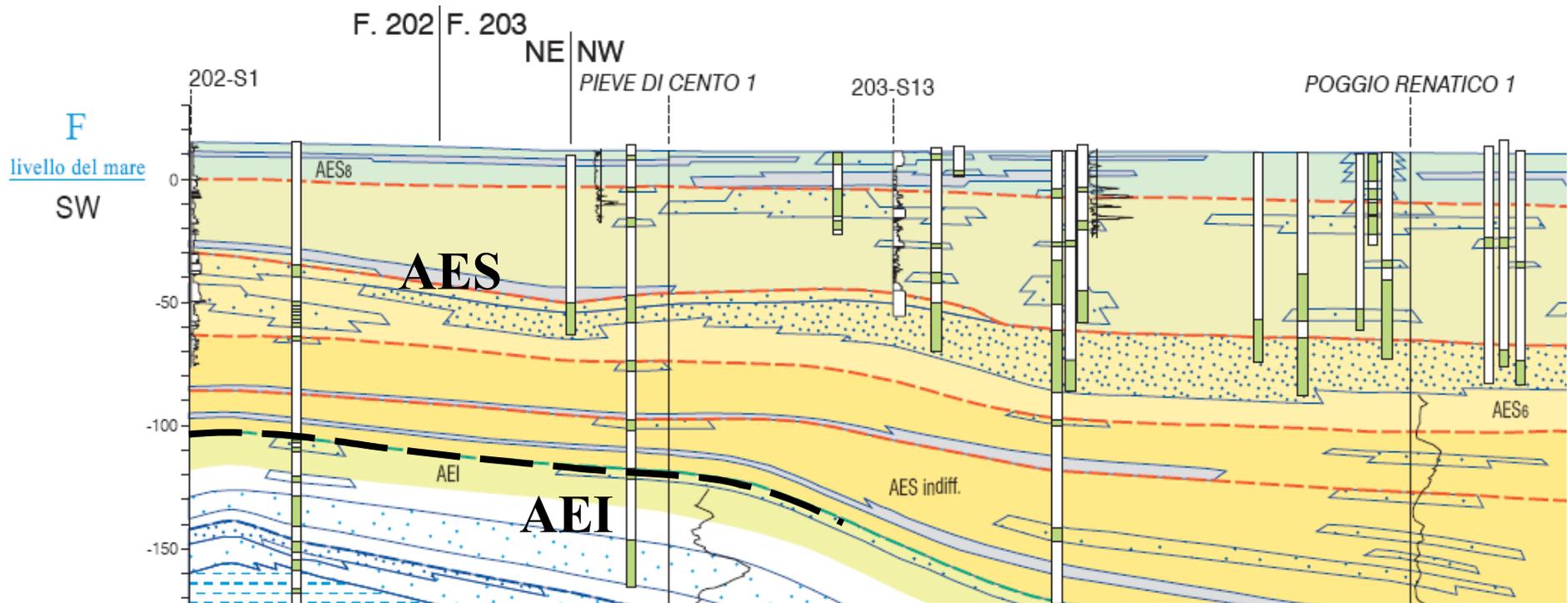


Sezione geologica lungo la sponda destra del Po nella zona ovest della Provincia di Ferrara, da rapporto interno per il progetto "Verifica di stabilità in condizioni sismiche dell'argine destro del Po" (coord. Autorità di Bacino del fiume Po).

Grafico a sn: rapporti spettrali H/V delle vibrazioni ambientali (dati UniSI-DST):  $f_0 = 0,8-0,9$  Hz. E' riportato anche il profilo di  $V_s$  da CH Casaglia cimitero; la linea tratteggiata nera indica il tetto del bedrock sismico qui identificato alla profondità di circa 115 m = tetto di AEI (Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore).



## S. Agostino



sezione geologica nell'area di S. Agostino (FE), da CARG F. 203 Poggio Renatico (ISPRA, 2009). Grafico in alto: rapporti spettrali H/V delle vibrazioni ambientali (dati UniSI-DST):  $f_0 = 0,8-1$  Hz, ampiezza  $> 3$ .

La linea tratteggiata nera indica il tetto del probabile **bedrock sismico, identificato alla profondità di circa 120 m = tetto di AEI** (Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore).

## Modello geologico di S. Carlo e Mirabello: sintesi

La stratigrafia del sottosuolo dei 2 centri abitati è caratterizzata da facies del tutto simili che differiscono solo per geometria, quote e spessori.

Il sottosuolo può essere suddiviso, dal p. c., in 3 unità principali:

- unità dei canali fluviali; alternanze di limi, sabbie fini e argille, con torbe, nella parte alta e sabbie fini e medie nella parte inferiore; potente circa 5-6 m nella piana e fino a 13 m in corrispondenza degli argini;
- unità delle paludi; prevalenti limi e argille, con torbe; potente da 6 a 10 m;
- unità della piana alluvionale pleistocenica.

La falda, tornata ai normali valori stagionali già dopo pochi giorni le scosse  $M_L > 5$ , è mediamente a profondità di circa 3-4 m nelle aree di argine e 1-2 m nella piana;

le fratture con risalita di sabbia nelle trincee scavate (aree di argine) raggiungono profondità  $> 5,5$  m;

la granulometria delle sabbie fuoriuscite è prevalentemente fine e media, in minima parte finissima e limosa;

ne consegue che l'orizzonte che ha subito liquefazione è quello delle sabbie fini e medie *di canale* localizzato a profondità di circa 5-6 m nelle aree di argine e circa 2-3 m nella piana.

Il tetto del bedrock sismico è stato identificato a -120 m da p.c. (AEI).

