



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381

web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it - pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all'  Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

SISTEMA IRRIGUO VALLE PEGA

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

Provincia di Ferrara

Comuni di Comacchio e Ostellato

**Recupero, adeguamento e miglioramento
funzionale del sistema irriguo di Valle Pega**

RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE INQUADRAMENTO GENERALE - AUTORIZZAZIONI

Elaborato:

**INDAGINI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE
E DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA**
Relazione di inquadramento geologico

Codifica:

1.4.9

**Progetto generale e
integrazione delle prestazioni
specialistiche:**

Dott. Ing. Marco Volpin



Progetto rete di distribuzione:



Dott. Ing. Emiliano Corsi

**Progetto opere
elettromeccaniche:**



Per. Ind. Deris Ortali

Progetto impianti elettrici:



Per. Ind. Andrea Angelini

Data:

28.06.2021

**Il Responsabile
del Procedimento**

Geom. Marco Ardizzoni

Indagini geologiche:



Dott. Geol. Antonio Mucchi

Coordinamento sicurezza:



Dott. Ing. Livia Burini

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
A	Emissione	Mucchi A.	Mucchi A.	Mucchi A.	Aprile 2021
B					
C					

LABORATORIO GOTECNICO Dr. ANTONIO MUCCHI

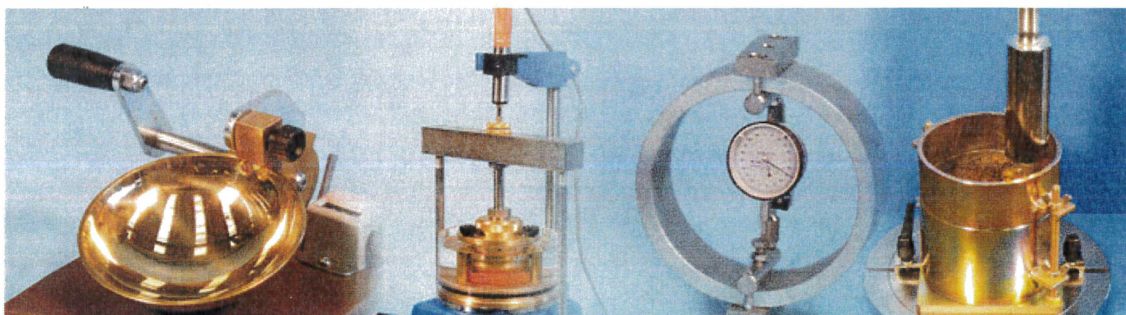
mucchilab@tin.it - www.mucchilab.it

Autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti

Per prove di laboratorio sui terreni – ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/01

Via Alberto Ascari, 8 – 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

Tel. 0532/ 815681



LABORATORIO PROVE MATERIALI

Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti

www.mucchilab.it - Tel. 0532.815681 Gualdo (FE)

COMMITTENTE : CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

CANTIERE : Valle Pega – Comacchio (FE)

**PROGETTO : Recupero, adeguamento e miglioramento funzionale
del sistema irriguo di Valle Pega**

RELAZIONE DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dott. Geol. Antonio Mucchi	Dott. Ing. Valentina Mucchi
	Ferrara, 21/07/2020 Prot 935 / 2020

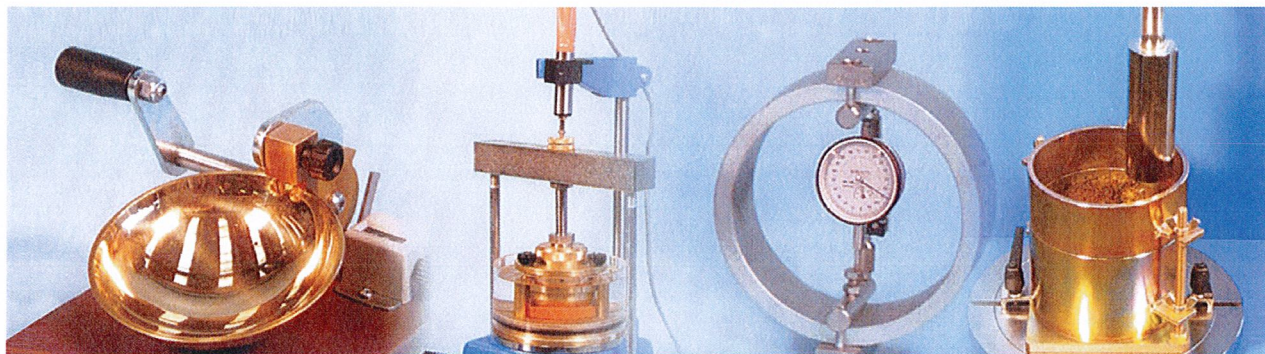
LABORATORIO GOTECNICO Dr. ANTONIO MUCCHI

mucchilab@tin.it - www.mucchilab.it

Autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti

Per prove di laboratorio sui terreni – ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/01

Via Alberto Ascari, 8 – 44019 Gualdo di Voghiera (FE) Tel. 0532/ 815681



LABORATORIO PROVE MATERIALI

Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti

www.mucchilab.it - Tel. 0532.815681 Gualdo (FE)

COMMITTENTE : CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

CANTIERE : Valle Pega – Comacchio (FE)

**PROGETTO : Recupero, adeguamento e miglioramento funzionale
del sistema irriguo di Valle Pega**

Caratteri geologici dell'area di Valle Pega

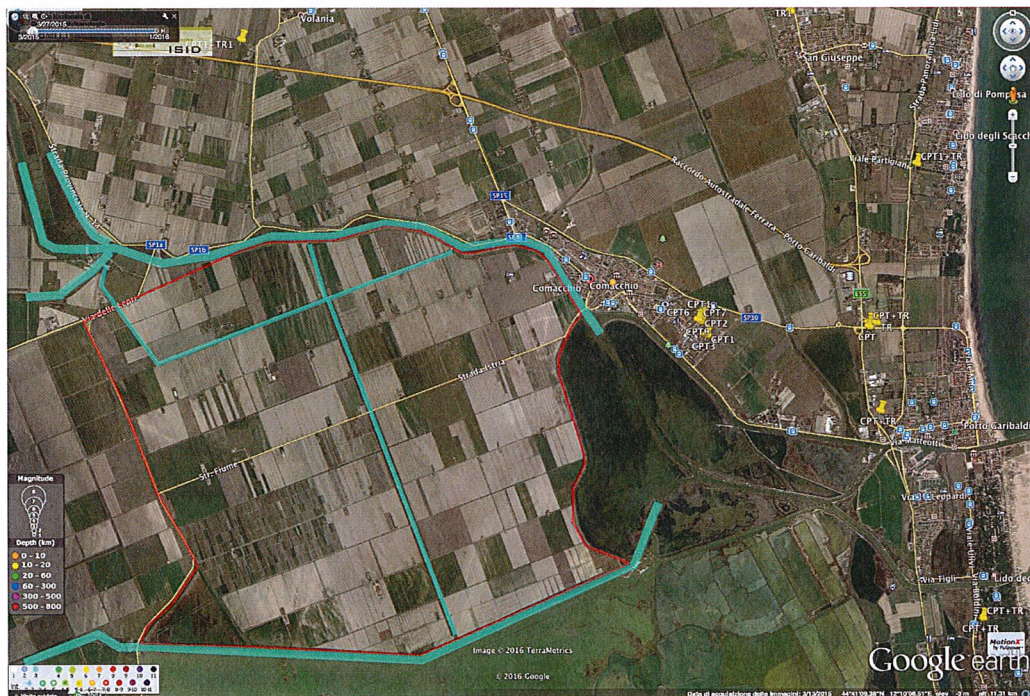
NORMATIVE DI RIFERIMENTO	Dott. Geol. Antonio Mucchi (direttore del laboratorio)
B.S. British Standard	 Ferrara, 03/10/2016 Prot. 910/2016
A.S.T.M. American Society of Testing Materials	
Racc. A.G.I. 1994 (Ass. Geotecnica Italiana)	
Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 : 2000	
Norma UNI EN ISO 9001 : 2000	
CNR – UNI – UNI EN	
DIN	

CARATTERIZZAZIONE DI MASSIMA RELATIVA AI CARATTERI GEOLOGICI DELL'AREA DELLA VALLE PEGA

PREMESSA

Su incarico della Soc. LIFE Srl, per conto del Consorzio di Bonifica, è stata redatta la seguente relazione preliminare di inquadramento geologico, idrogeologico e sismico sul complesso di Valle Pega in Comune di Comacchio interessata dai seguenti interventi:

- Rifacimento delle canalette di adduzione, denominate Adduttore Pega Est ed Adduttore Pega Ovest
- Potenziamento degli impianti irrigui, mantenendone la dislocazione attuale in 10 cabine
- Smantellamento delle attuali condotte in pressione in cemento – amianto
- Realizzazione nuove condotte di distribuzione in adiacenza alle strade



1 CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA DELL'AREA DELLA VALLE PEGA

L'attuale assetto della Valle Pega (riportata alla seguente immagine: unione di stralci dei Fogli C.T.R. 205 SE e SO ,alla scala 1: 25 000) deriva dalle imponenti opere di bonifica conclusesi negli anni '50 dello scorso secolo e rappresenta la porzione più orientale della grande Bonifica del Mezzano. Valle Pega è delimitata ad Est dalla Valle Campo e Fattibello e dalla Valle Lido di Magnavacca, a Sud dalla Valle Fossa di Porto e dalla Bonifica del Mantello, a Ovest dalla Bonifica del Mezzano ed a Nord dal Canale Navigabile Migliarino- Porto Garibaldi e dall'abitato di Comacchio. La Valle ha una estensione di circa 2 700 Ha e larga parte del suo territorio è posta sotto il livello del medio mare. Si riscontrano profondità sino a -4,00 m circa dal l.m.m.

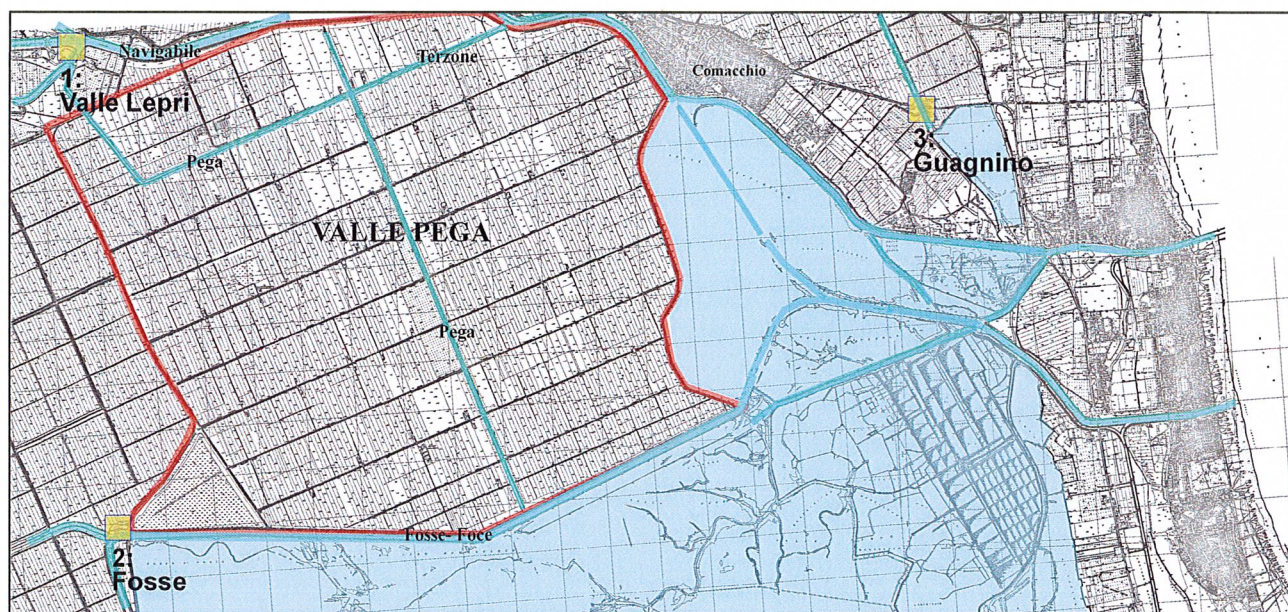


Fig. 1: ubicazione area in esame su base cartografica C.T.R. alla scala 1: 25 000. Scala libera. Si è riportato il corso del Navigabile a Nord e del Canale Fosse- Foce a Sud. Si sono riportate le superfici delle valli residue (attuali) e le ubicazioni delle tre idrovore (di cui si dirà più oltre in relazione) che regolano lo sgrondo delle acque della Valle Pega. Si sono altresì riportati i due maggiori canali di scolo presenti in Valle Pega: il Canale Collettore Pega ad andamento a L rovesciata e sostanzialmente meridiano (Nord- Sud o viceversa) ed il Canale Secondario Terzone.

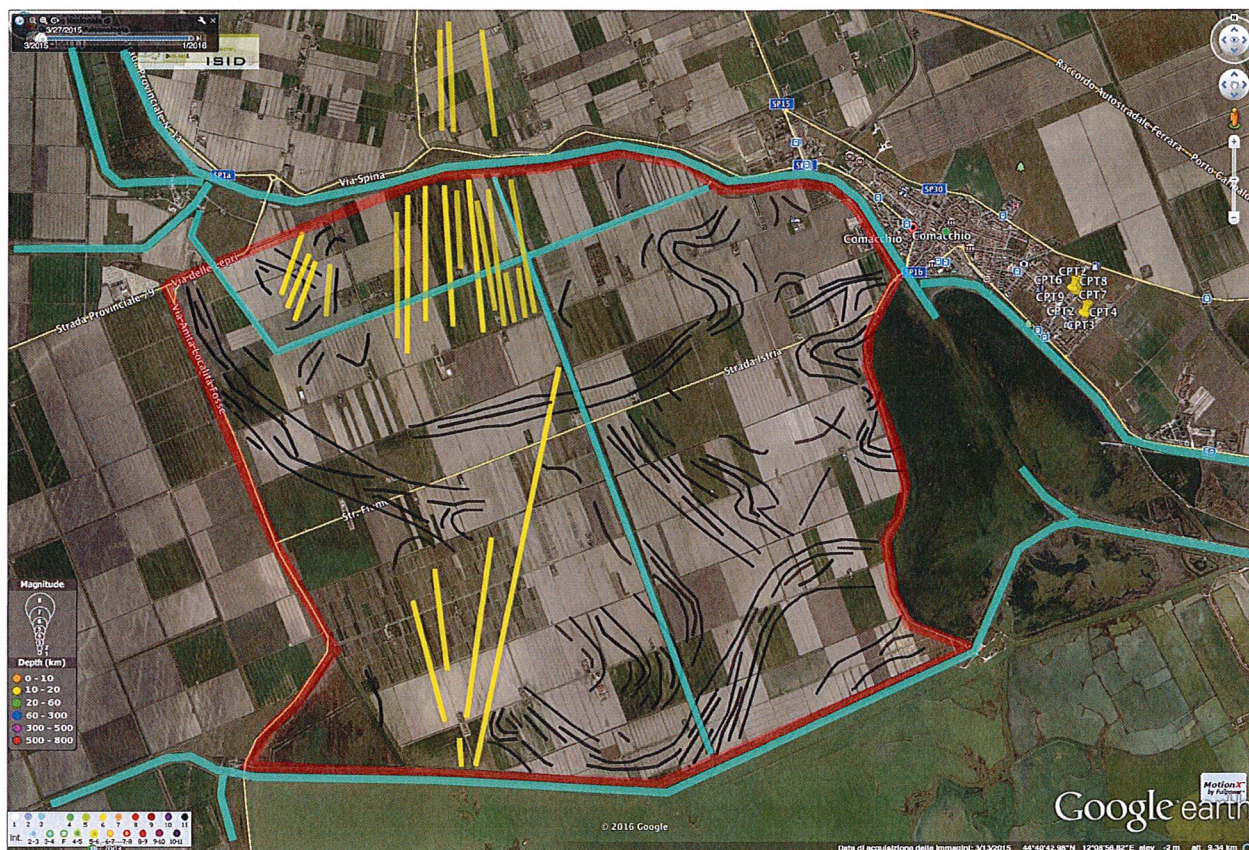
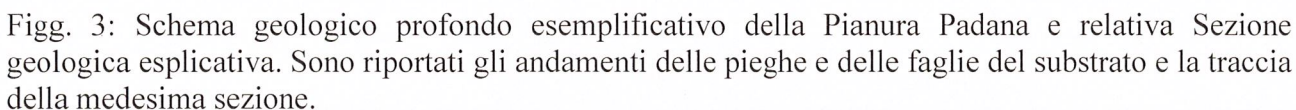


Fig. 2: Ubicazione dell'area in esame su orto- foto aerea tratta da Google Earth ©. Sono state tracciate le forme deposizionali di cui si dirà in relazione. Nella fattispecie i corpi idrici divergativi (in nero) gli allineamenti delle paleo dune eoliche (in giallo).

2. GEOLOGIA DELL'AREA

2.1. Inquadramento Geologico:

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po. Pur essendo due ambienti geomorfologici distinguibili, essi risultano strettamente correlati fra loro: il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico "catena montuosa-pianura", ma è individuabile fra gli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981), sepolti dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovr scorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta e di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica. Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici, danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la regione.



- Depositi di Palude in Area Interdistributrice, della Piana Deltizia (deposizioni prevalentemente Argillose e Torbose);

I primi sono rappresentati da Argille, Limi, Argille Limose e Torbe. Sono il retaggio delle deposizioni avvenute in ambiente palustre, da anossico a fortemente anossico. Ambienti deposizionali a bassa, bassissima energia idrodinamica e quindi trattivo- depositiva che consentivano cioè la deposizione di soli litotipi fini. Tali paludi, omologhe alle attuali valli o alle valli bonificate

sino agli anni '50 del precedente secolo, rappresentano il substrato sul quale scorrevano/divagavano i paleo corpi idrici. Anche attualmente le paludi si situano attorno ai fiumi. La situazione è tipica della bassa Pianura Padana, dell'area del delta di Po. Ove i fiumi hanno perso la loro energia idraulica e per tale motivo divagano, disegnano meandri (ove liberi di farlo). Come si può vedere alla Fig. 2 e come potrà vedersi anche più oltre in relazione, tali divagazioni erano molto frequenti (ed arealmente "dense" in passato. In occasione di piene i corpi idrici rompevano o scavalcano i modestamente rilevati paleo argini naturali e trovavano un nuovo corso. Il nuovo corso poteva avere effimera persistenza temporale e quindi originare deposizioni di scarso spessore. Oppure poteva dar origine a deposizioni più durature e quindi più potenti. Gli ambienti palustri, come quelli di Valle Pega sono fortemente caratterizzati da una fitta ragnatela di paleo corsi idrici. Anche le deposizioni granulari, da sabbiose a sabbioso- limose sono quindi largamente diffuse e si dispongono come corpi lenticolari e/o festonati, annegati o sospesi nelle deposizioni fine, argillose che possono considerarsi come una matrice preminente. Le deposizioni di palude sono localmente caratterizzate dalla presenza di spessi (da metriche a decametriche) ed estesi depositi di argille organiche e/o torbe. Localmente caratterizzate da scarsa maturazione. Oltre alle deposizioni granulari da ascrivere ai corsi dei paleo corpi idrici sono presenti, soprattutto nella porzione occidentale della Valle Pega, le deposizioni sabbiose delle creste delle paleo- dune di cordone litorale, che marciano la progradazione della linea di costa verso mare. Queste sabbie sono di deposizione eolica e possono vedersi in superficie come allineamenti ad andamento lineare o leggermente incurvato, normalmente le creste, ormai livellate dalle intense lavorazioni agricole sono parallele le une alle altre e possono distare fra di loro pochi metri o qualche decina di metri. Possono rilevarsi per lunghezze notevoli.

Tutte queste deposizioni si presentano ai primi stadi di alterazione con spessore d'alterazione molto modesto e compreso fra 50 cm ed un metro. Proprio in considerazione della recente deposizione dei depositi locali e della scarsa compattazione sedimentaria che hanno potuto subire, nel complesso, le caratteristiche geo- meccaniche (di cui si dirà comunque più oltre in relazione) di questi terreni sono scarse e caratterizzate da alta compressibilità e prolungata maturazione dei cedimenti nel tempo, ovviamente la presenza dei terreni granulari, sabbiosi denoterà caratteristiche geo- meccaniche migliori ma ciò dipenderà dalle caratteristiche di addensamento delle sabbie e, ovviamente dal loro spessore. Le torbe poi presentano elevate penalizzazioni del tutto peculiari di cui si dirà più oltre in relazione.

Occorrerà poi osservare qui brevemente (se ne parlerà in maniera più compiuta all'apposito punto al quale si rimanda) come l'assetto altimetrico, connesso alla prossimità della falda freatica locale (livello meccanicamente mantenuto dalle opere e dai canali di bonifica. Anche di ciò si dirà più oltre in relazione) ed alle caratteristiche dei terreni determina normalmente elevate penalità geotecniche.

Di seguito si riporta apposita cartografia geologica tratta dall'apposito sito della Regione Emilia-Romagna.

2.1. Terreni affioranti:

A conferma di quanto sopra riportato, dalla Carta geologica di pianura dell'Emilia-Romagna (a cura della Regione Emilia-Romagna, Direzione Generale "Sistemi Informativi e Telematica", Servizio Sistemi Informativi Geografici, Ufficio Geologico) si evince come l'area in esame veda la presenza di tre diverse tipologie di terreni, la cui descrizione verrà di seguito riportata.

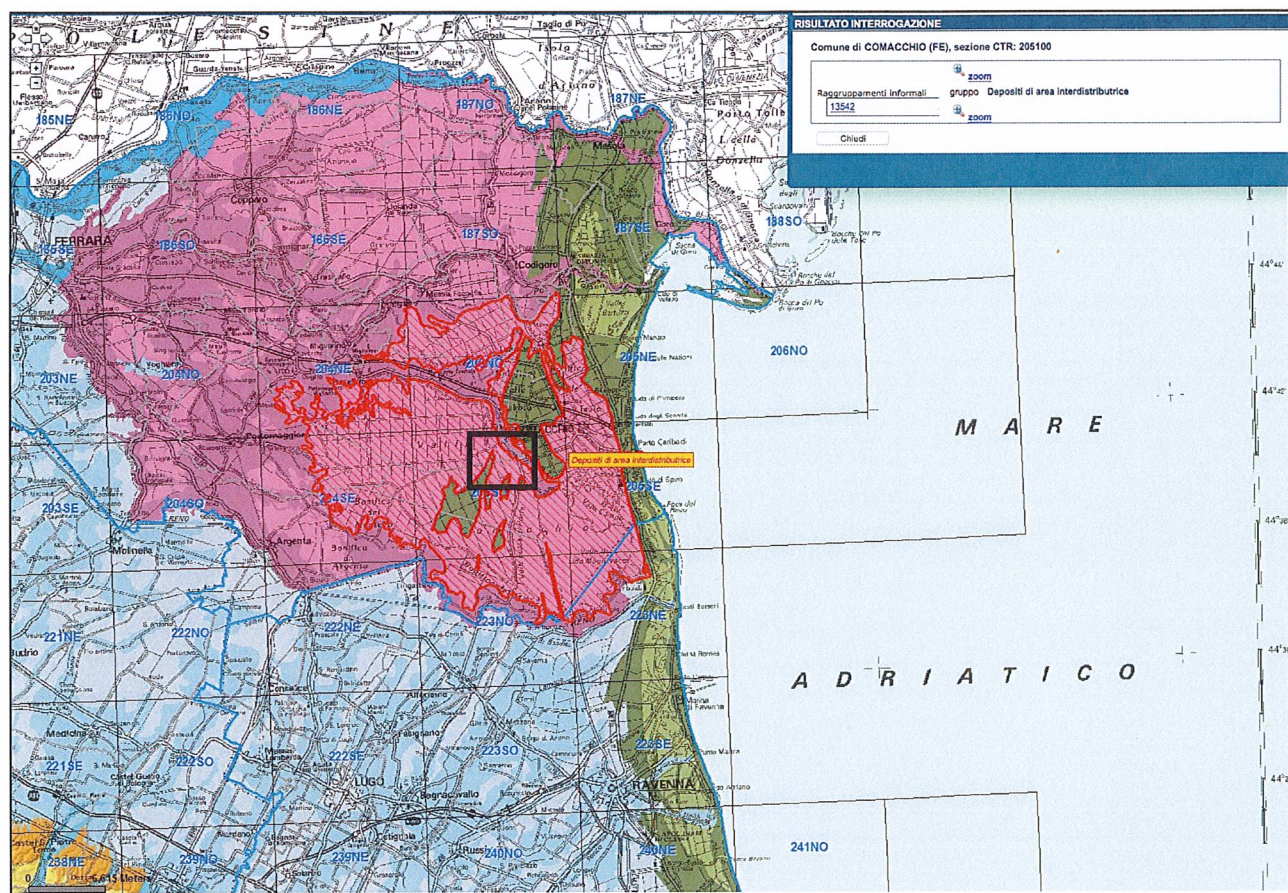


Fig. 4: stralcio a Scala Libera della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla Scala 1: 250 000. In rosso si sono riportate i contorni delle deposizioni di natura Argilloso-Limosa con Torba (ALT) o Limi Argilloso Torbosi (LAT), così ampiamente ed estesamente caratterizzanti gli ambienti depositivi di palude, ovvero di Area Interdistributrice. Si noti in verde la porzione deposizionale caratterizzata dalle sabbie delle dune di costa relitte. Si noti quanto sia avanzata la linea di costa a seguito della fine dell'ultimo periodo glaciale (Wurmiano), quando cioè i grandi Fiumi (Po e fiumi Appenninici) hanno ricominciato a portare in carico i detriti (di demolizione meteorica delle catene Alpina ed Appenninica, con i quali poi hanno costruito la Pianura Padana.

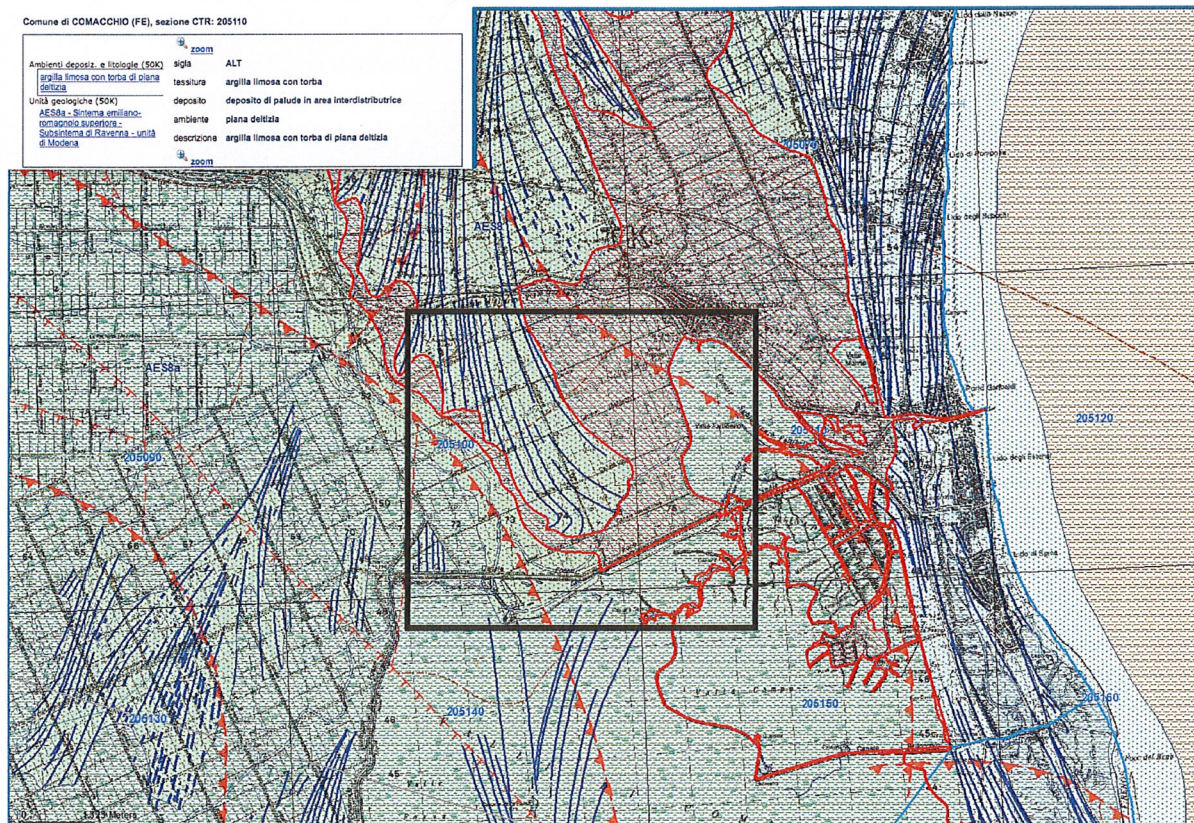


Fig. 5: stralcio a Scala Libera della Carta Geologica della Regione Emilia- Romagna alla Scala 1: 50 000. In rosso si sono riportate i contorni delle deposizioni di natura Argilloso- Limosa con Torba (ALT) o Limi Argilloso Torbosi (LAT) ed i verde le Sabbie Limose/Argille Sabbiose (SL/AS) delle dune paleo costiere.

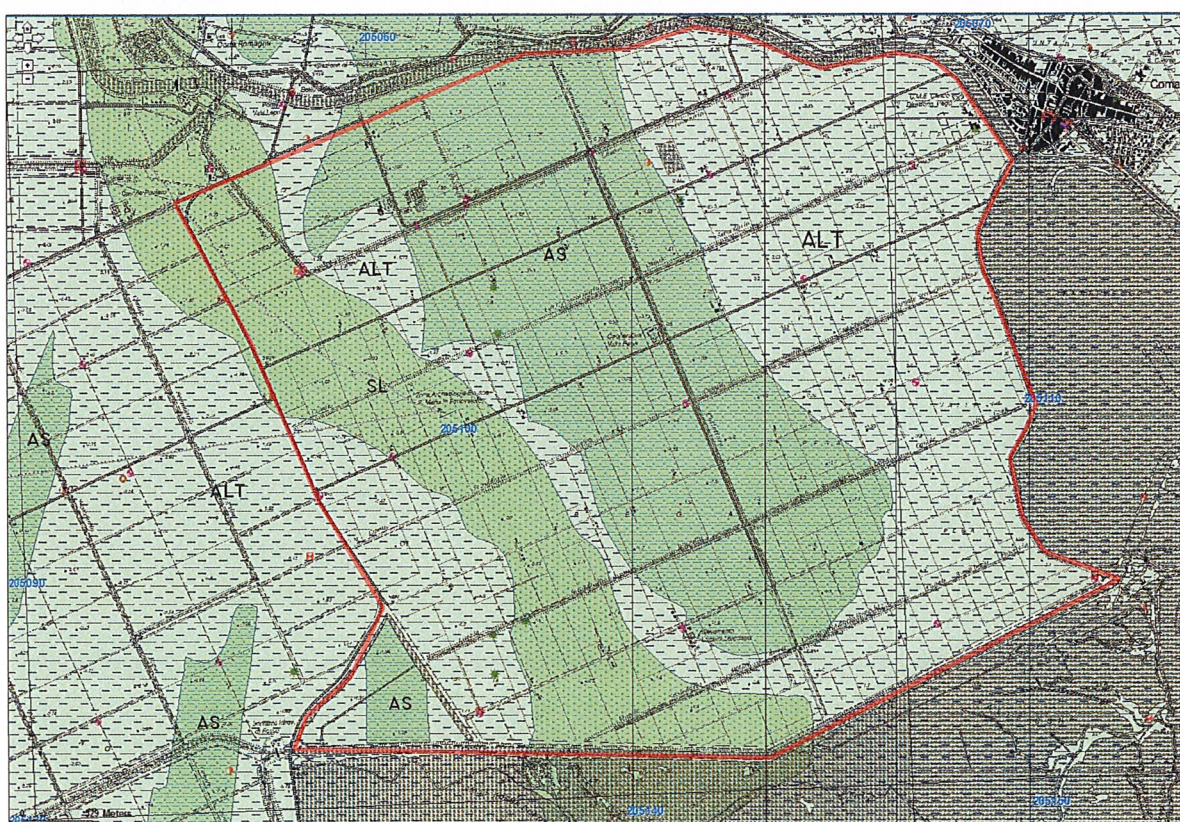


Fig. 6: stralcio a Scala Libera della Carta Geologica della Regione Emilia- Romagna alla Scala 1: 20 000. In rosso si sono riportate i contorni delle deposizioni di natura Argilloso- Limosa con Torba o Limi Argilloso Torbosi (ALT/LAT) ed i verde le Sabbie Limose/Argille Sabbiose (SL/AS) delle dune paleo costiere.

Di seguito si riportano le caratterizzazioni dei litotipi affioranti.

Ambienti deposiz. e litologie (10K) <u>Limo Argilloso con Torba - Piana deltizia</u>	 zoom	
	data di ultima modifica	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale
Coperture quaternarie (10K) <u>AES8a - Unità di Modena</u>	sigla	AES8a
	legenda	AES8a - Unità di Modena
	nome	Unità di Modena
	tessitura	Limo Argilloso con Torba
	sigla tessitura	LAT
	ambiente	Piana deltizia
	deposito	Piana deltizia
	legenda tessitura	Limo Argilloso con Torba - Piana deltizia

Fig. 7: descrizione dei litotipi di natura ALT/LAT.

Comune di COMACCHIO (FE), sezione CTR: 205100

Ambienti deposiz. e litologie (10K) <u>Argilla Sabbiosa - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia</u>	 zoom	
	data di ultima modifica	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale
Coperture quaternarie (10K) <u>AES8 - Subsintema di Ravenna</u>	sigla	AES8
	legenda	AES8 - Subsintema di Ravenna
	nome	Subsintema di Ravenna
	tessitura	Argilla Sabbiosa
	sigla tessitura	AS
	ambiente	Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia
	deposito	Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia
	legenda tessitura	Argilla Sabbiosa - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia

Fig. 8: descrizione dei litotipi di natura AS.

Ambienti deposiz. e litologie (10K) <u>Sabbia Limosa - Piana deltizia</u>	 zoom	
	data di ultima modifica	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale
Coperture quaternarie (10K) <u>AES8 - Subsintema di Ravenna</u>	sigla	AES8
	legenda	AES8 - Subsintema di Ravenna
	nome	Subsintema di Ravenna
	tessitura	Sabbia Limosa
	sigla tessitura	SL
	ambiente	Piana deltizia
	deposito	Piana deltizia
	legenda tessitura	Sabbia Limosa - Piana deltizia

Fig. 9: descrizione dei litotipi di natura SL.

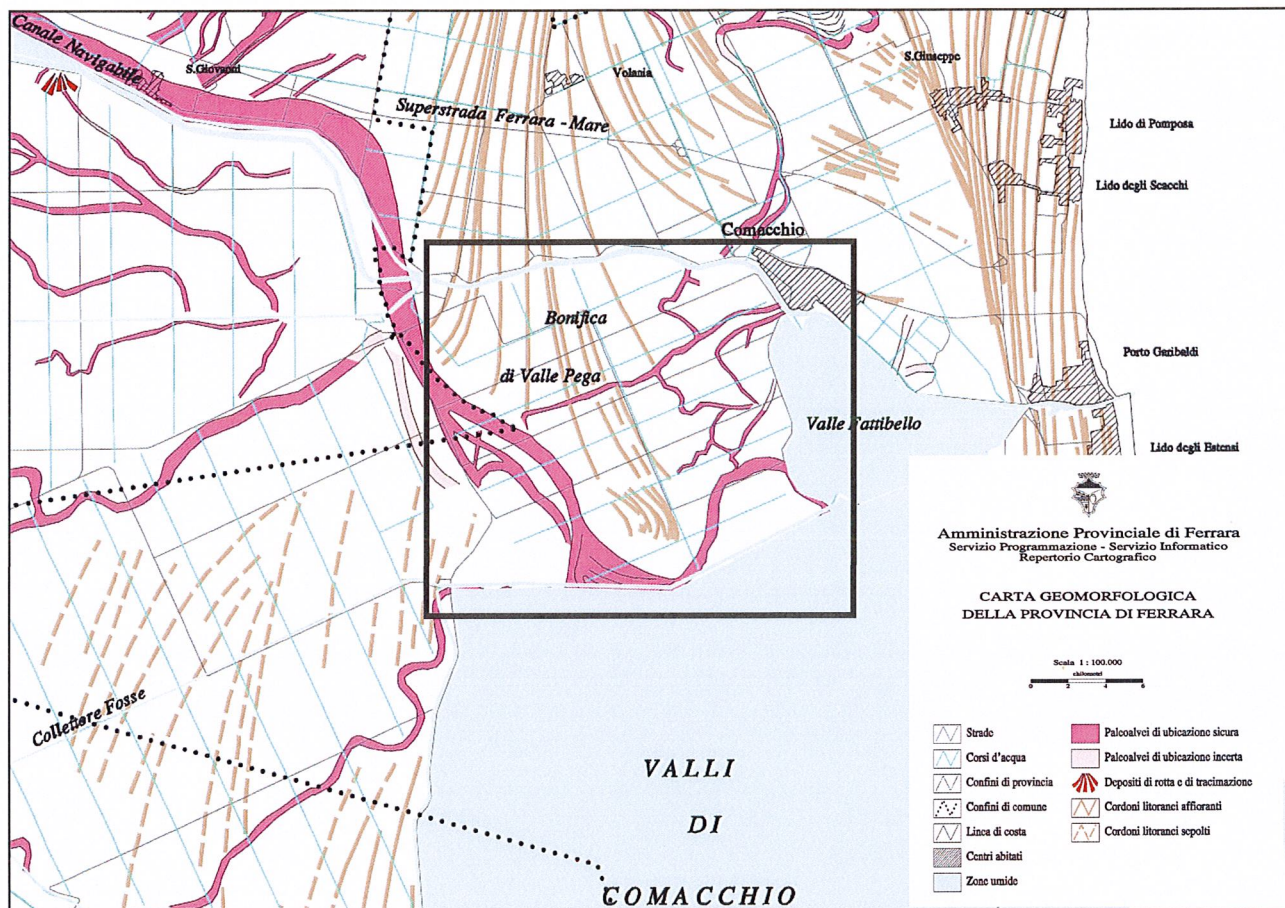


Fig. 10: stralcio a Scala Libera della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara alla Scala 1: 100 000. Sono ben evidenti i caratteri geomorfologici locali quali i paleo corpi divagativi e le paleo dune costiere, come anche individuati alla Fig. 3. Il corso del paleo corpo divagativo (già ampiamente individuato in relazione) è riconducibile al Po di Spina (come alla seguente figura). Tale cartografia è sostanzialmente riconducibile alla Tav. GEO. DP. 2.1. Ambiti Geomorfologici del Documento Preliminare del P.S.C. di Comacchio (che per brevità si omette).

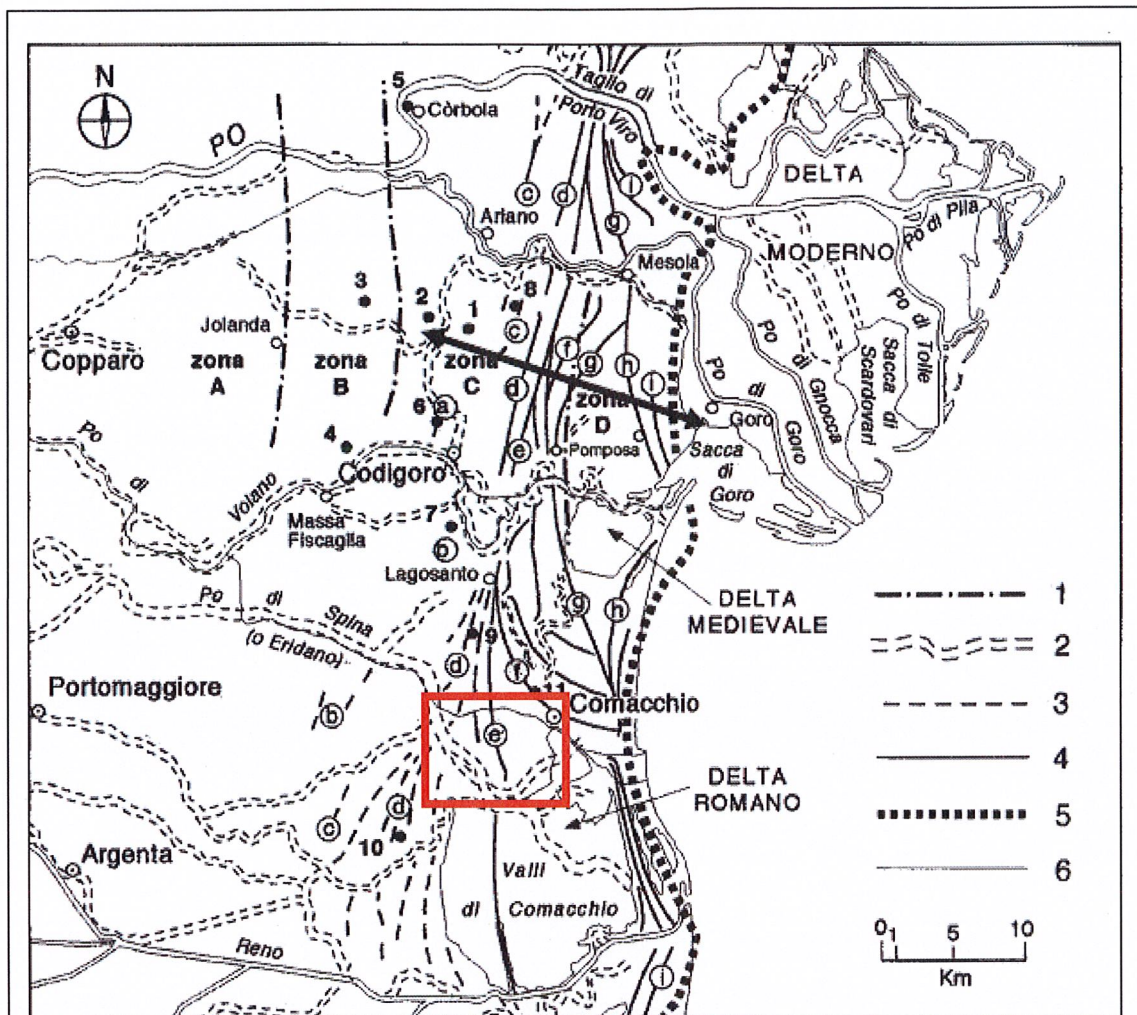


Fig. 2 - Carta geomorfologica del territorio compreso fra il Po e le Valli di Comacchio.

Legenda: 1) limiti fra le zone di sedimentazione olocenica; 2) principali paleoalvei; 3) strutture litoranee sepolte o semisepolte; 4) strutture litoranee affioranti; 5) posizione della linea di costa alla fine del XVI secolo; 6) linea di costa attuale.

Età delle strutture litoranee: a) Atlantico / transizione Atlantico-Subboreale; b) Subboreale; c) Subboreale; d) Subboreale: tarda età del Bronzo; e) Subatlantico: età del Ferro; f) età romana; g) Alto Medioevo; h) X secolo; i) XIV secolo.

Siti (come in fig. 1): 1) sondaggio Mezzogoro 1; 2) sondaggio Mezzogoro 2; 3) sondaggio Mezzogoro 3; 4) sondaggio Massa Fiscaglia; 5, 6, 7, 8, 9) scavi per scopi tecnici; 10) scavo archeologico: insediamento palafitticolo; 11) scavo archeologico: nave romana di Comacchio.

FIGURA 1- Carta geomorfologica della fascia di territorio compresa tra il fiume Po ed il fiume Reno (Bondesan, 1990).

Fig. 11: stralcio a Scala Libera della Fig. 1 tratta dalla Relazione Geologica Applicata del Documento Preliminare del P.S.C. di Comacchio, ove si illustra l'avanzare della linea di costa (già citata in altra parte della presente relazione. L'età delle linee di costa dell'area della Valle Pega è riconducibile all'Età del Ferro (linea e in figura), indicativamente sino al 1 000 a.C.

2.2. Stratigrafie locali da bibliografia:

Di seguito si riportano stratigrafie puntuali (si riportano solo indagini C.P.T.U., tralasciando per i fini della presente relazione altri tipi di indagini, unitamente a due Sondaggio profondi) rintracciabili all'apposito data- base regionale. Tali indagini di bibliografia sopra sono ubicate come alla seguente figura.

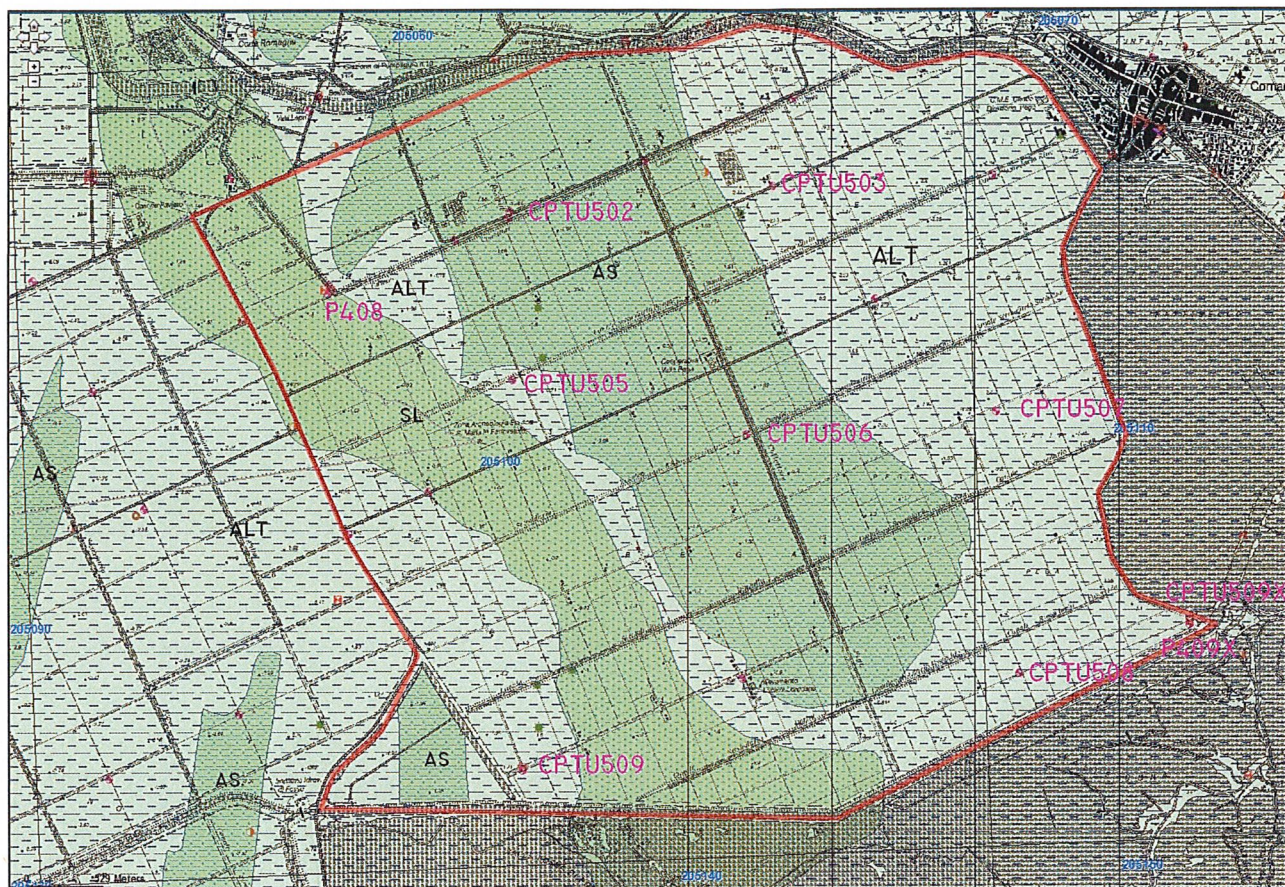
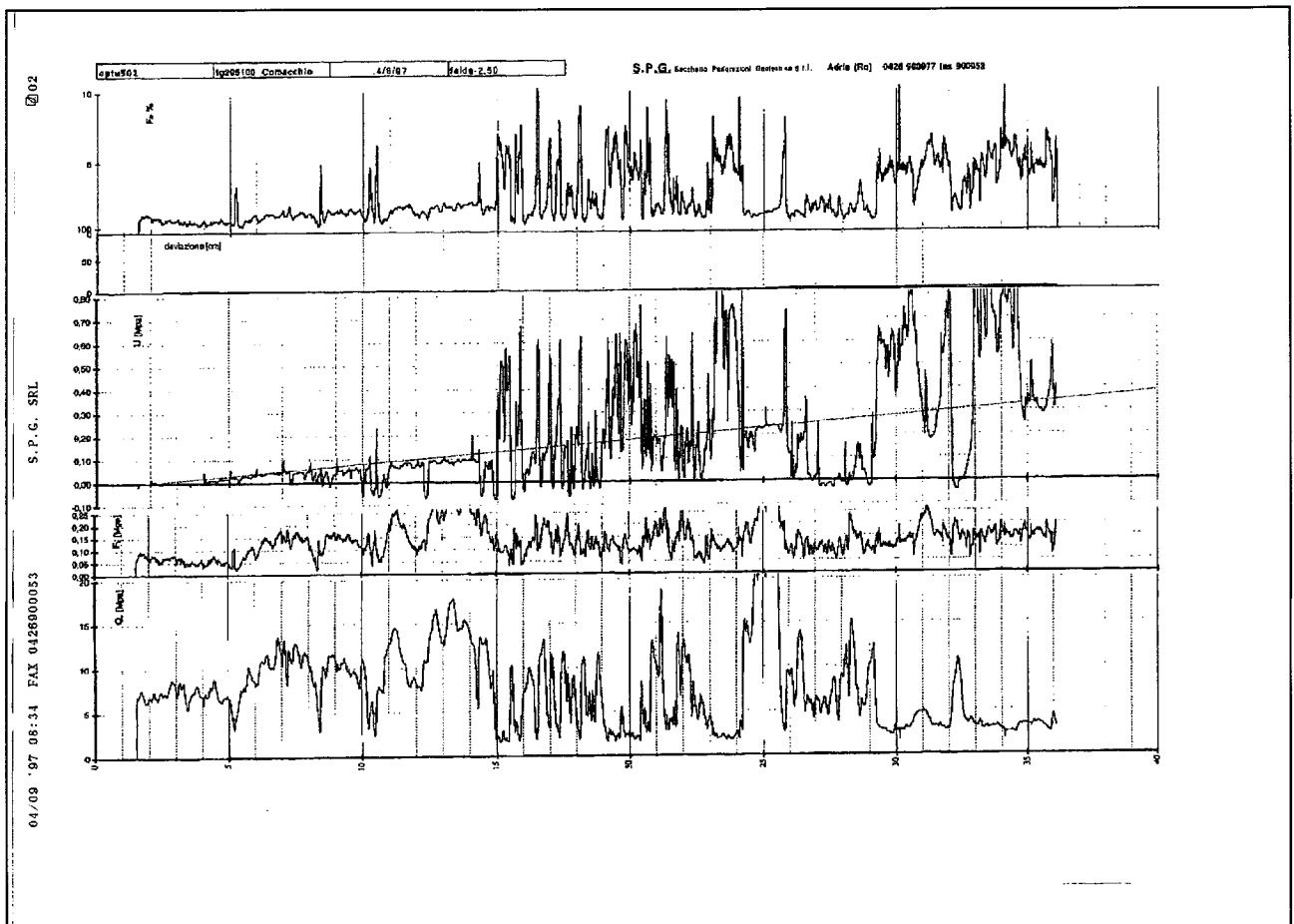
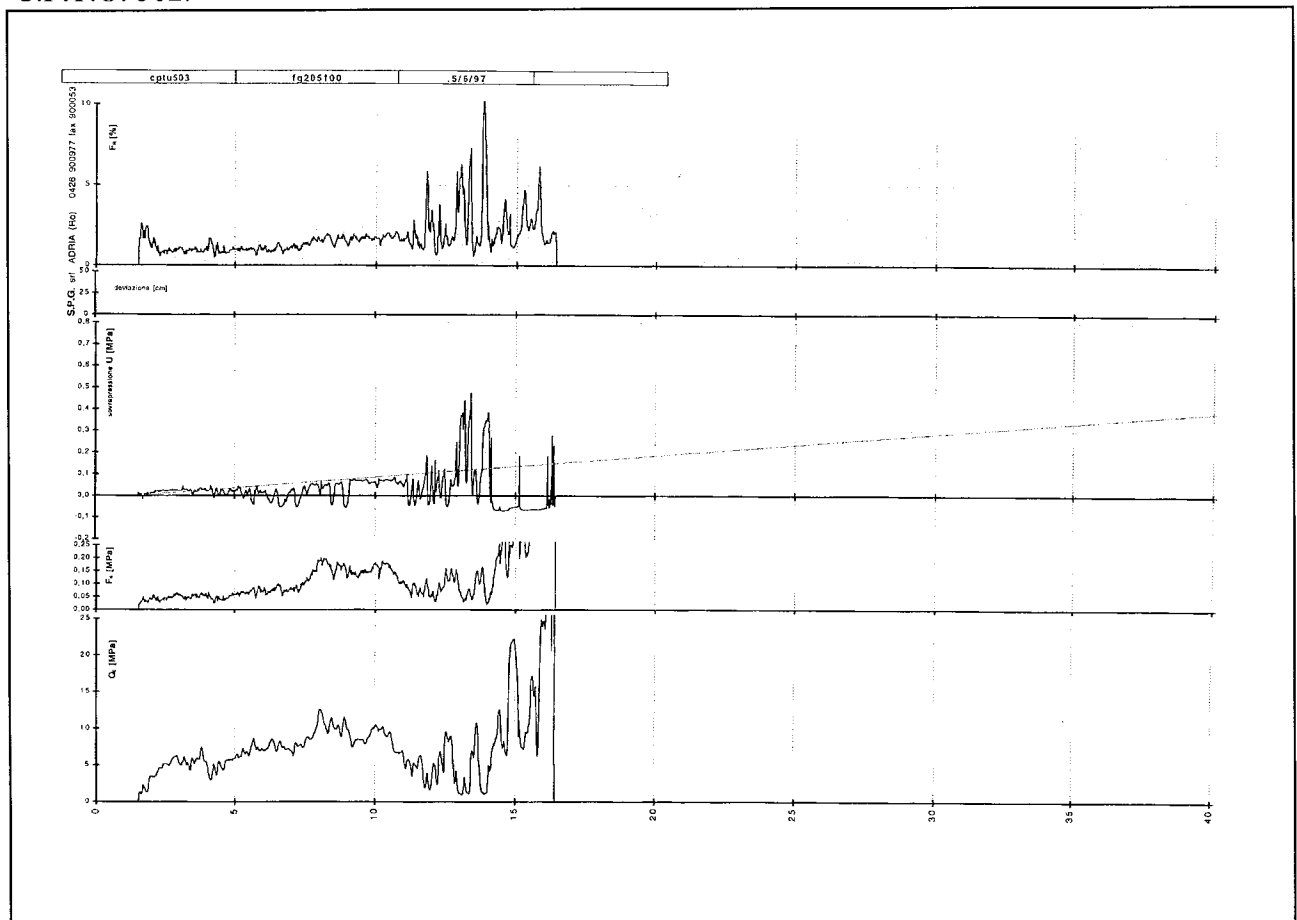


Fig. 12: stralcio a Scala Libera della Carta Geologica della Regione Emilia- Romagna alla Scala 1: 20 000. In rosso si sono riportate i contorni delle deposizioni di natura Argilloso- Limosa con Torba o Limi Argilloso Torbosi (ALT/LAT) ed i verde le Sabbie Limose/Argille Sabbiose (SL/AS) delle dune paleo costiere. Si sono riportati i punti di indagine di bibliografia che verranno di seguito allegati.

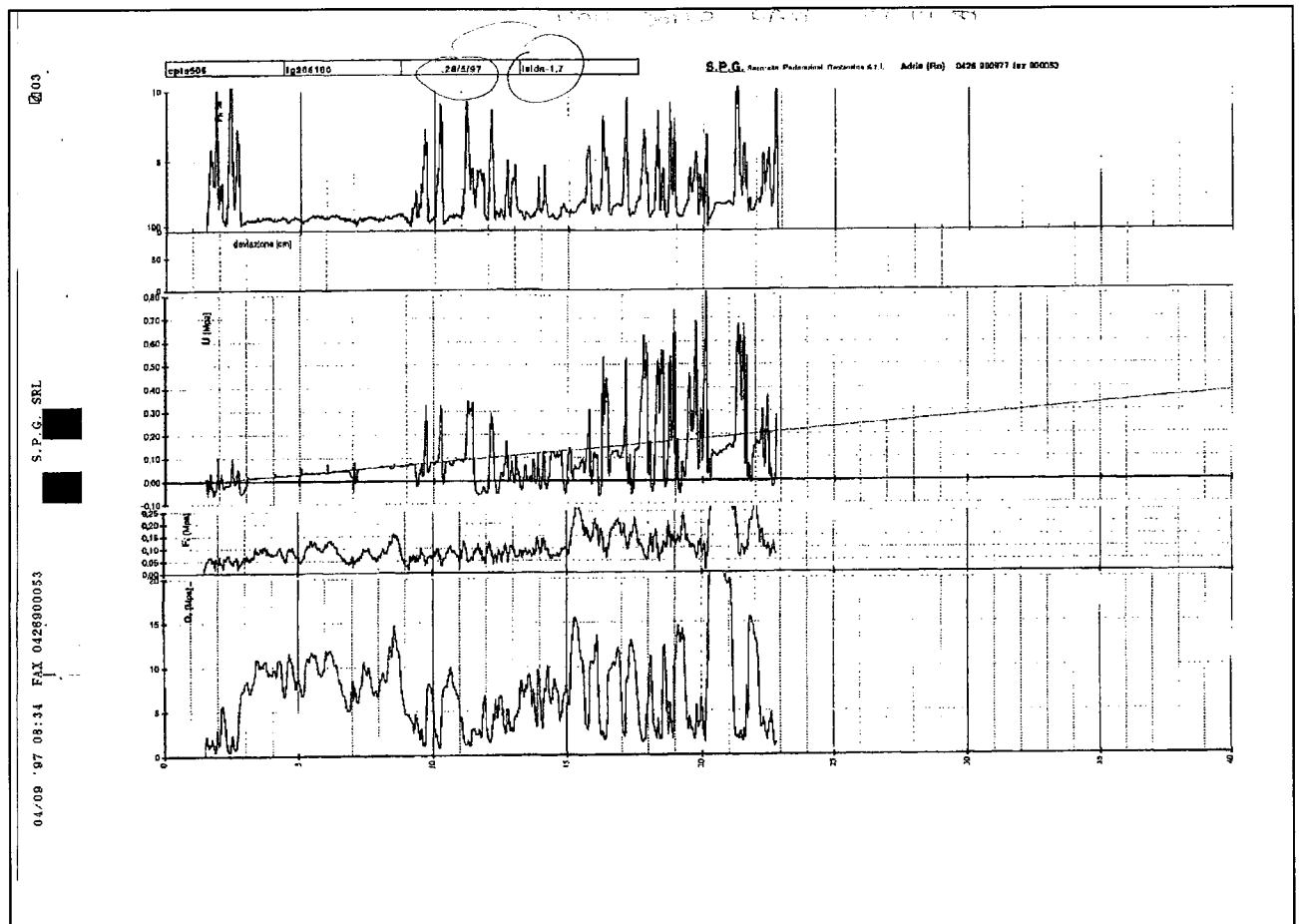
Si può constatare come i punti di indagine allegati ricoprono tutti gli ambienti deposizionali della Valle Pega e le corrispondenti deposizioni precedentemente descritti.



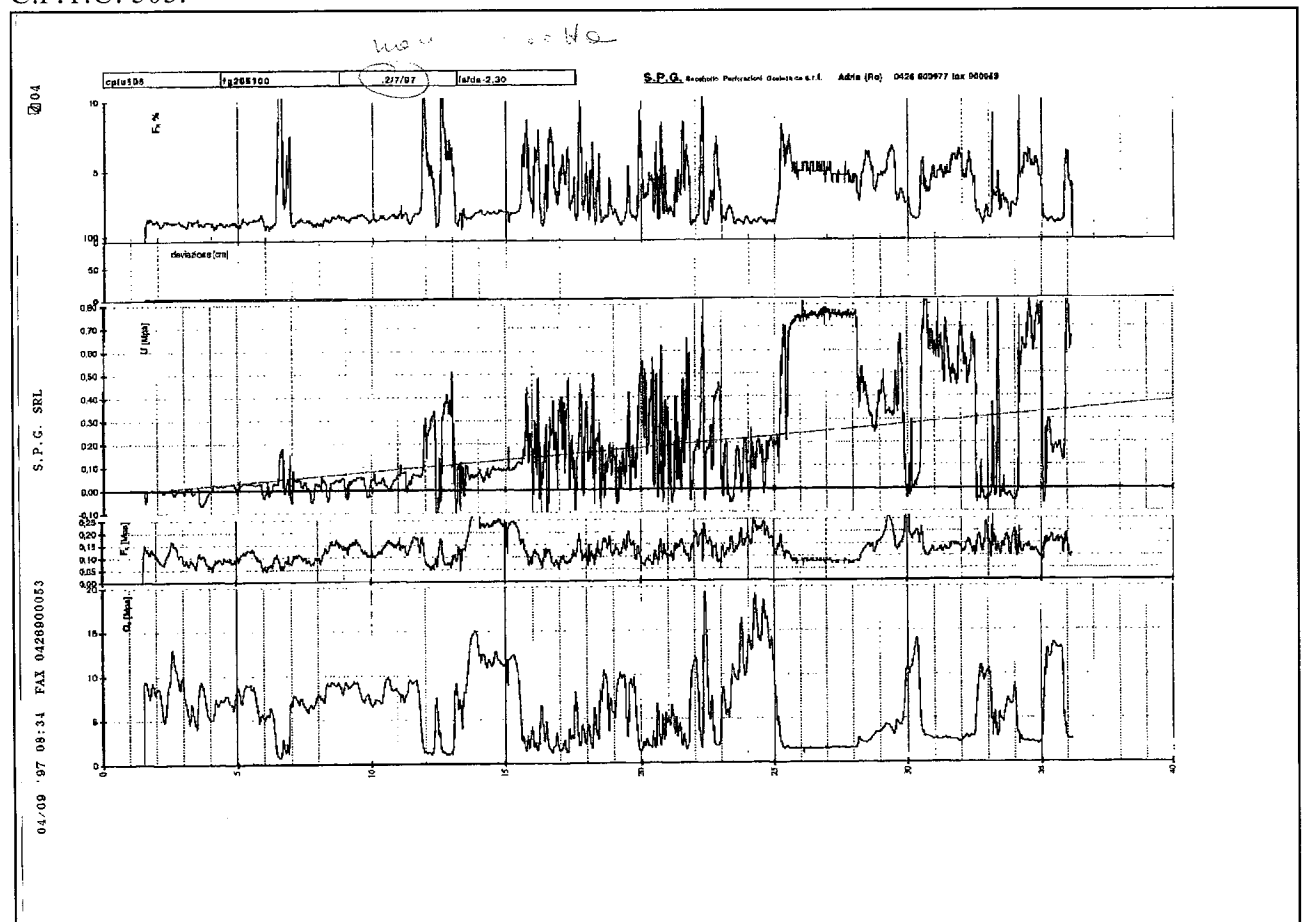
C.P.T.U. 502.



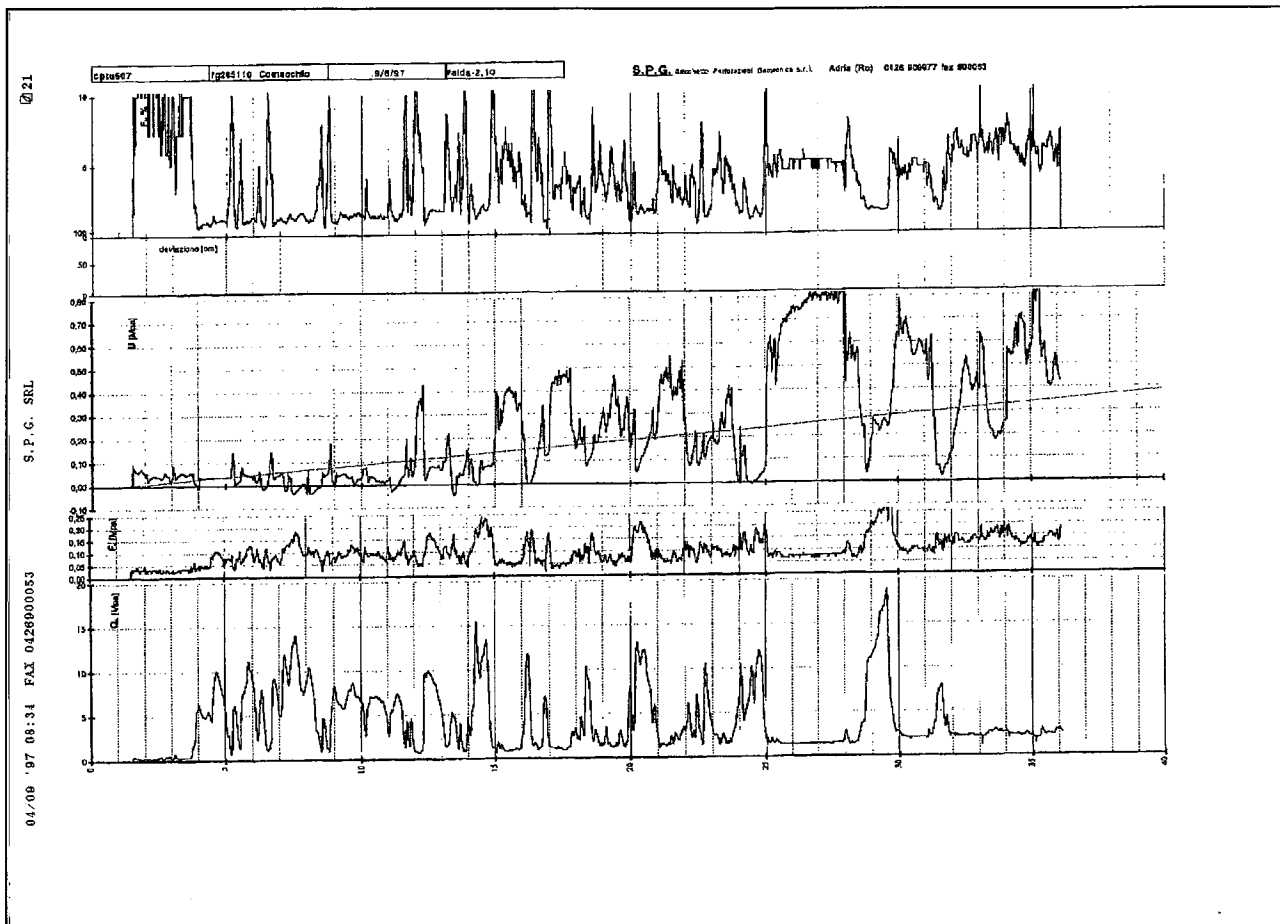
C.P.T.U. 503.



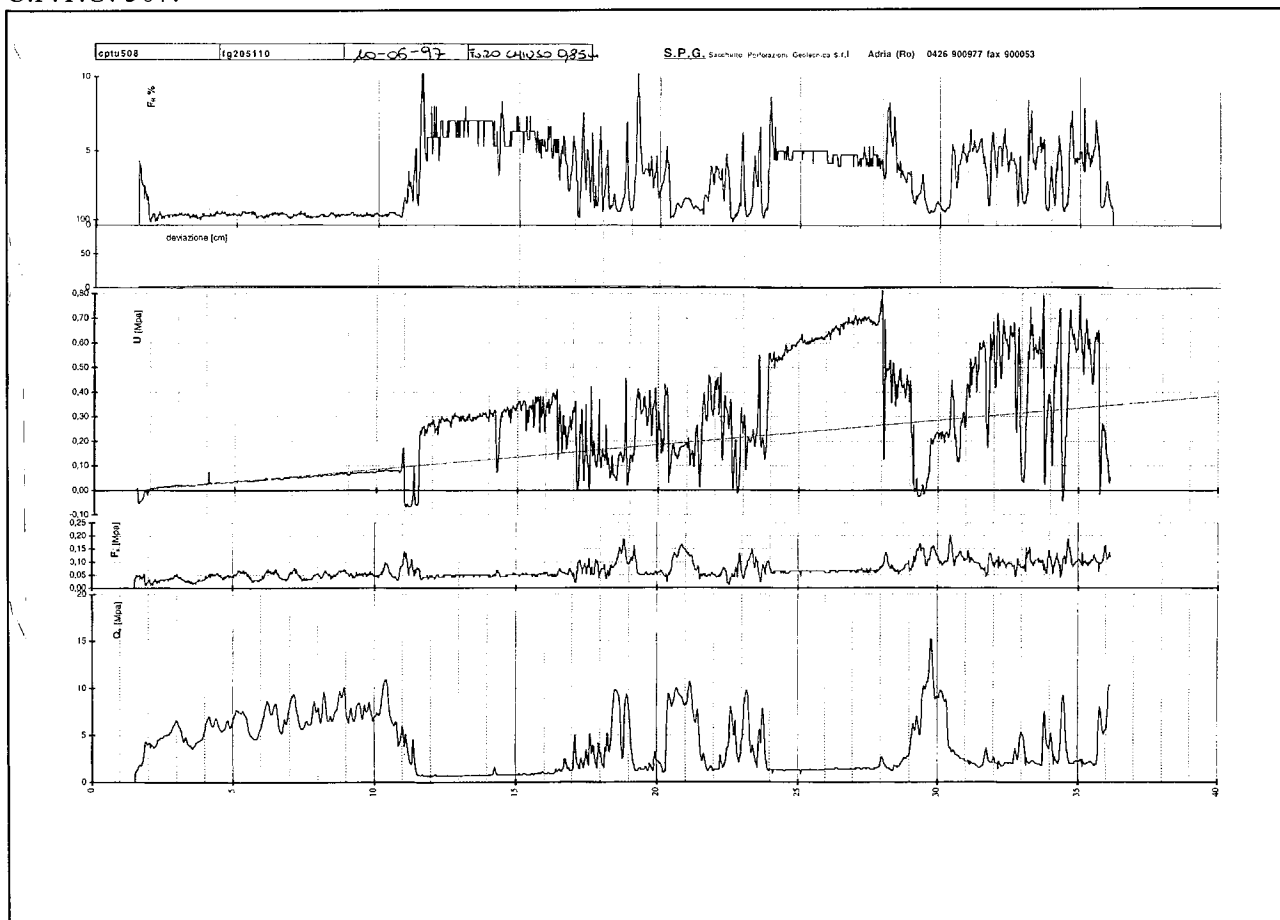
C.P.T.U. 505.



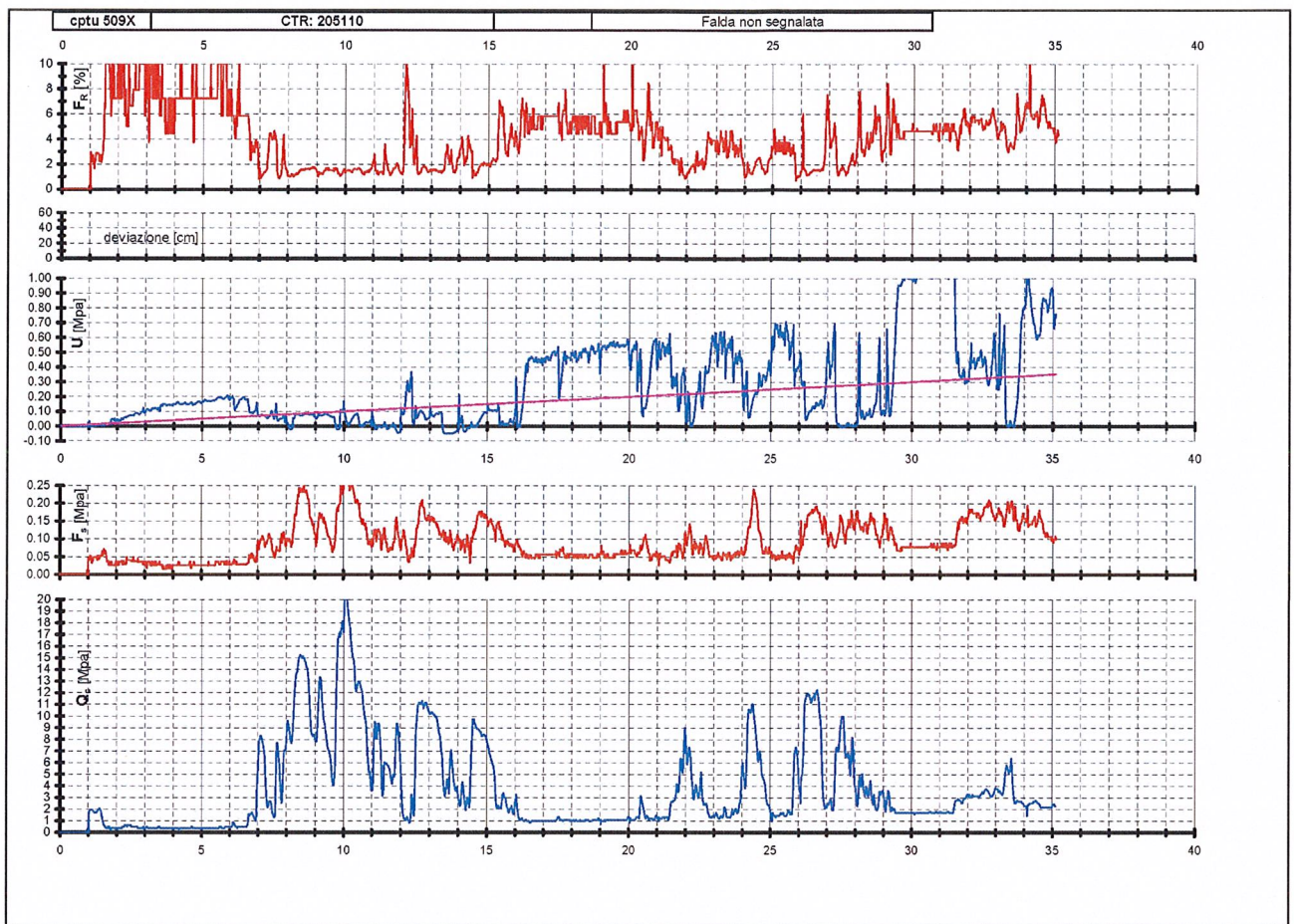
C.P.T.U. 506.



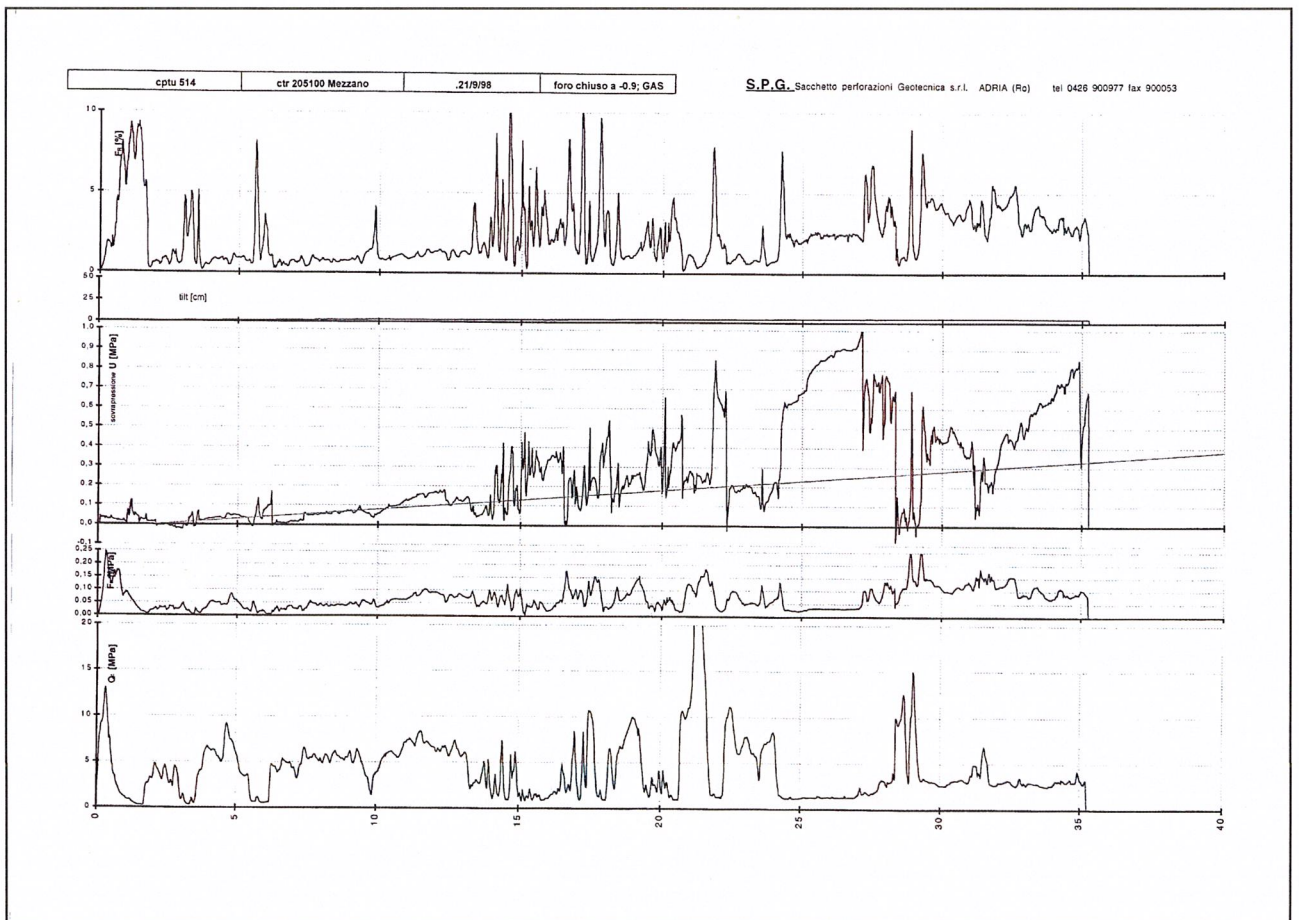
C.P.T.U. 507.



C.P.T.U. 508.



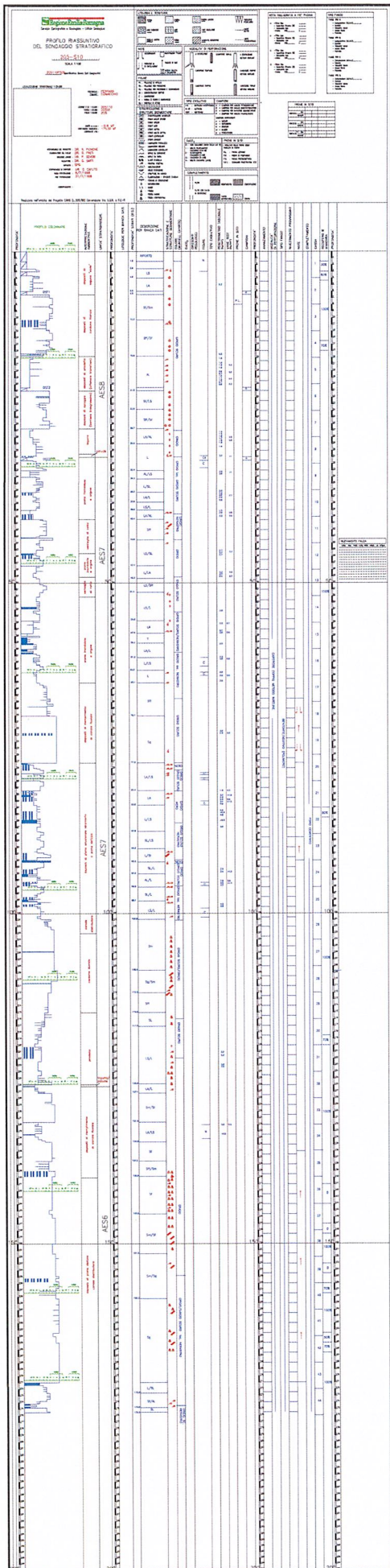
C.P.T.U. 509X.



C.P.T.U. 514.

R.G.A. srl		Ricerche Geologiche ed Ambientali		Uff. tecn. Via Boccaleone 12 - Sede legale Via A. Lollio 5 44100 Ferrara Tel 0532/206559 - Fax 0532/248929	
		SONDAGGIO N. PE2		COMMITTENTE: R.E.R. LOCALITA': PEGA	
Data inizio perforazione: 09.06.97		Data ultimazione: 10.06.97		Operatori:	
Attrezzatura: WIRT B-O		Carotiere: WIRE-LINE		ø: 101	
Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO		Rivestimento ø: 127		Quota testa foro m s.l.m.:	
Osservazioni:					
R CAMPIONE RIMANEGLIATO	V VANE TEST	* CAMPIONE S. P. T.	O CAMPIONE INDISTURBATO SISTEMA OSTERBERG	S CAMPIONE INDISTURBATO SISTEMA SHELBY	D CAMPIONE SISTEMA DENISON
Profondità metri	Quota relativa	STRATIGRAFIA	CAMPIONI	DESCRIZIONE DEL TERRENO	
			N. Prof. Tipo		
1.00	1.00			Terreno limoso debolmente argilloso grigio	
				Argilla da limosa a debolmente limosa grigia	
2.90	3.90			Limo da argilloso a debolmente argilloso grigio	
4.40	6.30			Sabbia medio-fine talora limosa grigia	
8.10	13.40			Alternanze di argilla limosa e limo argilloso grigio	
8.00	21.40			Sabbia limosa sciolta di colore grigio	
5.40	26.80			Limo grigio-biancastro	
1.60	28.40			Argilla debolmente limosa grigio-biancastro	
1.40	29.80			Limo da debolmente argilloso ad argilloso di colore grigio-chiaro	
1.20	31.00			Argilla debolmente limosa di colore grigio	
0.90	31.90			Limo da debolmente argilloso a debolmente sabbioso di colore grigio	
8.10	38.00			Argilla debolmente limosa di colore grigio	
1.00	39.00			Limo debolmente argilloso di colore grigio	
2.00	41.00			Argilla da limosa a debolmente limosa grigia	
4.00	45.00			FINE SONDAGGIO	

Sondaggio P408.



Sondaggio profondo (176 m) P509X.

Tutte queste stratigrafie puntuali denotano l'alternanza di litotipi fini, coesivi cioè argille a litotipi variamente granulari, ovvero sabbie. Il motivo deposizionale prevalente può cioè essere individuato nella presenza di corpi lenticolari sabbiosi, inglobati in una diffusa matrice argillosa. Notevoli sono le presenze di argille organiche/torbose/torbe. Le definizioni argillose possono variare da argille ad argille limose con sabbia. Le definizioni sabbiose da sabbie limose a sabbie limose con sabbia. La presenza di resti vegetali anche parzialmente indecomposti può essere molto elevata anche nelle frazioni granulari, specie quelle d'origine eolica.

2.3. Sezioni stratigrafiche locali:

Di seguito si riportano sezioni stratigrafiche reperibili all'apposito data-base regionale e particolarmente prossime all'area in esame e quindi particolarmente significative.

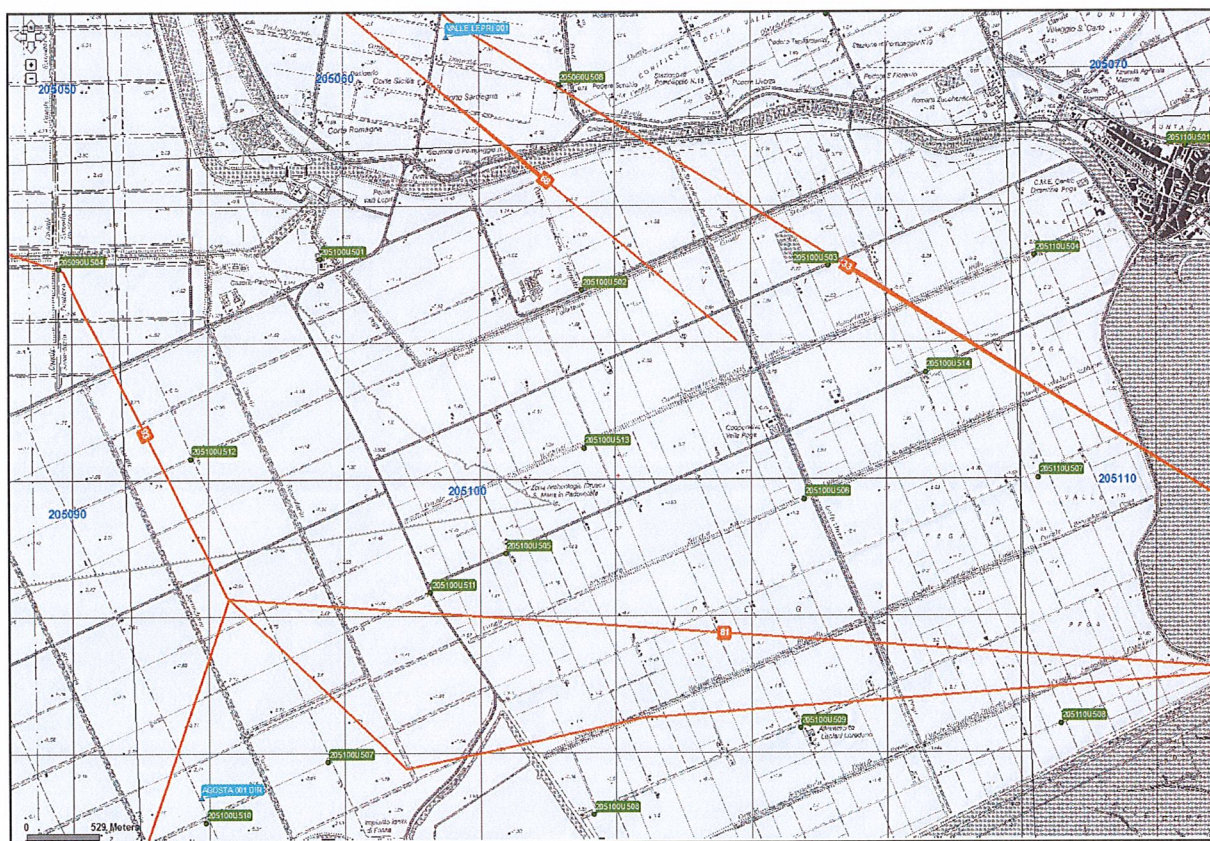


Fig. 13: ubicazione delle sezioni stratigrafiche che saranno di seguito riportate, stralcio a Scala Libera alla scala 1: 20 000. Per l'area in esame ci si riferirà alle Sezz. 33, 68, 81 e 93 che la interessano in maniera diretta.

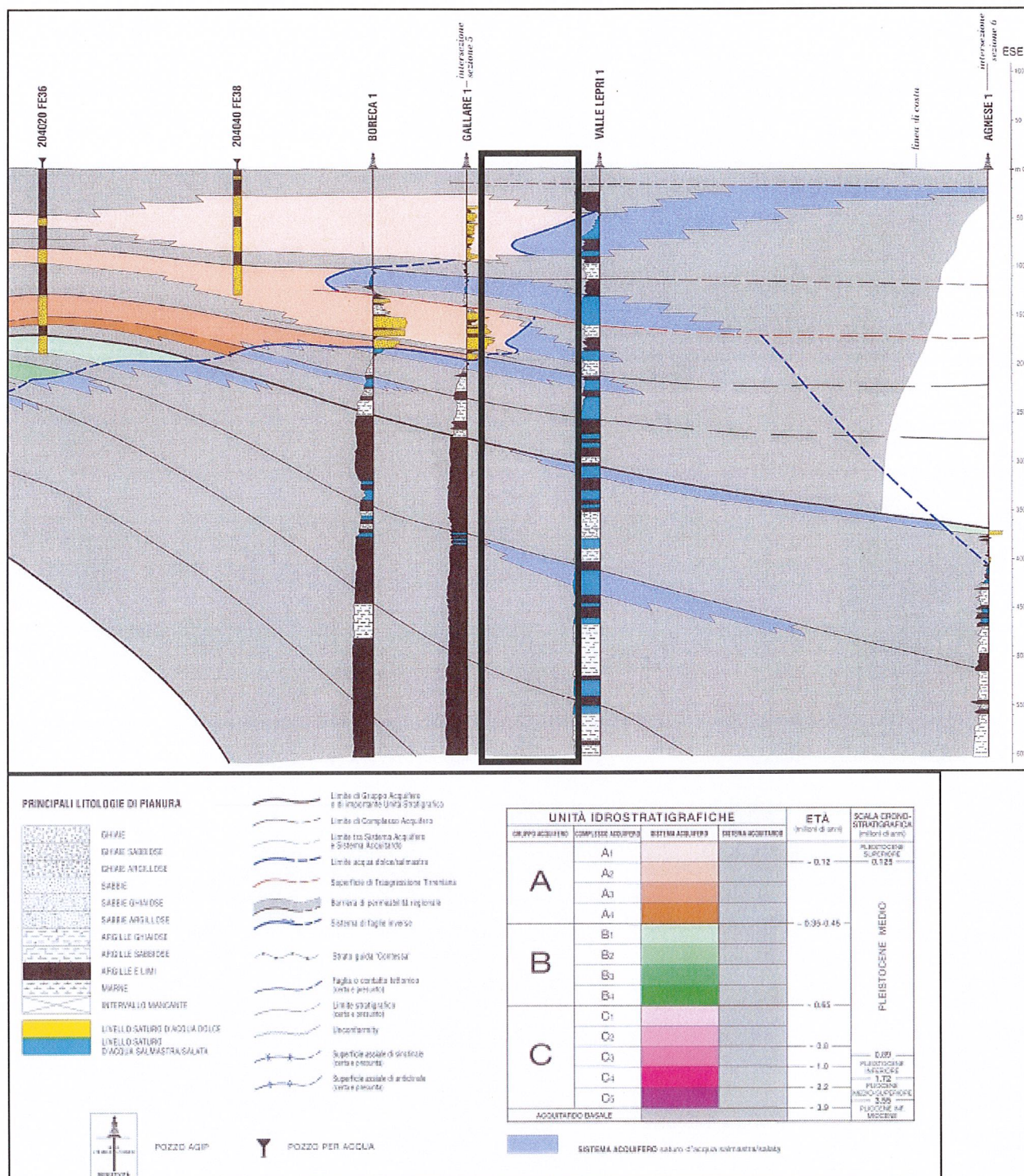
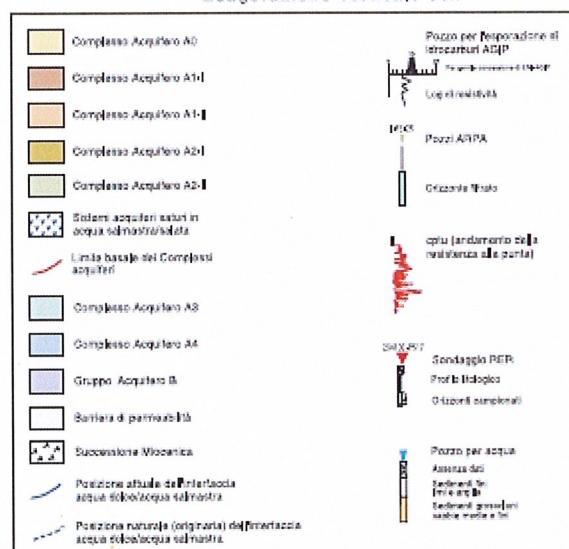
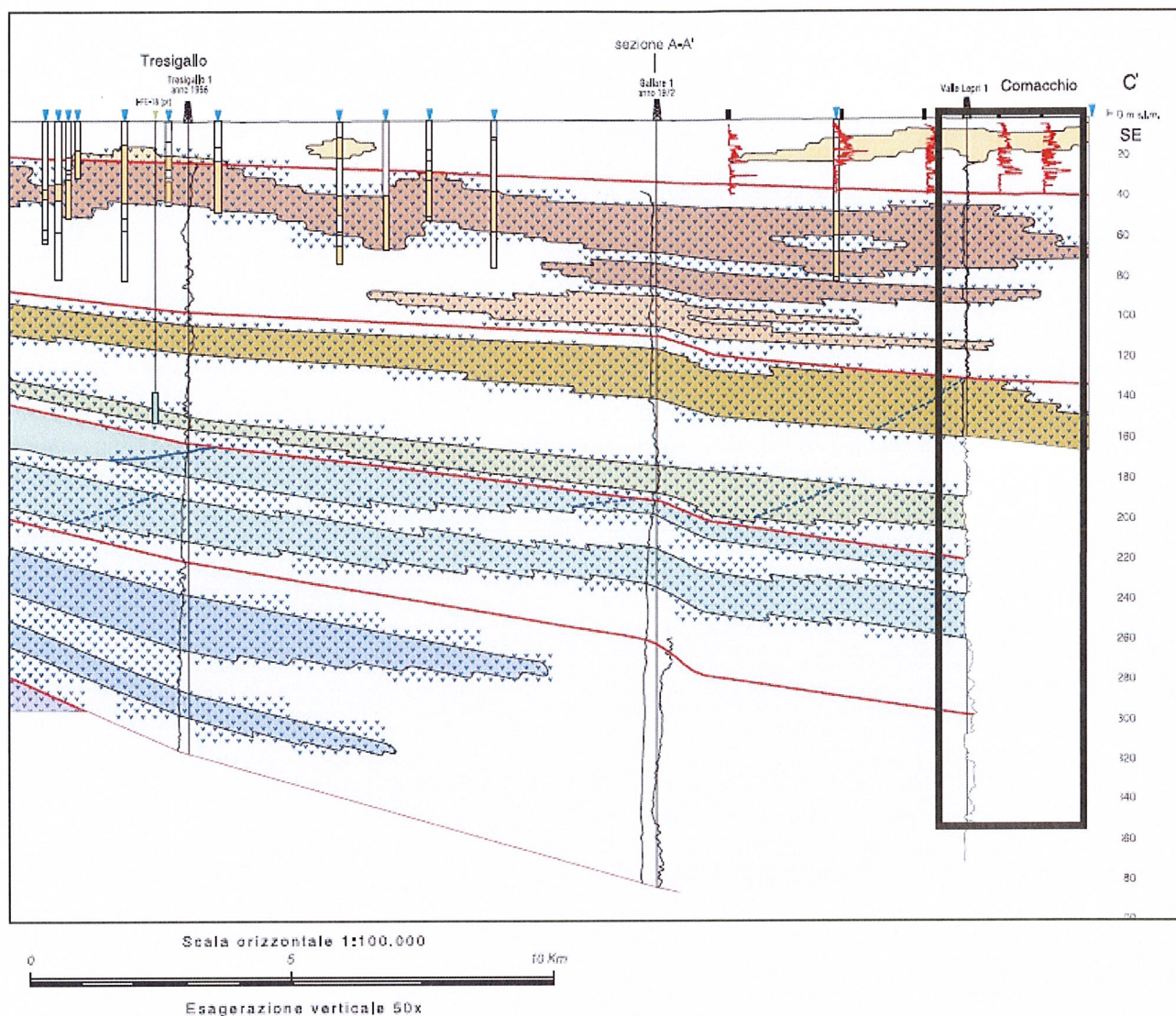
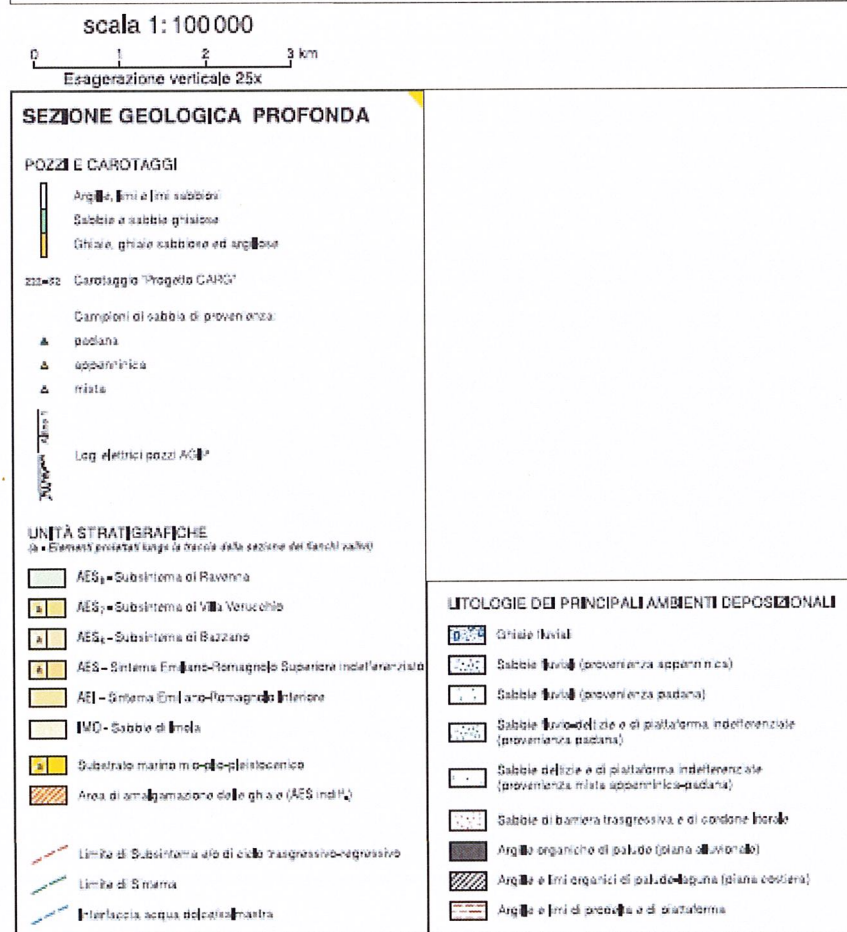
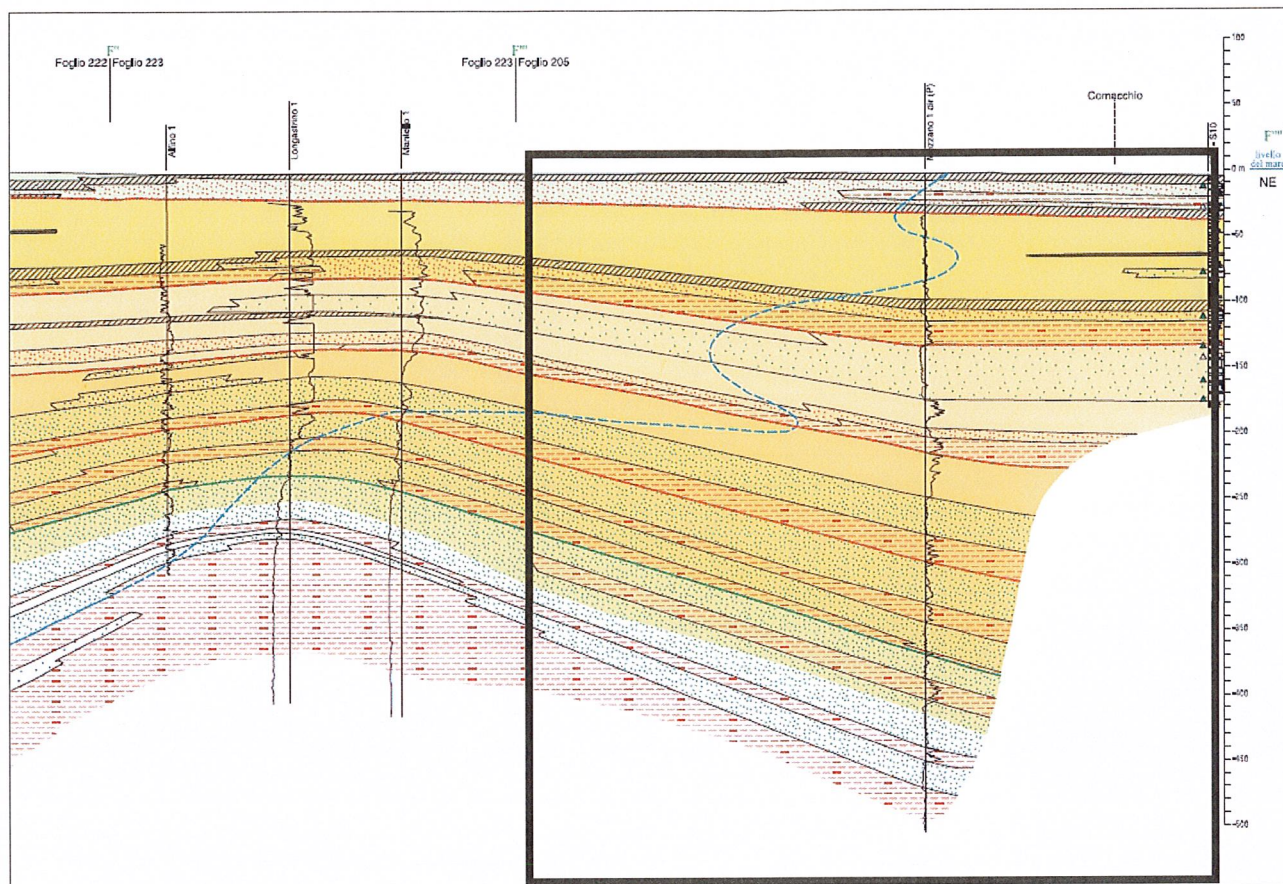


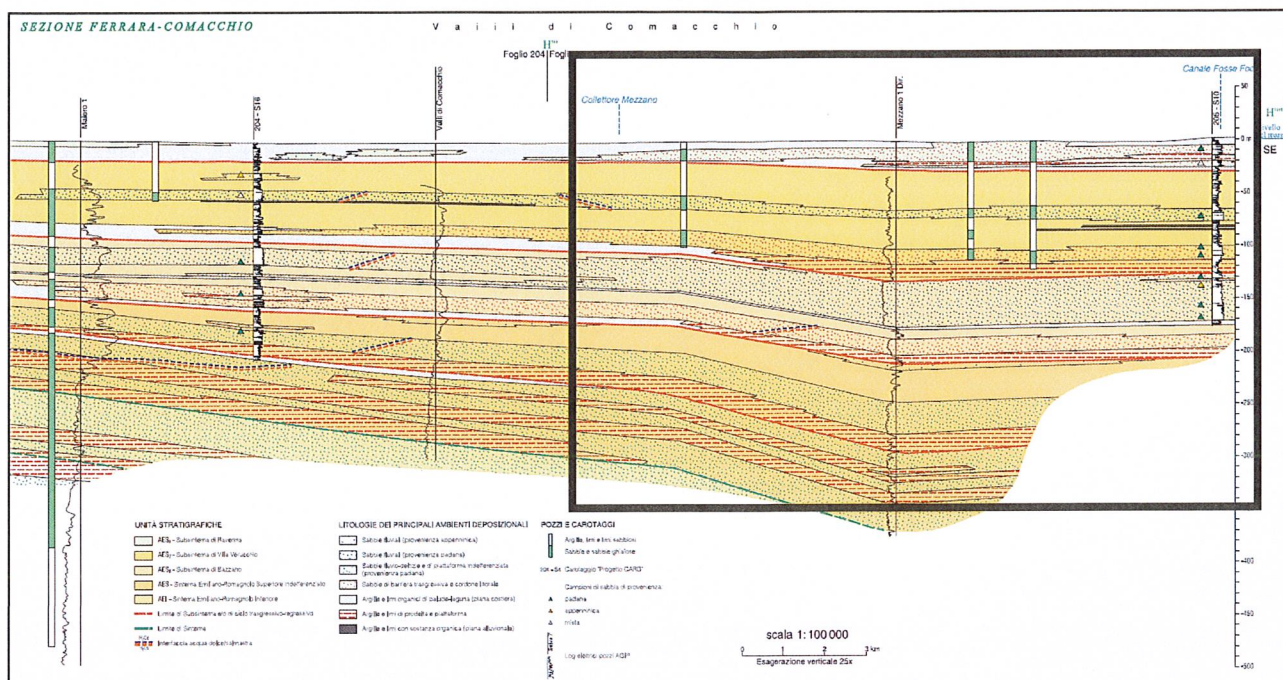
Fig. 14: Stralcio a Scala Libera della Sezione stratigrafica 033 e Legenda.



Figg. 15: Stralcio a Scala Libera della Sezione stratigrafica 068 e Legenda.



Figg. 16: Stralcio a Scala Libera della Sezione stratigrafica 081 e Legenda.



Figg. 17: Stralcio a Scala Libera della Sezione stratigrafica 093 e Legenda.

Le varie sezioni illustrate evidenziano quanto già descritto: deposizioni granulari sospese/annegate in una estesa matrice fine.

2.4. Considerazioni Geotecniche di massima

Come ampiamente illustrato, i terreni localmente presenti possono andare dalle deposizioni granulari d'origine eolica o fluviale alle deposizioni fini di valle/palude anche anossica. Si riscontrano sabbie, limi ed argille e tutte le miscele possibili fra questi termini. Si riscontrano anche ampie deposizioni di argille organiche e/o torbose e torbe. Dal punto di visto geotecnico, le maggiori penalizzazioni derivano dalla presenza dei termini fini e organici. È possibile affermare che, poichè i corpi sabbiosi si dispongono in lenti festonate sospese, che normalmente denota spessori inferiori alle deposizioni fini, saranno le attitudini di queste ultime deposizioni a regolare l'interazione di qualsiasi tipo di intervento con i terreni di fondazione. Nella fattispecie i terreni fini/coesivi sono naturalmente e normalmente caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- scarsa portanza/alta compressibilità/cedevolezza.
- maturazione di cedimenti di grande entità e prolungata durata nel tempo della loro maturazione. Ciò è dovuto anche al fatto che tali terreni sono, in larghissima misura, in condizioni sature/non drenate e tali condizioni non consentono la dispersione delle sovra pressioni (causate dall'immissione di carichi superficiali, derivanti dalle realizzazione delle opere) data la natura petrografica dei terreni stessi. La dispersione delle sovra pressioni può avere durate temporali che si protraggono anche per anni.

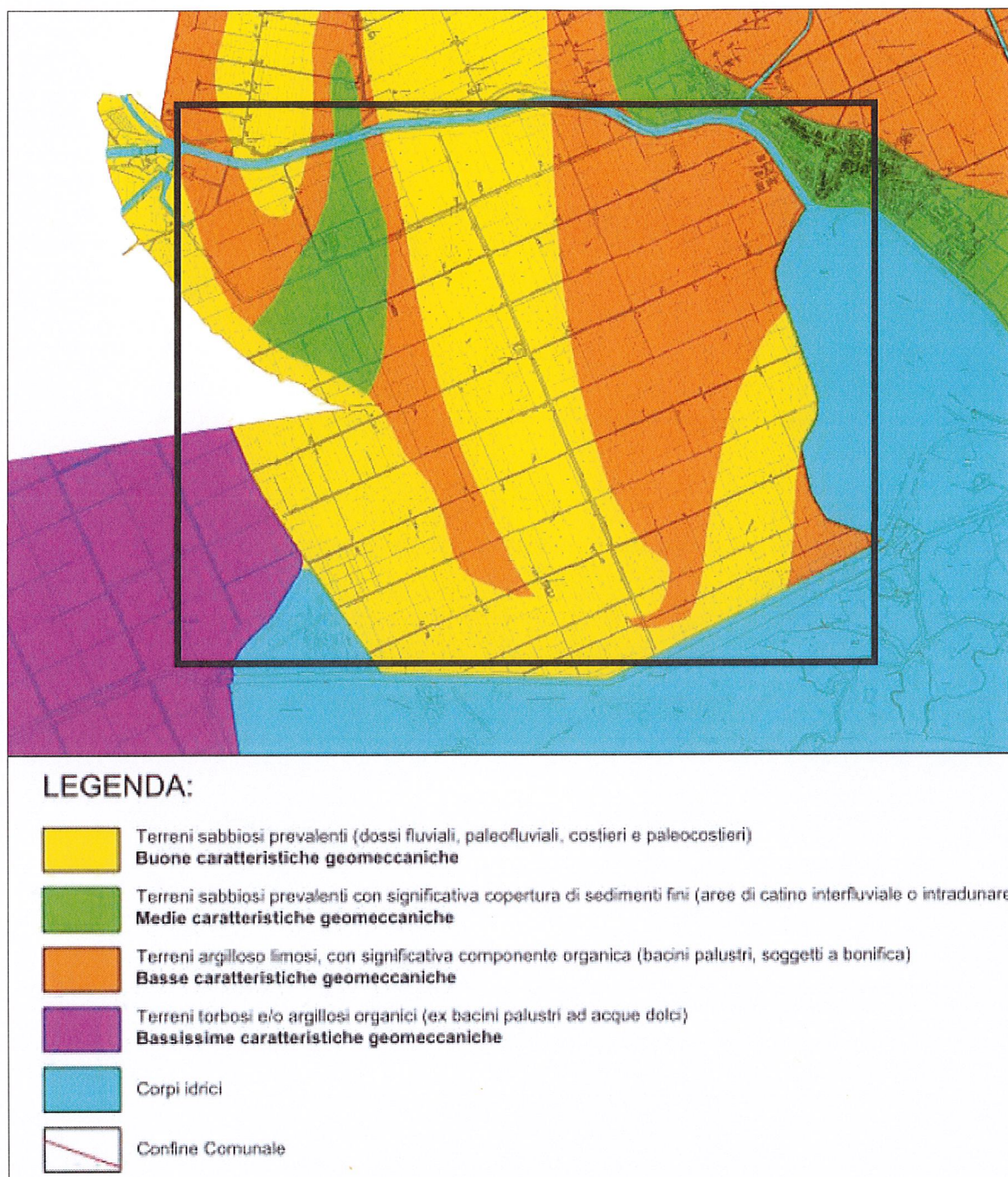
- i terreni coesivi sono poi sensibili alle variazioni di umidità naturale in essa contenuti, la variazione del livello della falda freatica (di cui si dirà più oltre) può far variare in maniera anche notevole le loro caratteristiche geotecniche ed il loro volume. Il medesimo suolo argilloso può passare dalla condizione sovraconsolidata in assenza di umidità/acqua di falda, alla condizione plastica (o peggio) in condizioni sature/non drenate.

- tutte queste caratteristiche portano a penalizzazioni edificatorie/di intervento che dovranno essere tenute in attenta considerazione e, per le argille organiche/torbose/torbe dette caratteristiche geotecniche sono ulteriormente penalizzanti. Infatti i terreni a forte componente organica hanno la spiacevole caratteristica di esser fortemente anisotropi sia in senso spaziale che temporale. Ovvero la maturazione dei cedimenti non segue uno schema prevedibile e può essere fortemente influenzato (maggiormente che nelle “semplici” argille) dalla presenza della componente acqua e dai suoi meccanismi e tempi di variazione. Naturalmente poi la componente organica cede maggiormente di quella “semplicemente” argillosa (che già cede molto).

- condizioni drenate non sono significative per l’area di Valle Pega (come si vedrà più oltre).

- all’atto di un eventuale scuotimento sismico le argille particolarmente soffici possono causare cedimenti post- sismici e le sabbie monogranulari e sature (per semplificare) possono liquefarsi e quindi causare cedimenti sismici e post- sismici. Questi due temi sono molto più complessi di quanto quivi brevemente riportato e richiederebbero una trattazione ampiamente più estesa dello scopo della presente relazione. Circa comunque le tematiche sismiche e co- sismiche, in relazione si riporteranno apposite considerazioni/indicazioni di base. Ovvero indicanti rischi/penalizzazioni sismiche dell’area di Valle Pega.

Di seguito si riporta una apposita cartografia tratta dal P.S.C. di Comacchio.



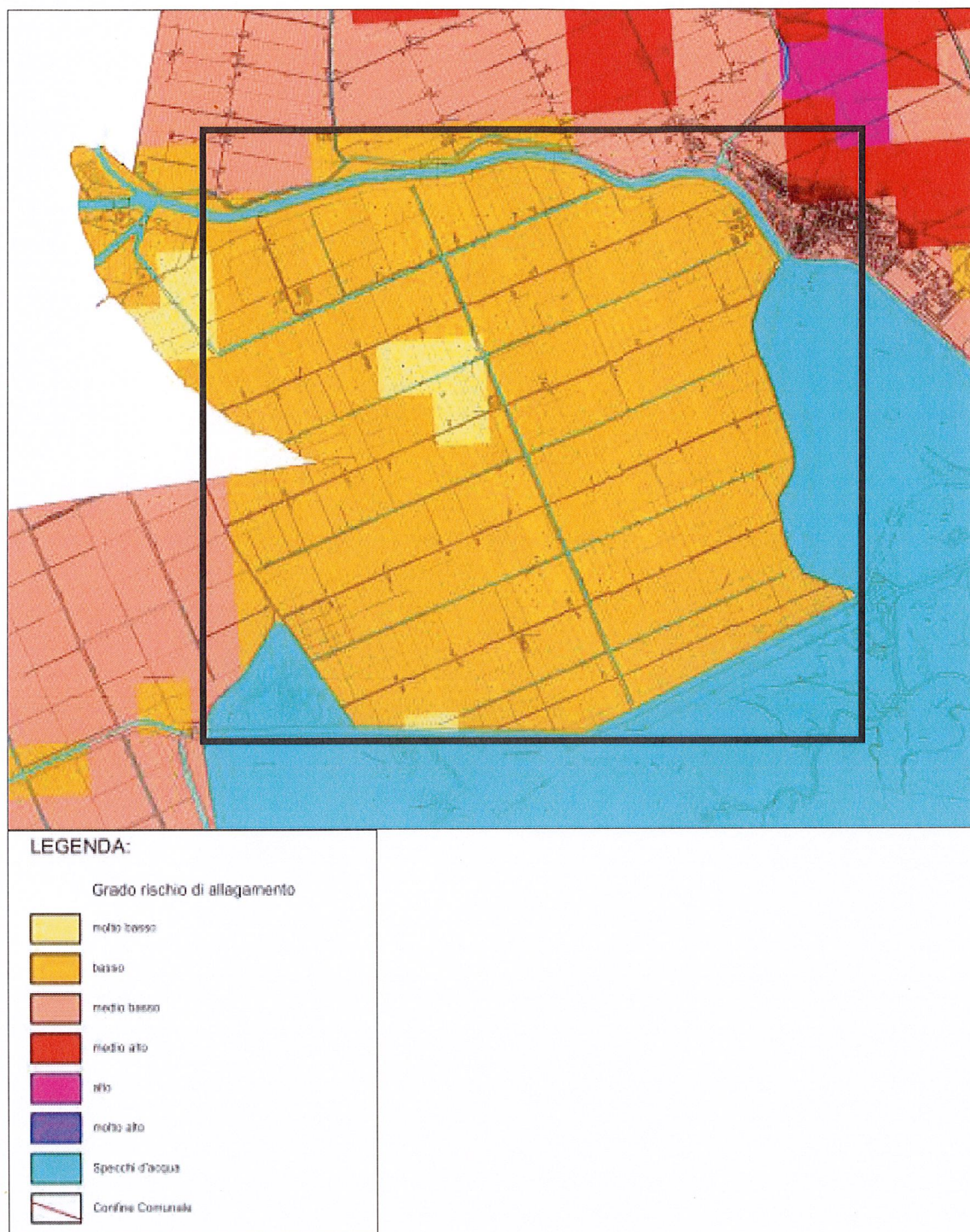
Figg. 18: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. GEO.DP.2.4. Caratteristiche Geotecniche del Documento Preliminare del P.S.C. di Comacchio,

La carta dimostra, in perfetta concordanza con l'assetto geomorfologico deposizionale, la presenza di terreni dalle caratteristiche geomeccaniche da Buone a Basse. Tali informazioni di massima dovranno però essere avvalorate o meno dall'esecuzione di colonne stratigrafiche e geo- meccaniche puntuali che, raccordandosi con le dimensioni delle opere da realizzarsi vadano ad indagare il volume significativo di terreno, come richiesto e definito dalla Legislazione Tecnica (ad esempio D.M./N.T.C.). Non è infatti da escludersi che la Tavola di cui sopra dia maggior peso ponderale alle deposizioni più superficiali. Ciò può essere fuorviante in considerazione di quanto ampiamente riportato in precedenza, ovvero del fatto che a una lente granulare superficiale (magari di spessore anche ridotto) possa seguire un ampio spessore di terreni argillosi o torbosi fortemente compressibili.

3. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

Data la natura antropica dell'area di Valle Pega, derivante in toto da un'estesissima (ben più della stessa area in parola) opera di bonifica meccanizzata, ove le acque sono sollevate per essere immesse a mare e date altresì le quote del piano di campagna, ampiamente sotto il livello del medio mare, la profondità della prima falda sospesa, freatica è molto prossima al piano campagna ed è mantenuta appunto artificialmente ad un livello minimo (una distanza minima dal p.c.) chiamata franco di bonifica. Che consenta cioè la lavorabilità agricola dei terreni. Il mantenimento del franco di bonifica avviene tramite una fittissima rete di corpi idraulici gerarchizzati quali scoline e fossi, che convogliano le acque in corpi idraulici maggiori, canali, dai quali poi le idrovore possono innalzare le acque e mandarle a mare attraverso i corpi idrici maggiori. Il franco minimo di bonifica è di solito/o dovrebbe normalmente essere, pari a un metro.

Per l'area in esame le idrovore che regolano il regime delle acque del bacino chiuso della Valle Pega sono le tre illustrate alla Fig. 1 alla quale si rimanda. Ovvero: 1: Valle Lepri; 2: Fosse; 3: Guagnino. Le loro funzionalità sono ovviamente differenti e non servirà allo scopo della presente relazione descriverle. Più interessante è individuare un eventuale rischio idraulico derivante da un eventuale malfunzionamento della rete di bonifica, in connessione alle caratteristiche locali dei terreni. A tal proposito, di seguito si riporteranno considerazioni derivanti dal P.S.C. di Comacchio.



Figg. 19: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. GEO.DP.2.3. Rischio di Allagamento del Documento Preliminare del P.S.C. di Comacchio,

Tale cartografia tiene conto ed incrocia, con pesi ponderali diversi, soprattutto la funzionalità della rete scolante (che si tenga conto essere in realtà sia scolante che alimentante, ovvero a scopo irriguo, ciò non facilita l'analisi e i risultati potrebbero quindi essere anche sensibilmente difforni) e la propensione storicamente verificata all'alluvionamento ed alla persistenza temporale della durata dello stesso alluvionamento, sia in considerazione della quota del p.c. che della tipologia dei terreni e della loro permeabilità. Alta permeabilità i terreni granulari e quindi durata ridotta della persistenza dell'alluvionamento, bassa permeabilità i terreni argillosi ed alta durata. Anche se il tema della

durata dipende anche dal grado di saturazione della rete drenante, data la naturale ridotta/ridottissima profondità della falda. Se ne dovrebbe dunque dedurre che l'area della Valle Pega è caratterizzata da un Rischio di Allagamento caratterizzato da Basso a Molto Basso. Si ritiene di dover aggiungere che ciò sia vero in caso di corretto funzionamento del complesso reticolo di bonifica. Qualora il reticolo di bonifica non dovesse funzionare, la situazione potrebbe essere molto più preoccupante, ovvero l'intera area della Valle Pega, a parte le sue porzioni maggiormente rilevate, dovrebbe essere considerata potenzialmente alluvionabile. Si pensi infatti se i canali recettori esterni (si veda la Fig. 1), in occasione di intensi e/o prolungati eventi meteorici non potessero recapitare a mare, o per guasti tecnici (prolungato black-out) o perchè il mare non riceve (prolungate sciroccate) oppure anche riferendosi a problematiche più localizzate, si pensi a situazioni di blocco di una porzione di rete drenante. In tali dinamiche occorrerebbe anche tenere conto della presenza degli estesi rilevati stradali e della loro continuità. Le strade di appoderamento sono infatti costruite su rilevati che localmente possono avere altezze fino a 2 metri circa, questi rilevati disegnano poi micro-bacini chiusi il cui effetti di contrasto o trasmissioni di eventuali alluvionamenti dovrebbe essere considerato con attenzione.

Le indagini di bibliografia in precedenza rilevate riportano indicazioni molto variabili in merito al livello della prima falda freatica più superficiale, profondità comprese fra 0,7 e 2,50 m dal p.c. che chiaramente dipendono dalla quota del p.c. ma che paiono anche solo parzialmente confutare quanto in precedenza riportato circa l'ubicazione del livello di falda al franco minimo di bonifica (1 m dal p.c.). Occorre però ricordare che la fitta presenza di fossi di scolo e di rilevati stradali può localmente alterare quelle che sarebbero e che quindi molto probabilmente non sono presenti, le direzioni di deflusso della falda. Il grande bacino chiuso della Valle Pega ulteriormente suddiviso in piccoli bacini potrebbe cioè aver originato situazioni non descrivibili e che possono sovrapporsi in maniera non identificabile alla comunque presente naturale propensione al livello della falda freatica in dipendenza dei regimi pluviometrici e termici atmosferici. È cioè naturale/normale che in periodi piovosi e non caldi la falda si avvicini al p.c. Anche se per l'area in esame non dovrebbe poter risalire di molto oltre il metro dal p.c., mentre in periodi siccitosi e magari particolarmente prolungati il livello della falda può deprimersi. Collateralmente, all'apposito punto della presente relazione s'è riportato come le argille siano sensibili a tali variazioni di umidità/acqua in esse contenute, tali terreni rigonfiano e ritirano e normalmente possono farlo sino ad un valore del, perlomeno, 5% del volume interessato dalla fascia di terreno che subisce la variazione della falda (se di un metro, questi possono ritirare sino a 5 cm circa, perlomeno). S'è anche riportato come tali variazioni di livello della falda possano far variare anche sensibilmente le loro caratteristiche geotecniche. I terreni granulari, per loro natura, non presentano tale comportamento. Per le argille organiche/torbe invece il rigonfiamento/ritiro può avvenire in termini anche maggiori e soprattutto anisotropi (nello spazio e

nel tempo) e può anche dar origine ad una sorta di fenomeno di isteresi per cui non si ha ritorno o avvicinamento a volumi “medi” ma bensì “cedimenti” non prevedibili, appunto di natura volumetrica tout-court (ovvero non in dipendenza o non solo in dipendenza di carichi applicati).

Allo stato attuale non sono disponibili dati estesi sull'intera area della Valle Pega relativi alla profondità della falda in metri dal p.c. o rispetto al l.m.m. ne quindi indicazioni sulle direzioni di drenaggio della falda. Le direzioni di deflusso dei corpi di bonifica sono invece verso Nord/Nord-Est (in sostanza cioè verso mare, come in precedenza riportato) ma, per quanto già sopra riportato non è scontato che le direzioni di deflusso sotterraneo siano (sempre e/o ovunque) sostanzialmente omologhe. Si riporta di seguito una serie puntuale di misure della profondità della falda relative ad un pozzo sito appena al di fuori di Valle Pega, serie che può dare una idea delle entità, da intendersi come meramente qualitative, delle variazioni della falda.

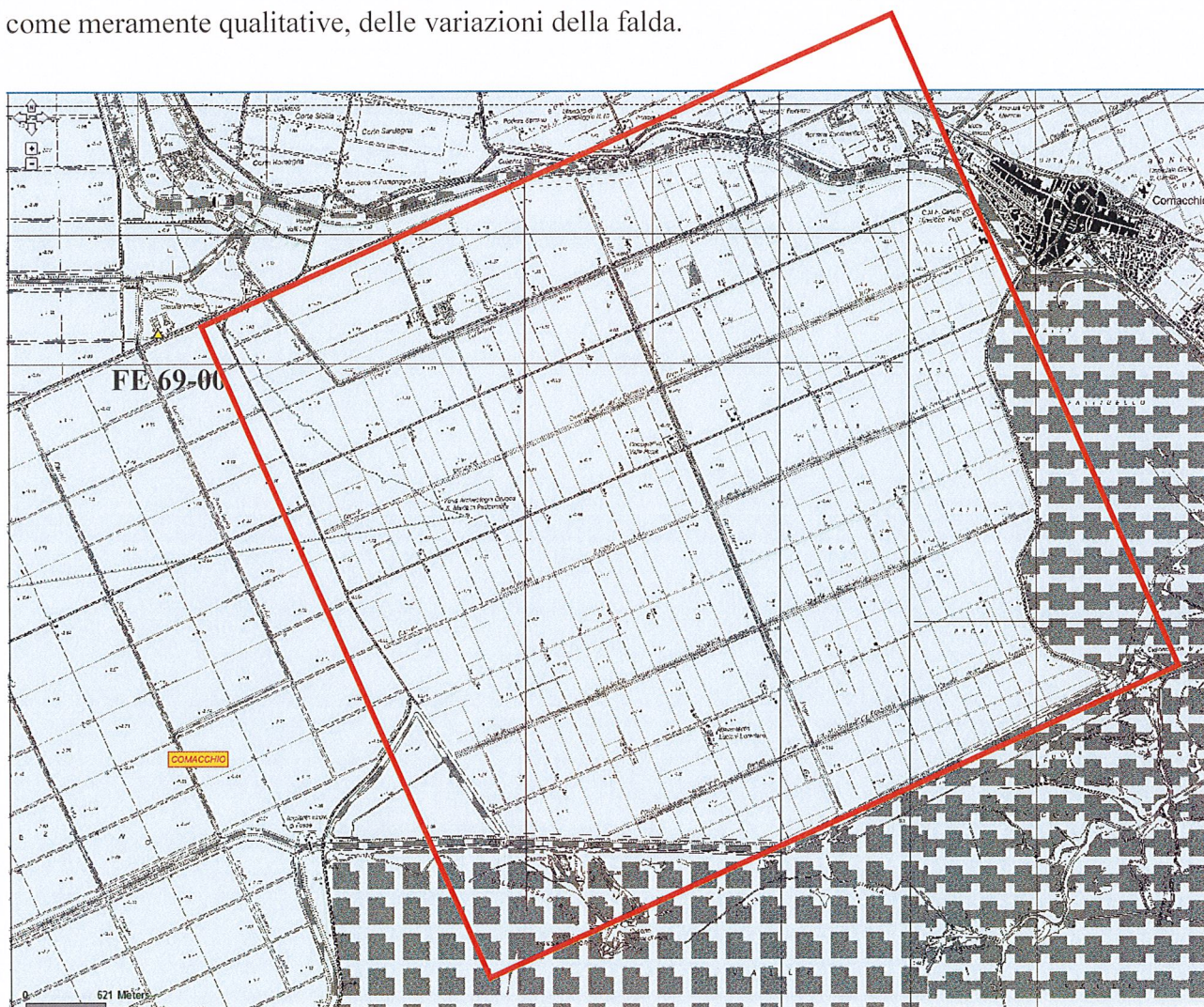
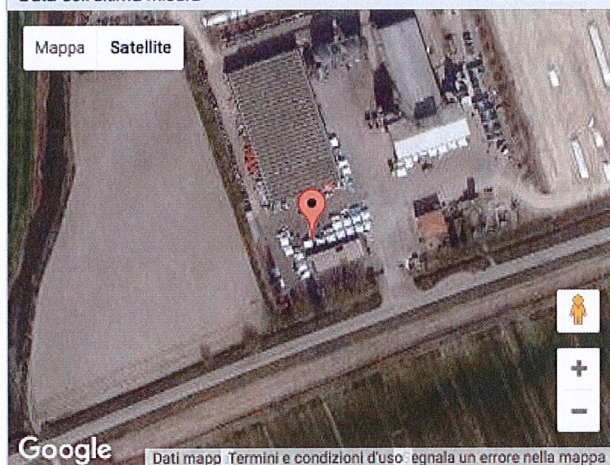


Fig. 20/1: Ubicazione a Scala Libera (base al 25 000) dell'ubicazione del Pozzo Fe 69-00, le cui misure saranno di seguito riportate.

Pozzo	
Codice	FE69-00
Nome della Banca Dati	Emilia-Romagna Region (Italy)
Profondità del pozzo	145.0 metri
Quota del piano di campagna	2.0 metri
Livello di riferimento	Livello medio del mare Adriatico
Sistema di riferimento	Coordinate UTM 32 Nord (Datum ED50)
Coordinata X	745150.0
Coordinata Y	4953250.0
Ente gestore	Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna
Ente responsabile	ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente - Regione Emilia-Romagna
Uso	Industriale
Data della prima misura	11-06-2002
Data dell'ultima misura	04-11-2009



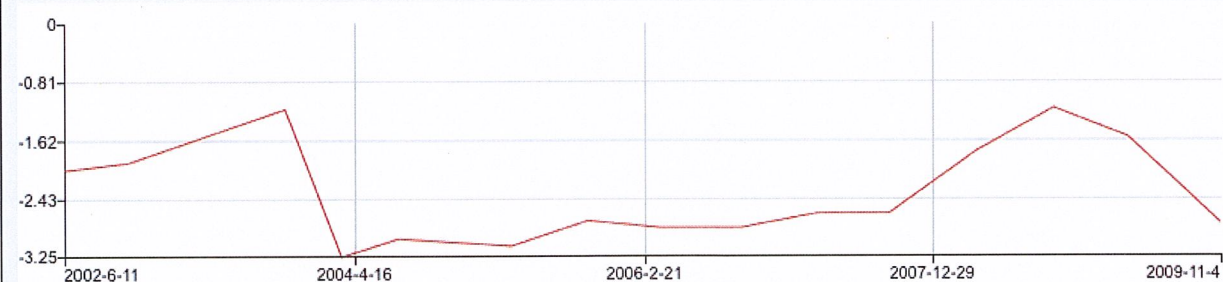
Livello piezometrico (metri s.l.m.) minimo: -3.25 massimo: -1.2

Acquifero (Classificazione secondo riserve idriche sotterranee RER) [Apri](#)

Codice A2

Grafico del Parametro: Livello piezometrico

Unità di misura metri



Data prelievo	Valore	Soggiacenza
04-11-2009	-2.79	1.7
01-04-2009	-1.59	0.5
08-10-2008	-1.19	0.1
09-04-2008	-1.79	0.7
19-09-2007	-2.65	4.65
04-04-2007	-2.65	4.65
05-10-2006	-2.85	4.85
30-03-2006	-2.85	4.85
13-10-2005	-2.75	4.75
19-04-2005	-3.1	5.1
29-07-2004	-3.0	5.0
17-03-2004	-3.25	5.25
05-11-2003	-1.2	3.2
05-11-2002	-1.94	3.94
11-06-2002	-2.04	4.04

Fig. 20/2: Variazioni del livello della falda nel Pozzo FE 69-00, come tratte dall'apposito data- base regionale.

Come visto, l'acquifero di riferimento è l'A2, come di seguito definito.

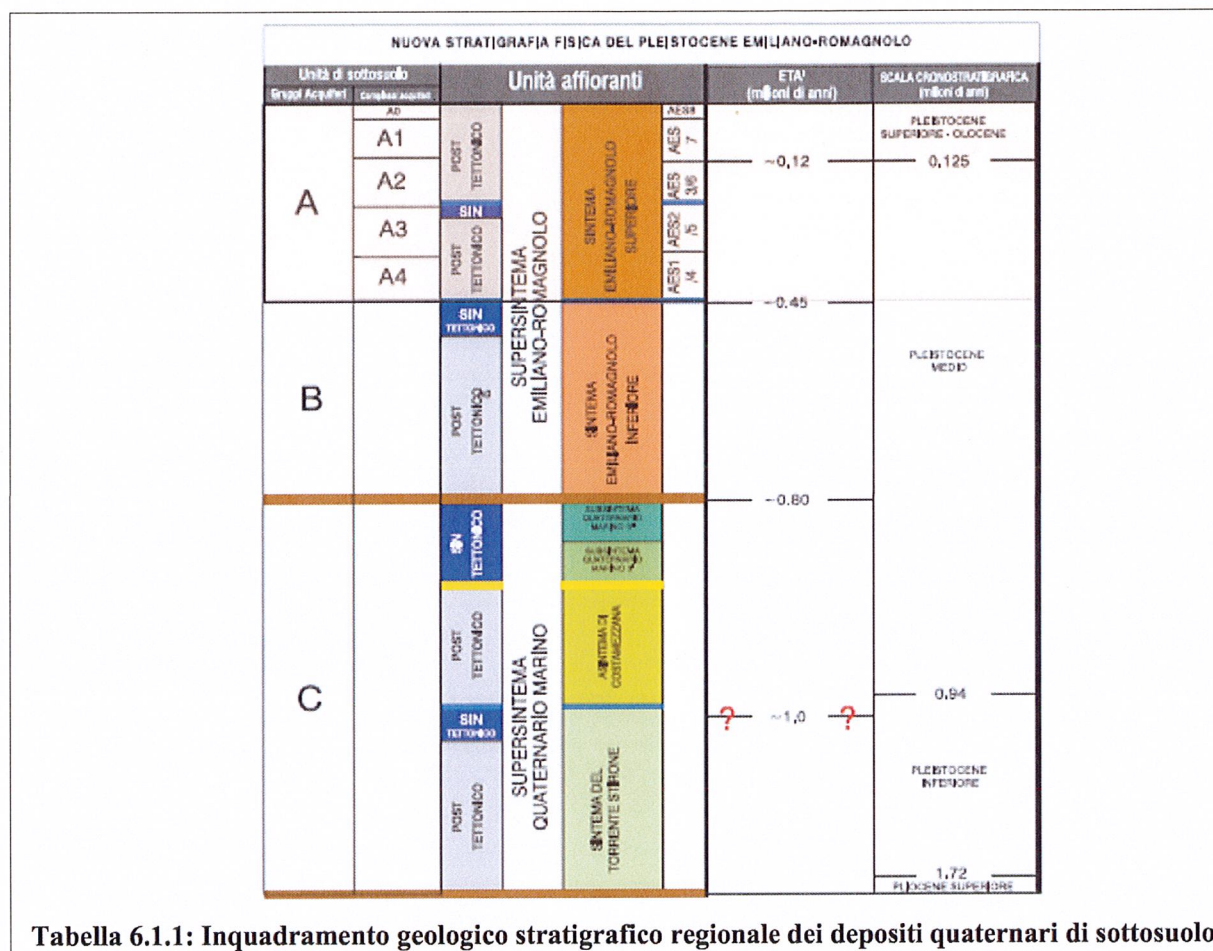


Fig. 21: Definizione stratigrafica dell'Acquifero A2, come tratto dal Piano di Tutela delle Acque della Provincia di Ferrara.

Più in dettaglio ma comunque in maniera del tutto indicativa si può proporre il seguente schema seppure riferito ad un'area più a Nord di Valle Pega. Schema prodotto dallo scrivente sulla base di proprie esperienze derivanti da altro incarico.

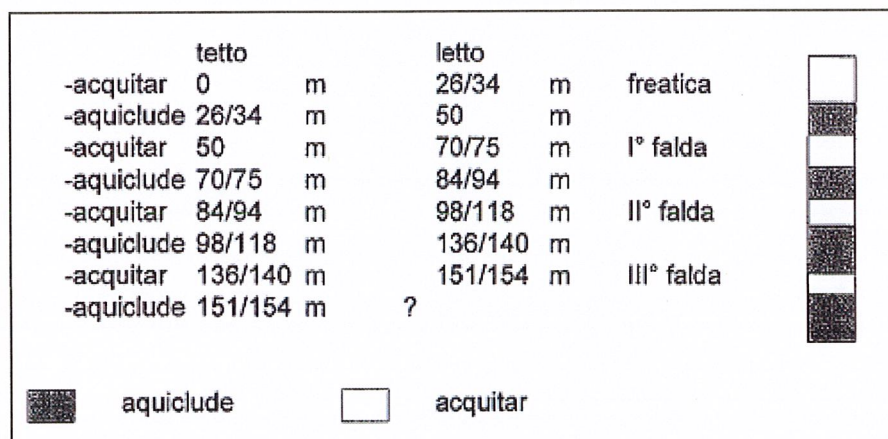


Fig. 22: schema idrogeologico di larga massima.

4. CONSIDERAZIONI SISMICHE

Valle Pega è inserita nel Comune di Comacchio, territorio individuato, a seguito dell'anno 2002 come di Zona Sismica 3, ovvero a bassa sismicità. La Città di Comacchio presenta però una storia sismica da tenere in considerazione, così come la geologia profonda dell'area che, si vedano le Figg. 4 e 7 (ed altre che saranno di seguito riportate), che presenta strutture tettoniche potenzialmente attive quali faglie profonde e sovrascorrimenti post Tortoniani. Anzi, come di seguito schematizzato l'area della Valle Pega è compresa fra un Sovrascorrimento riattivato (quindi attivo) a Nord- Est ed un Sovrascorrimento con possibili riattivazioni nella parte Sud- Ovest; l'area è poi attraversata in diagonale da una Fronte di accavallamento della Successione Carbonatica Meso- Cenozoica (come meglio riportato anche dalla seconda figura).

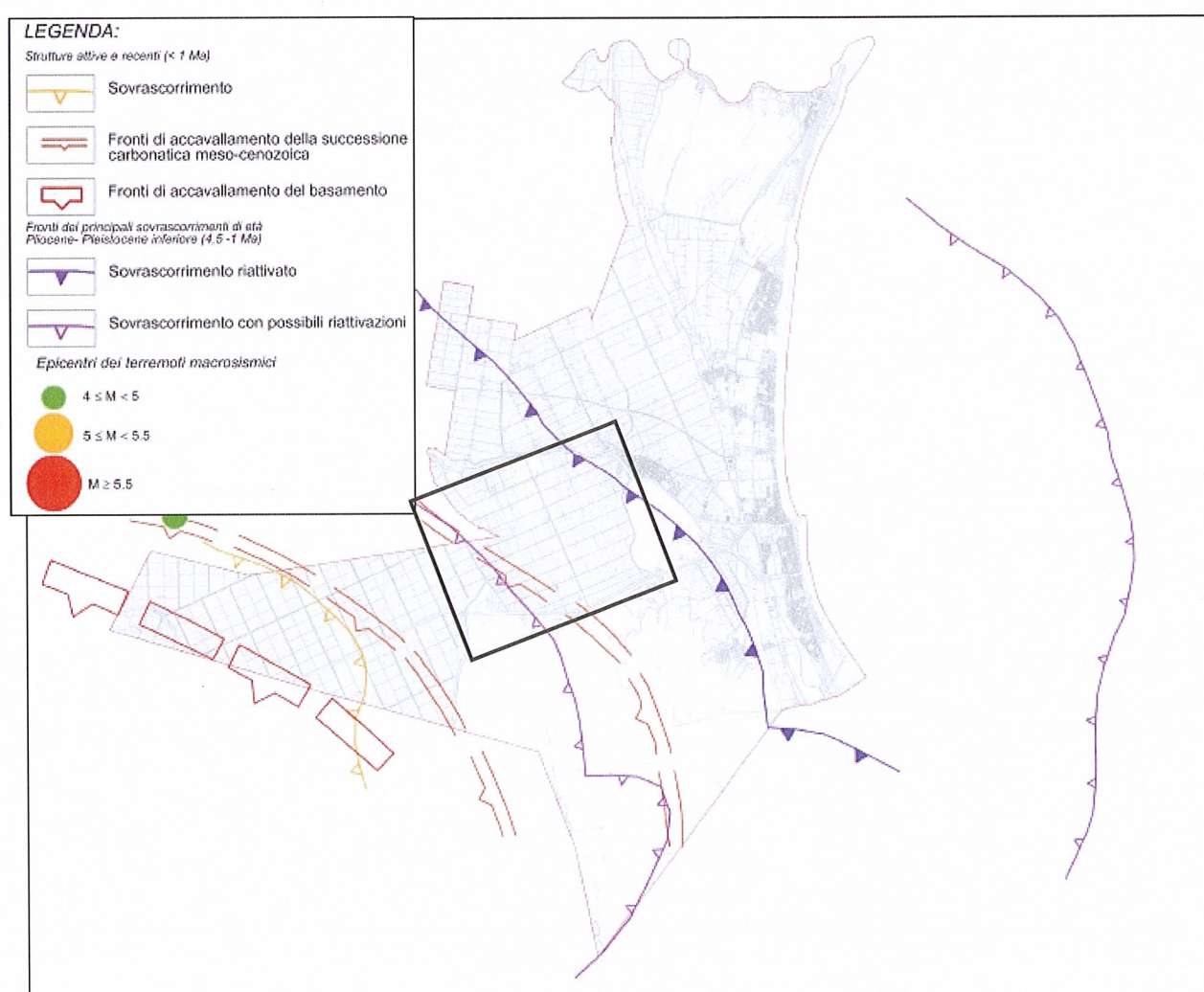


Fig. 22: schematizzazione a Scala Libera e Legenda della Carta Tettonica dell'Emilia- Romagna, come tratta dal Documento Conoscitivo del P.S.C. di Comacchio.

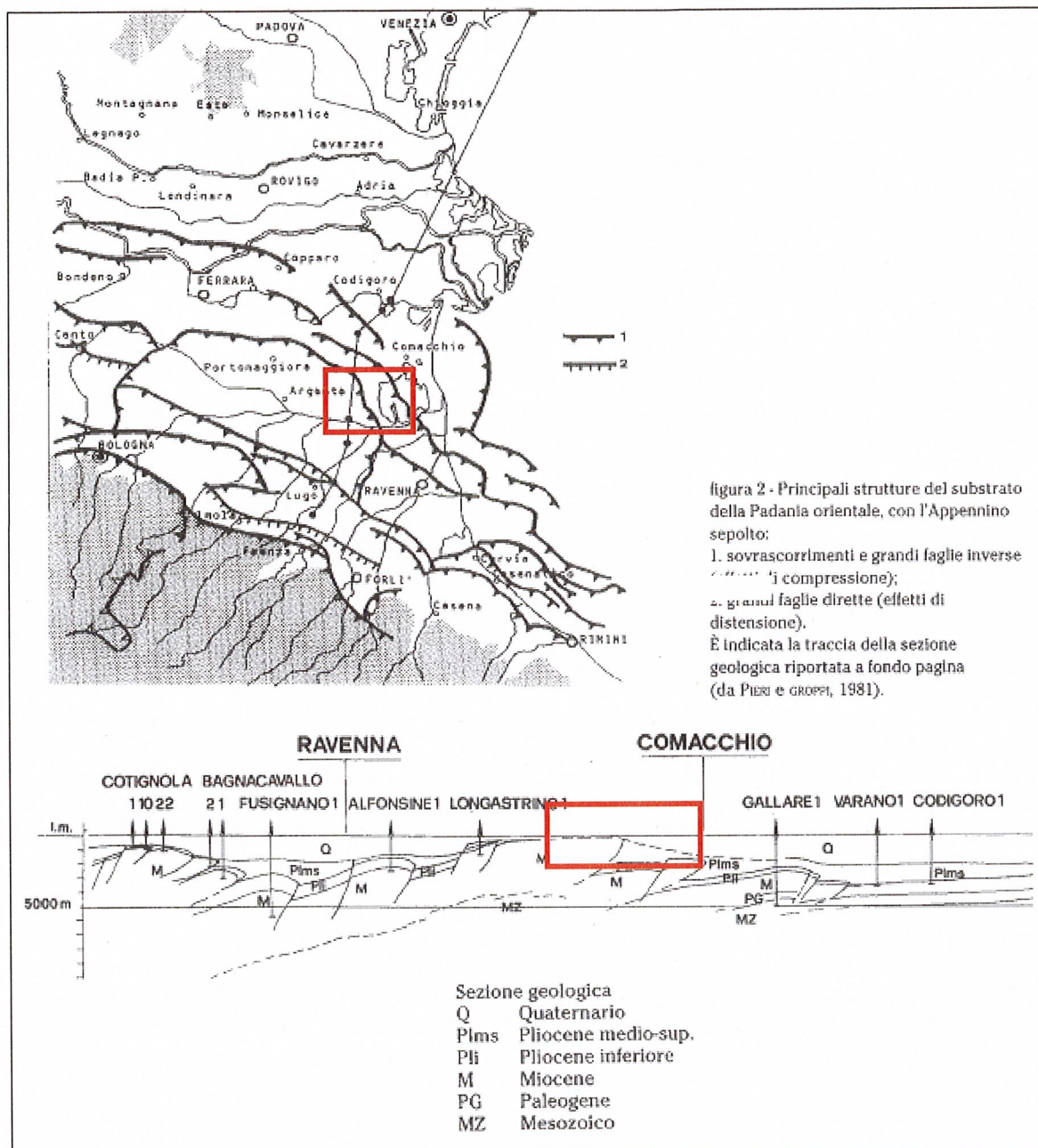


Fig. 23: Schema a Scala Libera e Legenda dell'Assetto Strutturale dell'area del Delta del Po. Come tratto dal Documento Conoscitivo del P.S.C. di Comacchio. E' evidente l'avvicinamento delle strutture Mioceniche al piano di campagna dell'area della Valle Pega (fra Longastrino e Comacchio).

Si aggiunga che l'Emilia- Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,50 e 6 e intensità massime risentite del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico. Tale sismicità è dovuta al processo ancora attivo di costruzione della catena appenninica. In particolare risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza- Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. (Boccaletti et al., 2004).

A seguito del terremoto del Molise del 2002, è stata elaborata una nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale e la progettazione in zona sismica non è più effettuata secondo zone di pari sismicità ma viene effettuata a partire dai valori assoluti di scuotimento del suolo attesi secondo la nuova mappa di pericolosità sismica (che verranno riportate alle figure seguenti). Il territorio del Comune di Comacchio è classificato come zona sismica 3 e ad esso è associato un valore di accelerazione massima al suolo compreso tra 0,005 e 0,150 g, sino all'anno 2002 non era (inspiegabilmente) classificato come zona sismica.

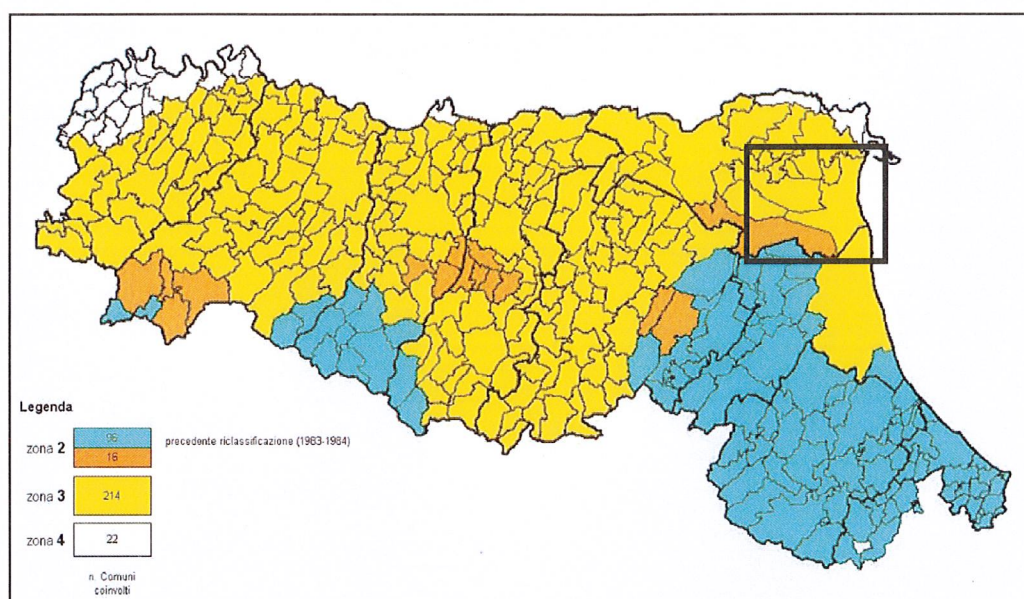


Fig. 24: Classificazione sismica del territorio regionale secondo l'OPCM 3274/2003. Il Comune di Comacchio (colore giallo, evidenziato dal riquadro nero), precedentemente non classificato, viene attribuito alla zona 2.

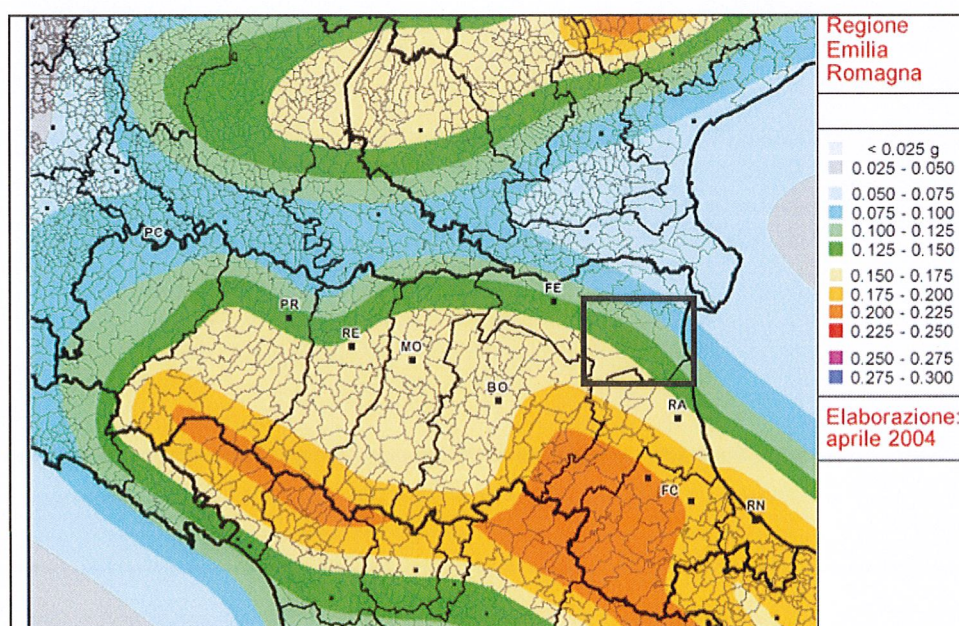
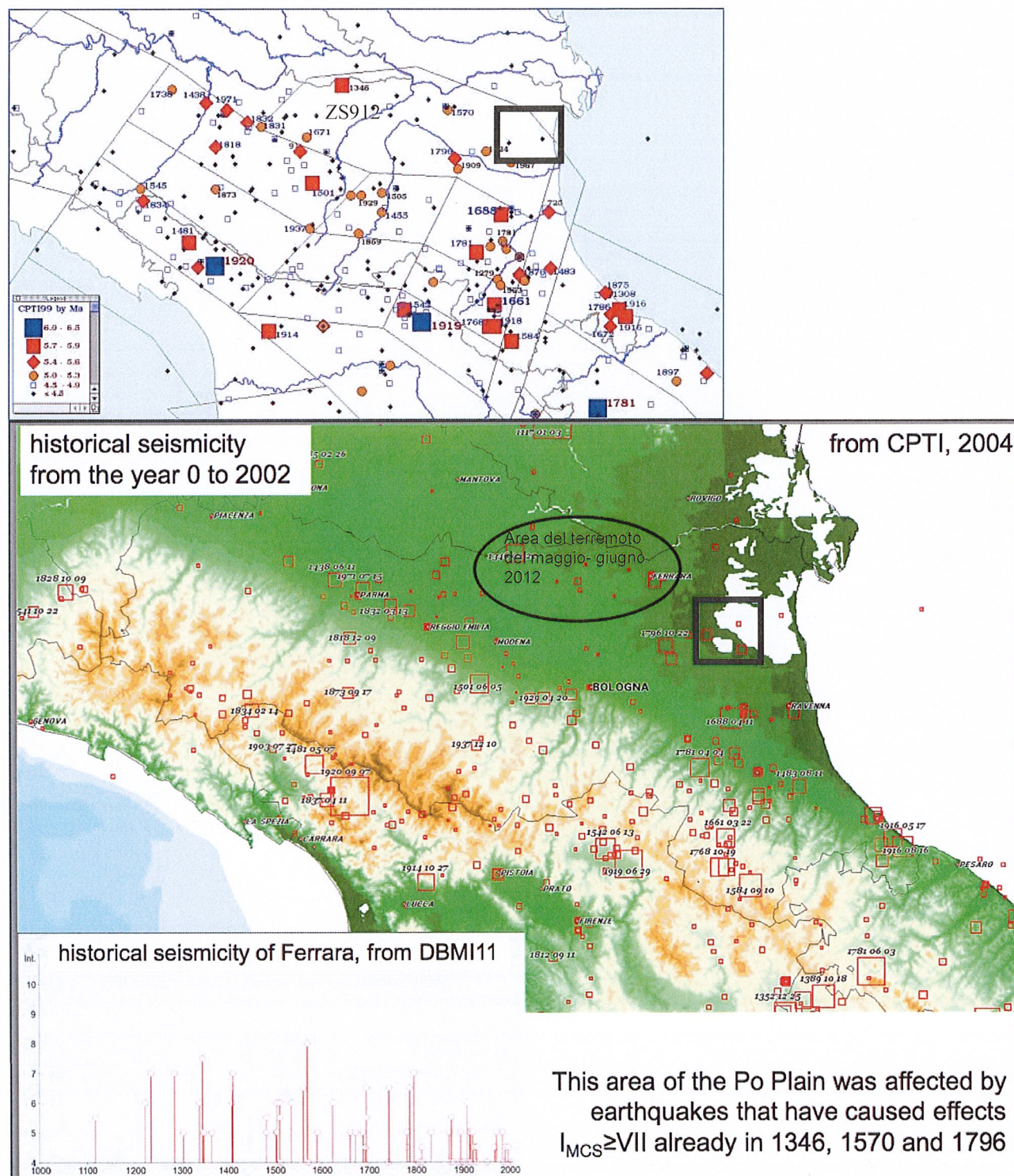


Fig. 25 Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Cat. A). All'area del Comune di Comacchio è associata un'accelerazione compresa tra 0,005 e 0,150 g. (Meletti & Montalbo, 2007).

Di seguito si riporta una mappa degli epicentri dei terremoti avvenuti nella Regione Emilia-Romagna dal XIII secolo ad oggi. Si può osservare che la maggior sismicità è concentrata nella zona dell'Appennino Romagnolo. Relativamente ai pressi (molto allargati invero) dell'area in esame (riquadro nero) si osservano alcuni eventi di magnitudo compresa tra 5.4 e 5.9 (Mw). L'area in esame è esterna alla Zona Sismica 912.

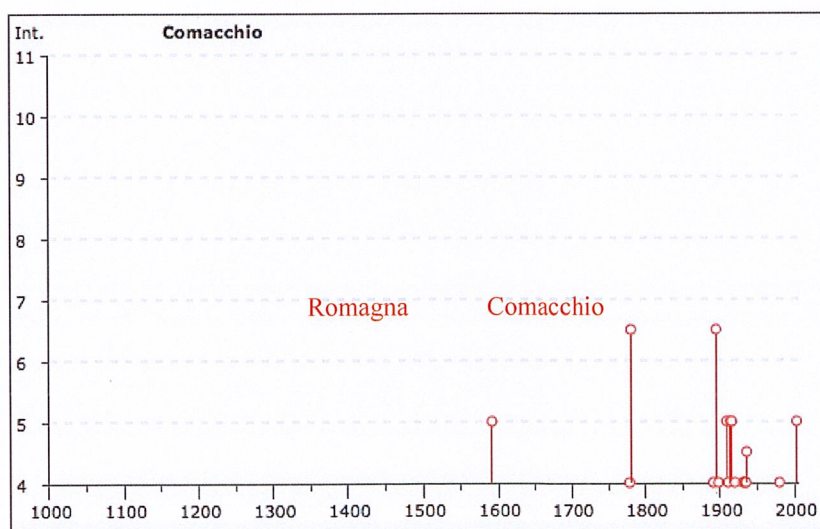


Figg. 26 e 27: Mappe degli epicentri dei terremoti avvenuti in Emilia- Romagna dal XIII sec. ad oggi per classi di magnitudo (CPTI 99). Scale Libere e differenti. La seconda figura riporta l'area del "cratere sismico" (come volgarmente ed imprecisamente denominato) di maggio-giugno 2012.

La città di Comacchio, in particolare ha registrato nel tempo numerosi (34) episodi sismici (ovvero i risentimenti locali, di qualsiasi tipo, di tali eventi), non tutti riconducibili alla ZS912 (si veda la Fig. 31) uno dei quali fra l'altro nominato proprio Comacchio (1895), al riguardo si rimanda alla seguente tabella, tratta dall'apposito sito dell'INGV.

Storia sismica di Com [44.694, 12.183]					
Numero di eventi: 34					
Effetti					
In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
5	1591 07 10	FORLÌ	6	6-7 5.19 ±0.79	
4	1770 11 23 18:30	Bolegnese	14	5 4.00 ±0.31	
6-7	1781 07 17 09:40	Romagna	46	8 5.58 ±0.26	
2	1889 03 03 02:53	Bolegnese	32	5 1.73 ±0.22	
4	1891 06 07 01:06	Valle d'Alba	403	8-9 5.68 ±0.08	
6-7	1895 03 23	COMACCHIO	37	6 4.74 ±0.31	
4	1898 01 16 12:10	Romagna settentrionale	73	6-7 4.79 ±0.33	
NF	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09	
2	1901 10 30 14:49	Salò	190	8 5.70 ±0.10	
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14	
NF	1907 04 25 04:52	Veronese	122	6 4.91 ±0.15	
NF	1908 07 10 02:13	Carnia	120	7-8 5.38 ±0.13	
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09	
4	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7 5.28 ±0.11	
NF	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5 4.84 ±0.20	
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09	
5	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14	
3	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09	
4	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09	
3	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09	
4	1931 03 27 02:46	Ferrarese	7	6 4.81 ±0.67	
4	1934 11 30 02:58	Alto Adriatico	51	5.34 ±0.17	
4	1935 06 05 11:48	Faentino	27	6 5.16 ±0.25	
4-5	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09	
F	1956 02 20 01:29	ARGENTA	32	5-6 4.82 ±0.18	
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09	
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10	
3-4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.89 ±0.09	
3-4	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09	
NF	2000 05 06 22:07	Emilia Romagna	84	5 4.17 ±0.09	
3	2000 05 08 12:29	Emilia Romagna	126	5 4.66 ±0.09	
NF	2000 05 10 16:52	Emilia Romagna	151	5-6 4.86 ±0.09	
5	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6 5.29 ±0.09	

Tab. 1: eventi sismici registrati per il Comune di Comacchio.



Figg. 28: storia sismica del Comune di Comacchio, L'Intensità Sismica (Is) massima localmente registrata è pari a 6,5. Di seguito si riporteranno i due eventi evidenziati: 1781 e 1895 (Comacchio) in quanto localmente sono i più significativi.

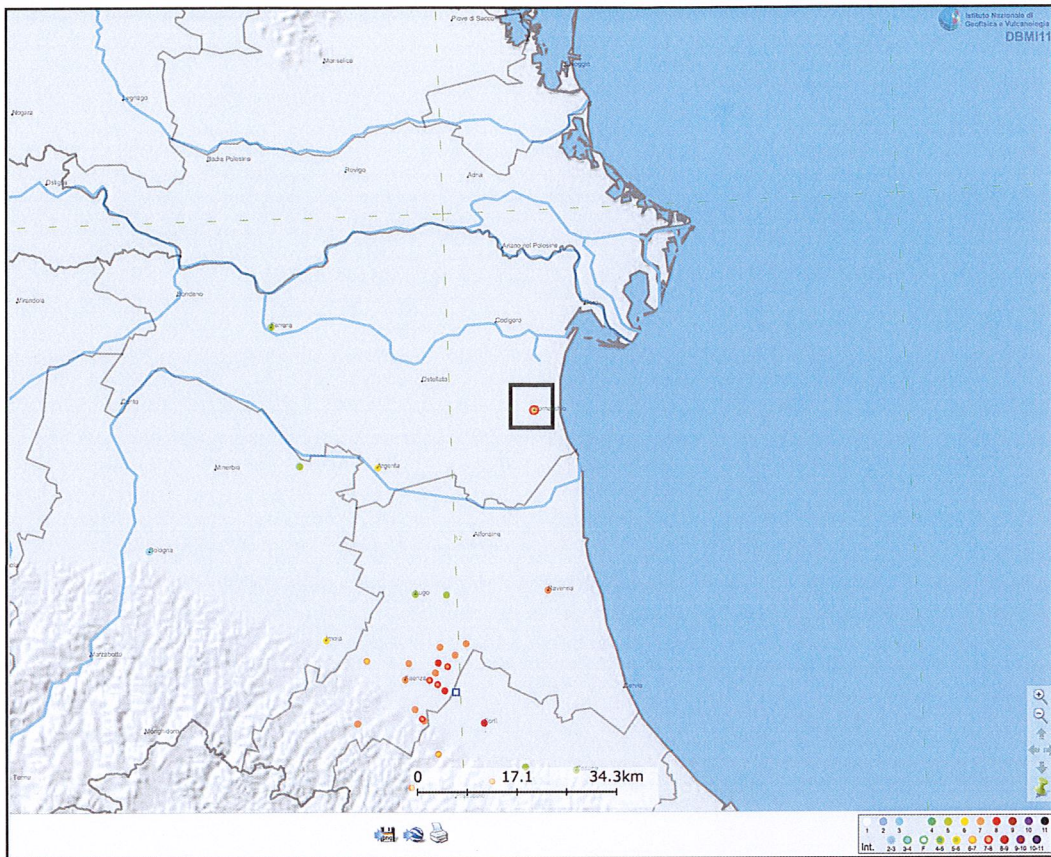


Fig. 29: evento del 17 luglio 1781 H 09:40: Romagna. Mw= 5,58 (da I.N.G.V., Guidoboni et al. 2007).

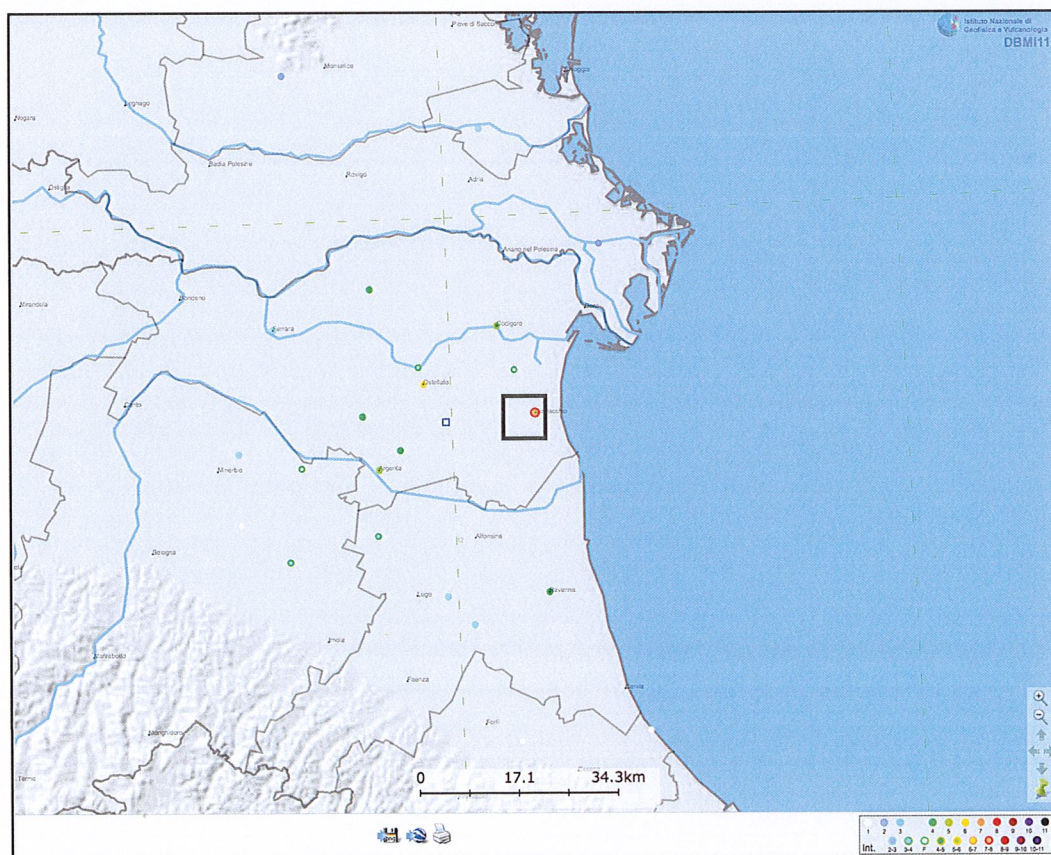


Fig. 30: evento del 23 marzo 1895 H 09:40: Comacchio. Mw= 4,74 (da I.N.G.V., Arch. Mac. GNDT, 1995).

Chiaramente nonostante la sequenza sismica di maggio (20 e 29) e giugno 2012 abbia sensibilmente modificato la cognizione di sismicità dell'area della Bassa Padana (che, seppur sottovalutata dagli strumenti di pianificazione regionale denota in realtà una storia sismica di non poco conto e di cui si dirà nel prosieguo della presente relazione e che avrebbe dovuto aver maggior considerazione generale, sia da parte della pianificazione che della stessa cittadinanza), per quanto riguarda il Comune di Comacchio non si sono avuti risentimenti locali e questo nonostante la scossa del 6 giugno, con epicentro in mare, di fronte a Ravenna. Di seguito si riportano immagini caratterizzanti gli eventi del 20 e 29/5 e 6/6.

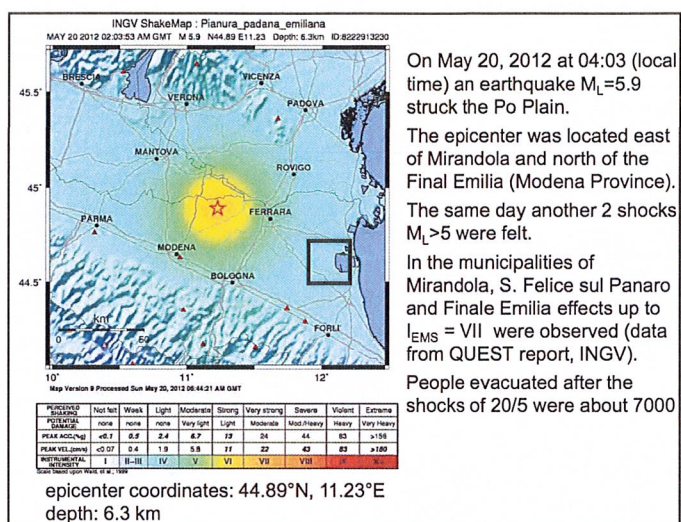


Fig. 31/1: Ubicazione degli epicentri degli eventi del 20 maggio 2012 e sviluppo areale delle relative intensità; il quadratino riporta l'area in esame, Scala libera (immagini tratte da L. Martelli- SGS Regione Emilia- Romagna; 7th Euregeo, Bologna 12- 15 Giugno 2012). Scala Libera.

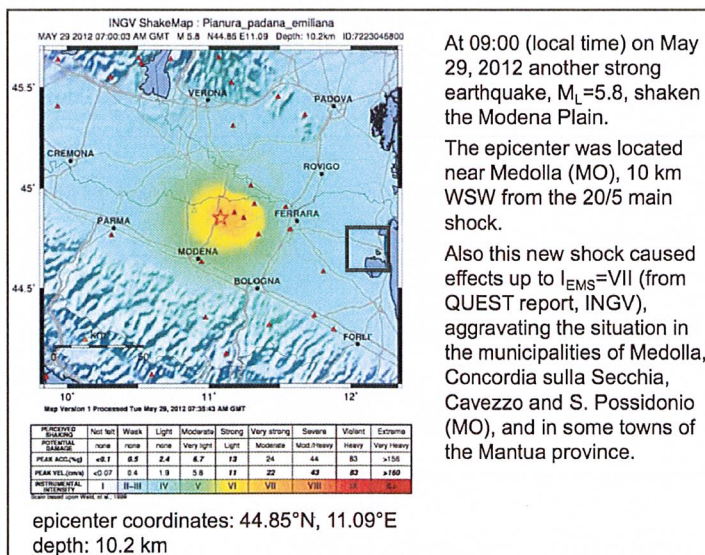


Fig. 31/2: Ubicazione degli epicentri degli eventi del 29 maggio 2012 e sviluppo areale delle relative intensità; il quadratino riporta l'area in esame, Scala libera (immagini tratte da L. Martelli- SGS Regione Emilia- Romagna; 7th Euregeo, Bologna 12- 15 Giugno 2012). Scala Libera.

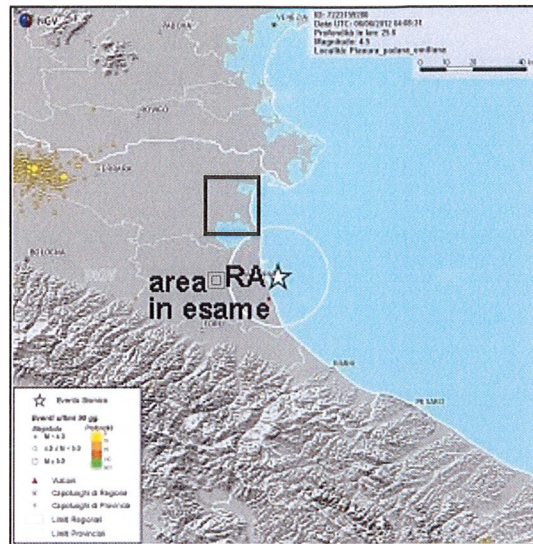


Fig. 31/3: Epicentro della scossa del 6 Giugno 2012. Scala libera.

La magnitudo attesa per il territorio del Comune di Comacchio (e di una ulteriore fascia molto estesa della Provincia di Ferrara) è pari a $M_w = 6,14$ circa, il valore è indicato dall'INGV, come riportato dalla seguente tabella. Si osservi però che tale valore è particolarmente penalizzante dato che in realtà il Comune di Comacchio è esterno alla ZS912 e dato altresì che la scala di misura delle magnitudo è logaritmica e che il valore di 6,14 è enormemente maggiore di 5,58 dell'evento del 1781 e soprattutto di 4,74 dell'evento del 1895, Comacchio (come riportati in precedenti Figg.).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	MwMax1	Tassi AR	MwMax2	b	Tassi da CO-04.2	Tassi da GR	Azione	Tassi GR adottati
Savoia	901	5.91	0.21	6.14	-1.18	0.14	0.11	A	0.11
Vallese	902	6.14	0.14	6.14	-1.26	0.14	0.19	A	0.14
Grigioni-Valtellina	903	5.91	0.21	6.14	-1.26	0.14	0.23	A	0.14
Trieste -Monte Nevoso	904	5.68	0.42	6.14	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.60	0.33	6.60	-1.05	0.11	0.37	B	0.37
Garda-Veronese	906	6.60	0.11	6.60	-1.14	0.11	0.11	A	0.11
Bergamasco	907	5.91	0.14	6.14	-1.71	0.14	0.03	C	0.04
Piemonte	908	5.68	0.21	6.14	-1.91	0.14	0.03	C	0.04
Alpi Occidentali	909	5.68	0.21	6.14	-1.27	0.14	0.10	A	0.10
Nizza-Sanremo	910	6.37	0.14	6.37	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Tortona-Bobbio	911	5.68	0.21	6.14	-1.47	0.14	0.05	A	0.05
Dorsale Ferrarese	912	6.14	0.12	6.14	-1.35	0.12	0.13	A	0.12
Appennino Emiliano-Romagn.	913	5.91	0.14	6.14	-1.80	0.14	0.07	A	0.07
Forlivese	914	5.91	0.57	6.14	-1.33	0.14	0.26	A	0.14
Garfagnana-Mugello	915	6.60	0.14	6.60	-1.34	0.14	0.11	A	0.11
Versilia-Chianti	916	5.68	0.21	6.14	-1.96	0.14	0.02	C	0.04
Rimini-Ancona	917	6.14	0.12	6.14	-1.04	0.12	0.43	A	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	6.37	0.14	6.37	-1.10	0.14	0.37	A	0.14
Appennino Umbro	919	6.37	0.25	6.37	-1.22	0.12	0.26	B	0.26
Val di Chiana-Ciociaria	920	5.68	0.28	6.14	-1.96	0.14	0.06	A	0.06
Etruria	921	5.91	0.14	6.14	-2.00	0.14	0.05	A	0.05
Colli Albani	922	5.45	0.42	5.45	-2.00	0.21	0.37	B	0.37
Appennino Abruzzese	923	7.06	0.14	7.06	-1.05	0.14	0.25	A	0.14
Molise-Gargano	924	6.83	0.17	6.83	-1.04	0.17	0.13	A	0.13
Ofanto	925	6.83	0.17	6.83	-0.67	0.17	0.28	A	0.17
Basento	926	5.91	0.21	6.14	-1.28	0.21	0.10	A	0.10
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	7.06	0.33	7.06	-0.74	0.17	0.43	B	0.43
Ischia-Vesuvio	928	5.91	0.21	5.91	-1.04	0.21	0.35	A	0.21
Calabria Tirrenica	929	7.29	0.17	7.29	-0.82	0.17	0.33	A	0.17
Calabria Ionica	930	6.60	0.17	6.60	-0.98	0.17	0.23	A	0.17
Canale d'Otranto	931	6.83	0.21	6.83	-0.63	0.21	0.22	A	0.21
Eolie-Patti	932	6.14	0.21	6.14	-1.21	0.21	0.25	A	0.21
Sicilia settentrionale	933	6.14	0.21	6.14	-1.39	0.21	0.20	A	0.20
Belice	934	6.14	0.21	6.14	-0.96	0.21	0.20	A	0.20
Iblei	935	7.29	0.12	7.29	-0.72	0.12	0.13	A	0.12
Etna	936	5.45	0.33	5.45	-1.63	0.33	0.57	A	0.33

Tab. 2: Tabella dell'INGV dal Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (Aprile 2004).

In realtà dalla di seguito riportata analisi di disaggregazione dei valori di M, relativa alle registrazioni storiche (di cui sopra) del territorio del Comune di Comacchio si potrà notare come il valore atteso di Mw sia pari a 5,29 (Ml= 5,11); nel complesso (si vedano le seguenti figure, relative allo studio di disaggregazione) l'assetto è il seguente:

- Ml compreso fra 4,0 e 4,5 riconduce a percentuali attese (di accadimento) comprese fra 7 e 9%;
- Ml compreso fra 4,5 e 5,0 riconduce a percentuali attese (di accadimento) comprese fra 15 e 20%;
- Ml compreso fra 5,0 e 5,5 riconduce a percentuali attese (di accadimento) comprese fra 11 e 15%;
- Ml compreso fra 5,5 e 6,0 riconduce a percentuali attese (di accadimento) comprese fra 5 e 7%;
- Ml > 6,0 riconduce a percentuali attese (di accadimento) comprese fra 0 e 1%.

Lo studio di disaggregazione indica anche le distanze epicentrali più probabili (che per il caso in esame sono comprese fra 10 e 20 Km).

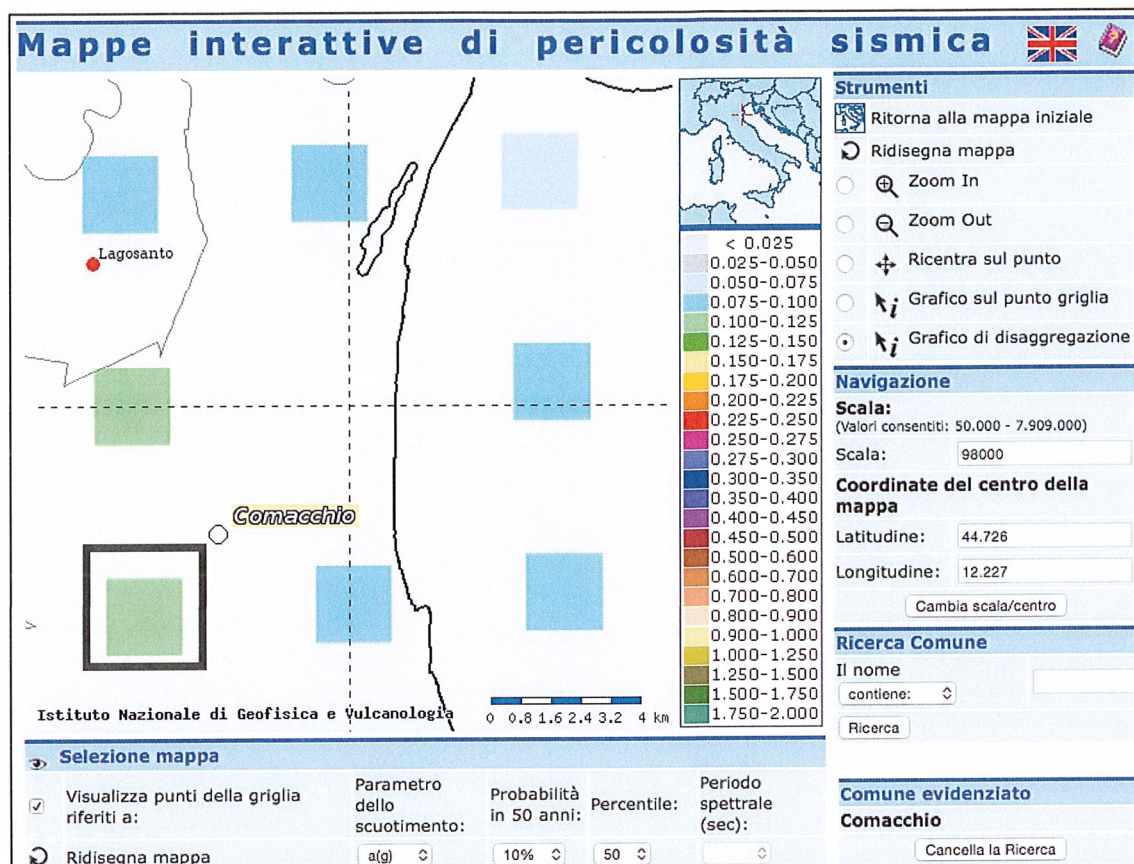
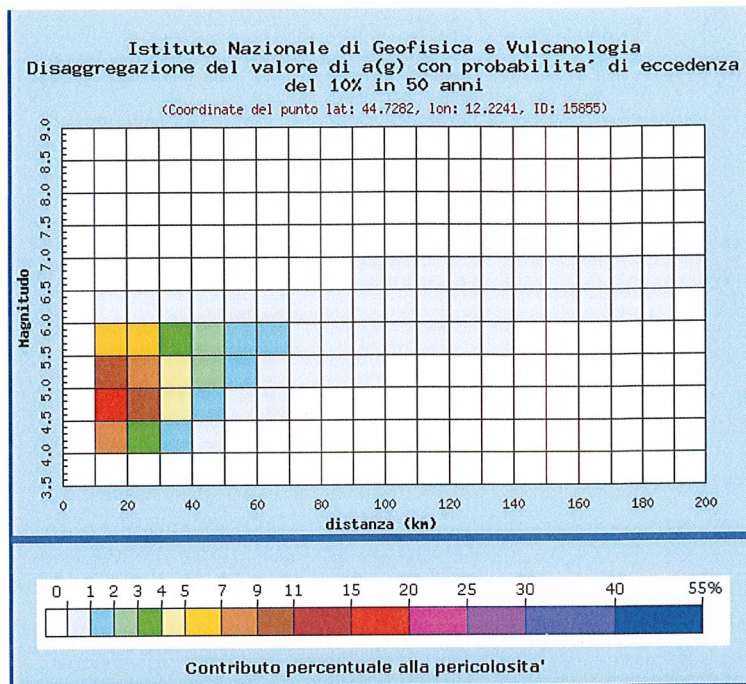


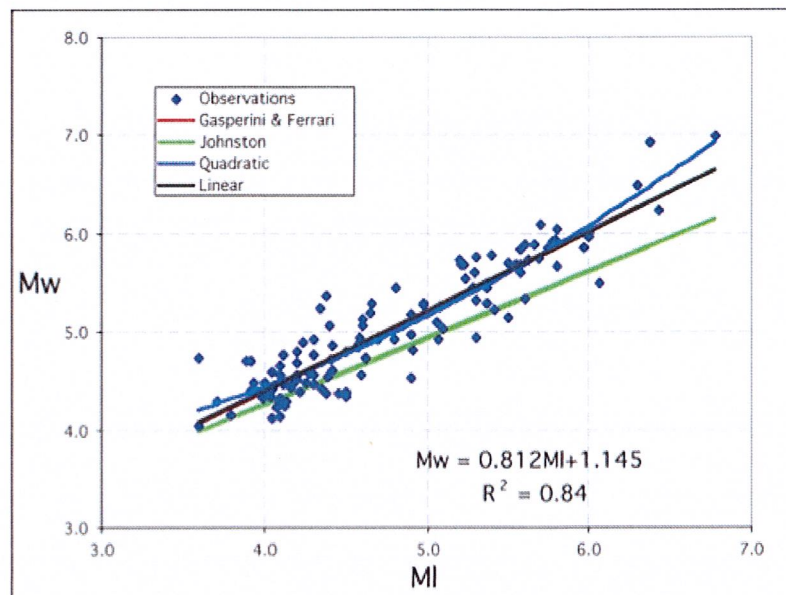
Fig. 32: studio di disaggregazione, ubicazione dell'area in esame.



Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7282, lon: 12.2241, ID: 15855)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	8.550	16.900	10.200	5.150	0.615	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	3.810	9.770	8.190	5.450	0.767	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.150	4.080	4.610	3.920	0.635	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.154	1.520	2.620	2.800	0.498	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.310	1.550	1.960	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.018	0.612	1.180	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.154	0.631	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.022	0.300	0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.116	0.112	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.166	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.156	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.113	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.074	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.110	27.300	1.200

Fig. 33 e Tab. 3: tabelle di disaggregazione dei valori di M per l'area in esame (tratte dal sito del Progetto DPC- INGV- S1). La Magnitudo riportata   la Magnitudo Locale M_L (Richter) da non confondersi con la Magnitudo Momento M_w . Le due scale misurano "oggetti" sostanzialmente diversi e sono quindi scarsamente comparabili. Il corrispondente valore di M_w pu  essere comunque inteso maggiore di 5, sulla base di correlazioni "qualitative" proposte da vari Autori. Per il caso in esame il valore di M sarebbe pari a 5,29. $M_w = 0,953M_L + 0,422$; $3,9 \leq M_L \leq 6,8$ (Yenier, Erdogan, Akkar- 2008), oppure pari a 5,29: $M_w = 0,812M_L + 1,145$; (INGV, 2004). Come riportato alla seguente figura.



Regressione tra Mw e ML. In nero la legge empirica utilizzata in CPTI2. Per confronto sono anche riportate: i) la regressione quadratica (blu); ii) le regressioni lineari ricavate da Johnston (1996) per le regioni continentali stabili (verde) e da Gasperini e Ferrari (2000) per l'Italia (rosso).

Fig. 34: grafico di regressione MI- Mw tratto dal Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV (Aprile 2004).

Si vuole comunque rimarcare come gli studi di disaggregazione come quello sopra proposto siano stati pesantemente superati dall'evento di maggio- giugno 2012, infatti anche i territori del sisma del maggio- giugno 2012 riportavano valori attesi di M_L lievemente inferiori a 5, in realtà poi il sisma realmente accaduto fu di $M_w = 5.9$. Quindi tale disaggregazione dovrà essere considerata come di pura segnalazione di quanto i metodi previsionali statistico probabilistici possano condurre a grossolane e pericolose sottostime (le percentuali di accadimento di cui sopra possono comunque ritenersi valide). Si consideri ad esempio che tali metodi partono fra l'altro dal presupposto che non possa avvenire evento maggiore di quanto già registrato, dove stia il fondamento scientifico di tale assunzione, resta un mistero che si camuffa come una semplificazione che parrebbe non sormontabile ma che di certo è pericolosamente fuorviante. E comunque il riferimento più corretto appare essere quello dell'INGV (in quanto maggiormente penalizzante), che dovrà essere utilizzato in eventuali verifiche alla liquefazione di orizzonti granulari saturi.

Si è quindi dimostrata la consistenza della sismicità di Valle Pega, che dovrà essere messa in rapporto alla possibilità di rischi co- sismici derivanti da liquefazione delle sabbie granulari, come visto ampiamente presenti in Valle Pega e dei cedimenti post- sismici delle argille soffici, anch'esse diffusamente presenti.

Di seguito si riporteranno considerazioni derivanti dal P.S.C. di Comacchio.

4.1. dai contenuti del P.S.C.:

Il P.S.C. del Comune di Comacchio riporta una serie di indicazioni (che saranno di seguito illustrate), relativamente all'area in esame. Ovvero:

- Per il territorio del Comune di Comacchio l'accelerazione orizzontale di picco (per $T = 0$) è pari a 0,103 g;

- secondo l'Atto di Indirizzo 112/07 per la Micro Zonazione Sismica della Regione Emilia-Romagna, l'area in esame era individuata come Costa 3. Secondo invece il recente Atto sostitutivo 2193/15 l'area deve essere individuata come Pianura 3, della quale di seguito si riporta Tabella dei Fattori di Amplificazione. Si dovrà assumere che l'apposita carta del P.S.C. (omessa per brevità) ove v'è l'individuazione delle aree Costa 3, si debba intendere che Costa 3 equivalga a Pianura 3. Per tali aree la Regione indica un Fattore d'Amplificazione (F.A.) per la P.G.A. (Peak Ground Acceleration) pari a 1,8 che si consiglia comunque di verificare all'atto dell'esecuzione di qualsiasi opera.

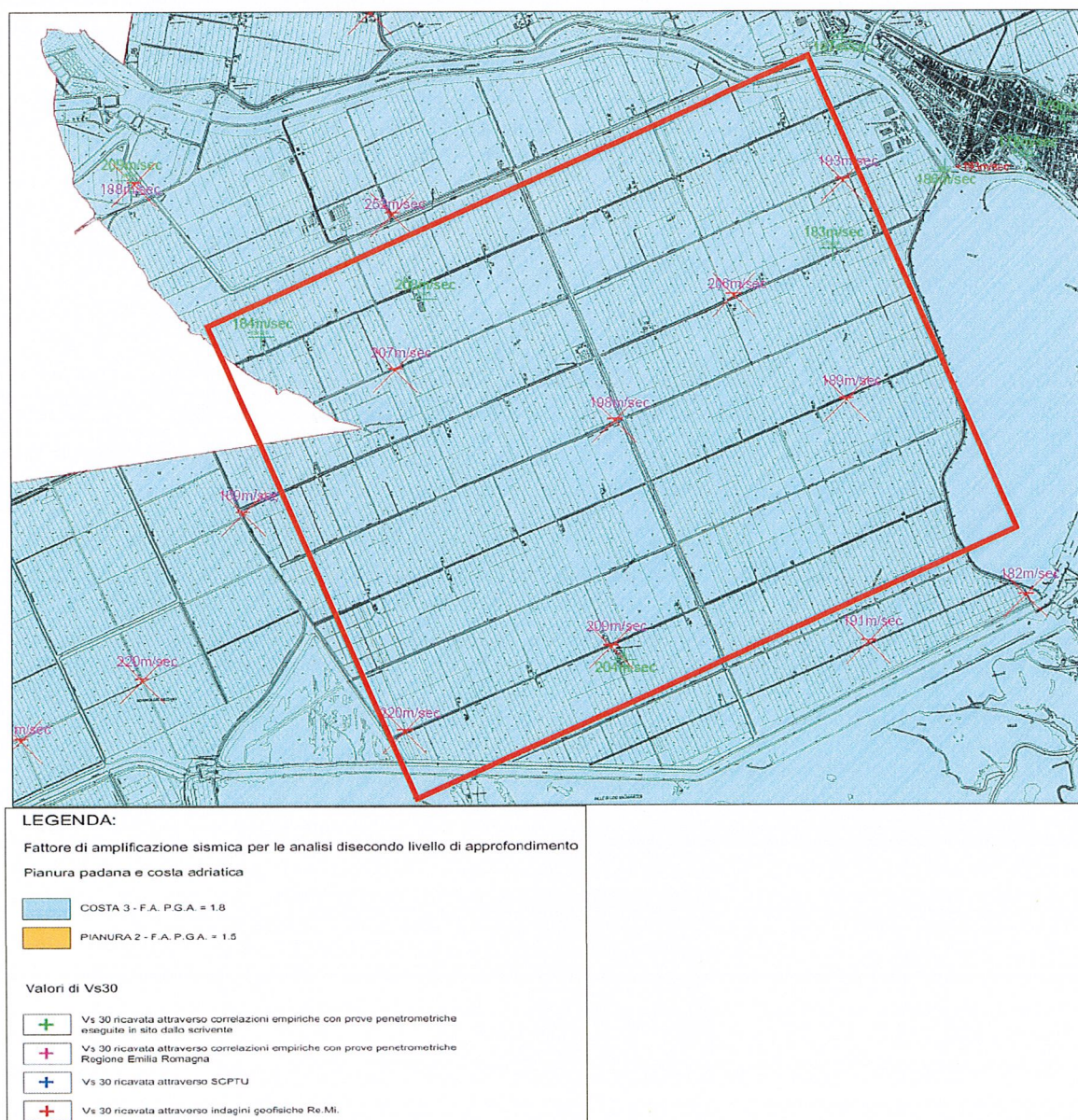


Fig. 35: Stralcio a Scala Libera Carta dell'Amplificazione Sismica e Valori di Vs30, del P.S.C. di Comacchio. La tavola di cui sopra riporta Valori di Vs30 indicativamente compresi fra 182 e 252 m/s.

Il range appare un pò troppo esteso (maggiore del 30%) e darebbe origine a Categorie di Suolo Sismico C (come da Tab. 3.2.II del D.M./N.T.C.), non si esclude invece che, soprattutto in corrispondenza dei depositi ALT/LAT (si vedano le Figg. da 6 a 11) i terreni possano piuttosto essere di Categoria D. Non si esclude poi (come già riportato in relazione ed anche più oltre) la possibilità di individuarsi terreni di categoria S1 e S2: Liquefazione, Argille Soffici. Si consiglia quindi di eseguire determinazioni locali della categoria di suolo e/o eseguire Studi di Risposta Sismica Locale (R.S.L.) che per i suoli S1 e S2 sono ad esempio obbligatori.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabb. 4: Tab. 3.2.II dal D.M./N.T.C. 2008.

In ambito costiero caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze, potenti anche decine di metri, di sabbie e peliti con intercalazioni di lenti e orizzonti di ghiaie (spessori metrici, fino a circa 20 m), sabbie costiere superficiali (con spessore fino a 10 m) e substrato profondo (>100 m da p.c.) (COSTA 3) si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

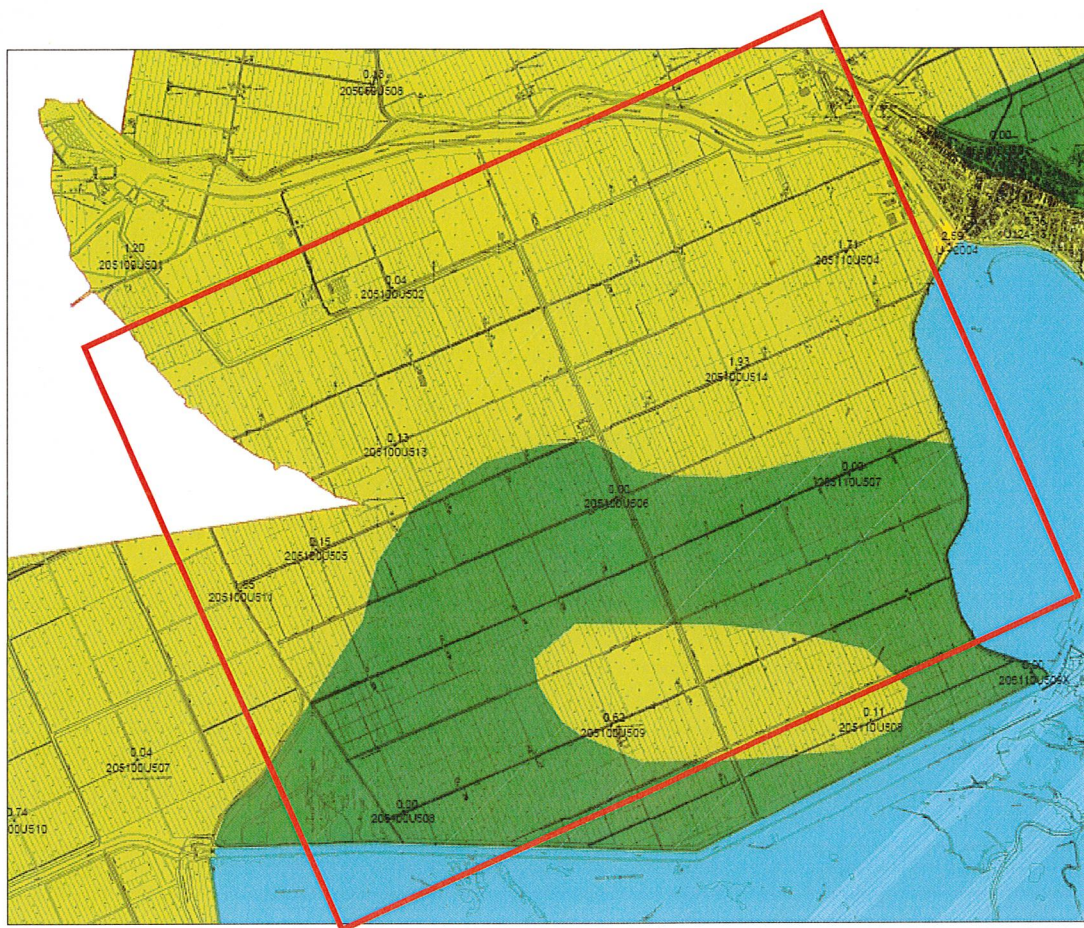
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.5	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0

Tab. 5: Fattori di Amplificazione dell'ambito Costa 3. Da Indirizzi per gli Studi di MicroZonazione Sismica in Emilia- Romagna per la Pianificazione Territoriale ed Urbanistica (D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015).

Il P.S.C. del Comune di Comacchio riporta anche indicazioni circa il rischio co- sismico da liquefazione degli orizzonti saturi granulari (che come già ampiamente illustrato caratterizzano fortemente la stratigrafia locale). Di seguito si riportano le apposite cartografie dello strumento di pianificazione, più oltre si riporteranno ulteriori commenti e considerazioni relative all'area in esame.



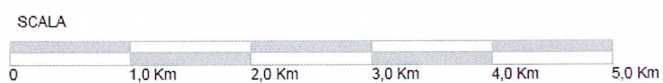
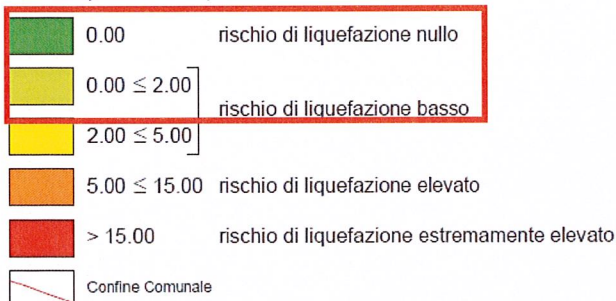
LEGENDA:

TR=475 anni

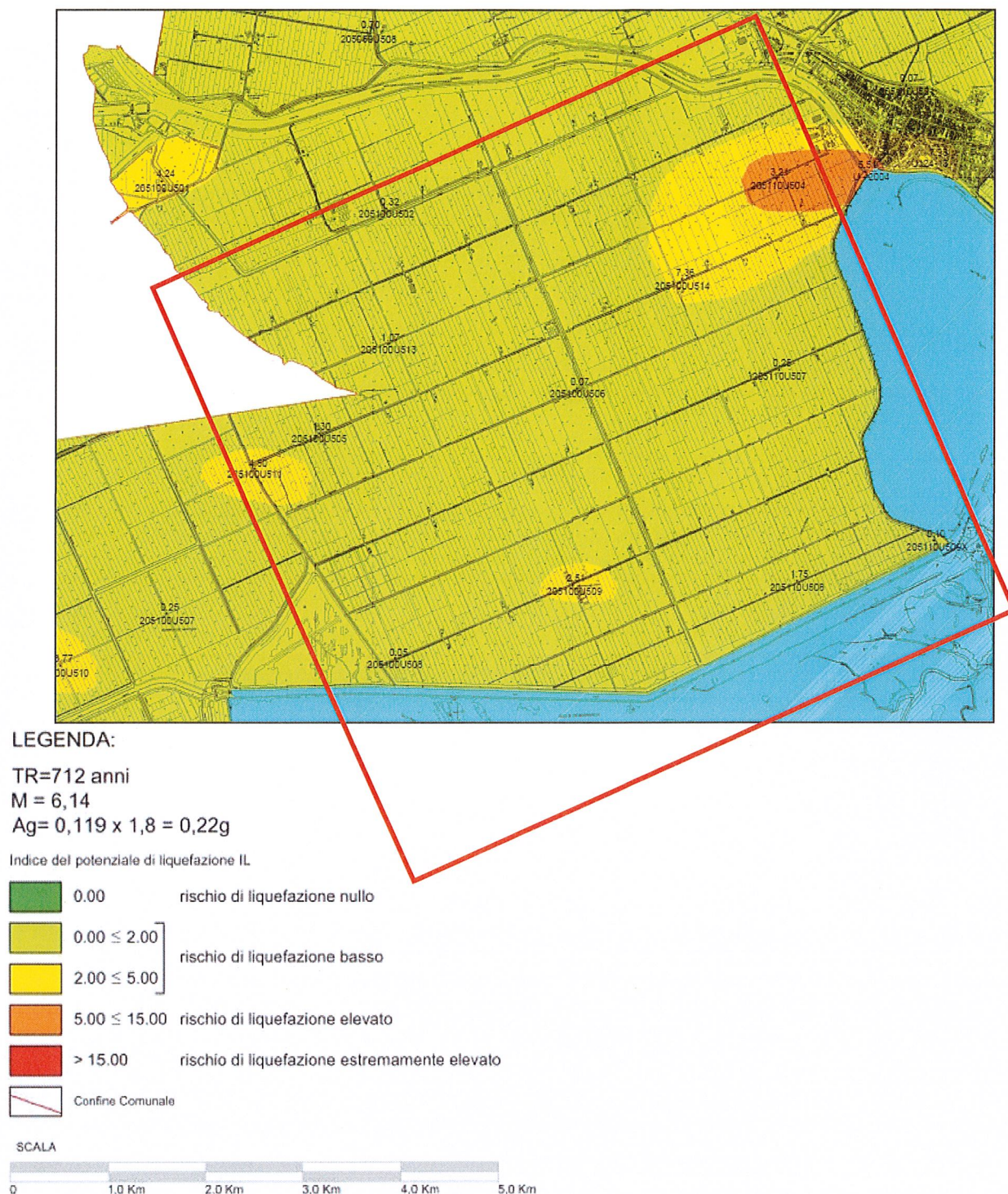
M = 6,14

Ag= 0,103 x 1,8 = 0,18g

Indice del potenziale di liquefazione IL



Figg. 36: Stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. GEO.DP.2.7.: Indice del Potenziale di Liquefazione per Tr= 475 AA., del P.S.C. di Comacchio.



Figg. 37: Stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. GEO.DP.2.7.: Indice del Potenziale di Liquefazione per Tr= 712 AA., del P.S.C. di Comacchio.

Per l'area di Valle Pega (e per Tr= 475 AA.) si può considerare un rischio co- sismico derivante da liquefazione degli orizzonti granulari saturi compreso fra Nullo e Molto Basso, che possono cioè considerarsi trascurabili. Per Tr= 712 AA. Compare una ristretta zona (orientale, di fronte a Comacchio) di Valle Pega per il quale il Rischio è compreso fra Medio e Elevato.

Si osservi che anche il nuovo Atto di Indirizzo (2193/15) riporta che per valori di $IL < 2$ il Potenziale di Liquefazione è da considerarsi Basso (si deve però osservare come il nuovo Atto, dia nuove indicazioni per il calcolo dell'IL). Ciò considerato e data comunque la (già ampiamente citata)

difformità stratigrafica riscontrabile sull'area di Valle Pega, si consiglia di eseguire apposite verifiche, come richieste dal D.M./N.T.C. qualora si sia in corrispondenza di depositi granulari saturi.

Circa il rischio co- sismico derivante da cedimenti post- sismici di argille soffici, il tema richiede trattazioni locali qualora il valore di C_u sia inferiore a 70 KPa e valori di IP maggiori o uguali a 30% e qualora si preveda un incremento delle pressioni interstiziali maggiori o uguali a 0,3 all'atto di un terremoto (di riferimento). Occorrerà cioè realizzare apposite indagini comprendenti la raccolta di campioni indisturbati di terreno ed apposite analisi di laboratorio geotecnico.

Relativamente alla liquefazione si può invece brevemente aggiungere quanto segue:

Il fenomeno della liquefazione determina una diminuzione della resistenza al taglio e/o della rigidità, nei litotipi granulari, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico e tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Le Norme Tecniche annesse alla vigente Normativa Sismica (l'Ordinanza 3274, 3316 e ss., già più volte citate) impongono detta verifica quando “la falda freatica si trovi in prossimità della superficie (p.c.) ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo- argillosa”, “Nel caso di edifici con fondazioni superficiali tale verifica può essere omessa per litotipi suscettibili che si trovino a profondità maggiore di 15 m dal p.c.” “Tale verifica si può altresì omettere nel caso $S_a < 0,15$ g e contemporaneamente il litotipo potenzialmente liquefacibile soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:” -contenuto d'argilla $> 20\%$ con IP (Indice Plastico) > 10 ; -contenuto di limo $> 35\%$ e $N_{spt} > 20$; -frazione fine trascurabile e $N_{spt} > 25$, (dove IP =Indice Plastico, N_{spt} =Resistenza Penetrometrica normalizzata alla prova N_{spt} in foro). La normativa impone che quando nessuna delle precedenti condizioni risulti soddisfatta si debba procedere alla verifica mediante i metodi generalmente accettati dalla Ingegneria Geotecnica.

Occorrerà quindi valutare, per ogni singolo intervento il valore di S^*_a/g o di PGA, o utilizzando Categoria di Suolo (come da D.M./N.T.C.) localmente determinata (tramite apposite indagini o tramite Studi di Risposta Sismica Locale R.S.L.) ed il terremoto di riferimento (comunque già riportato nella presente relazione. Le valutazioni dovranno essere fatte sulle risultanze di prove in sito, preferibilmente Prove Penetrometriche C.P.T.U. ed apposite analisi di Laboratorio Geotecnico volte ad individuare le caratteristiche granulometriche e di plasticità dei terreni indagati.

Dr. Geol. Antonio Mucchi

