Comune di Ferrara

Servizio Qualità edilizia
Piazza del Municipio, 21
44121 - Ferrara

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
RELATIVO ALL'AREA VIA FERRARESI - VIA VENEZIANI -VIA RESPIGHI - VIA TASSONI
SCHEDA DI POC 4ANS-01

PUA
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

La Proprietà

PAROFIN s.r.l.
Via Pietro Mascagni, 1
20122 MILANO

Protocollo Uff. Tecnico

Geologia:

Synthesis s.r.l
Dott. geol Emanuele Stevanin

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA: 30_09_2015

ELABORATO
RG

SCALA
-

LAVORO
PARO15032

N.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	R.GEOL	30_09_2015	ES	ES	ES
2					
3					
4					

geologia · idrogeologia · geotecnica · procedure e consulenze gestione siti contaminati

synthesis

Synthesis s.r.l.
Piazza del Popolo, 13 int. 5
44034 Copparo (Ferrara)
tel. 0039 0532 860546
fax 0039 0532 385035
info@synthesissrl.com

www.synthesissrl.com

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI FERRARA

PAROFIN s.r.l.

Via Pietro Mascagni civ. 1

Milano

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

AREA VIA FERRARESI – VIA VENEZIANI – VIA RESPIGHI – VIA TASSONI

SCHEDA DI POC 4ANS-01

- MODELLO GEOLOGICO E MODELLO GEOTECNICO -

Tecnico incaricato

Dr. Geol. Emanuele Stevanin

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
EMANUELE STEVANIN
Emilia Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 513 ALBO. P.

Collaboratrice

Dr. Geol. Emma Biondani

Località

Ferrara

Data

22 settembre 2015

Rif. 165/15-ES-Rev00

INDICE

PREMESSA **4**
1. INQUADRAMENTO GENERALE **7**
1.1. Ubicazione del sito **7**
1.2. Intervento previsto **7**
1.3. Normativa di riferimento **7**
2. MODELLO GEOLOGICO **13**
2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali **13**
2.2. Storia geologica del territorio **24**
2.3. Forme del terreno e caratteri geomorfologici **28**
2.4. Subsidenza **33**
2.5. Rischio geologico **34**
2.6. Caratteri idrogeologici e idrologici **34**
2.6.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE 40
2.7. Campagna di indagini **41**
2.7.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO SISMICO (SCPTU) 41
2.7.2. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO (CPTU) 41
2.7.3. CAMPIONI TERRENO ED ANALISI EFFETTUATE 42
2.8. Campagna geognostica - Risultati **47**
2.8.1. CARATTERI LITOLOGICI 47
2.8.1.1. Modalità di valutazione – SCPTU e CPTU **47**
2.8.1.2. Definizione delle unità litotecniche – SCPTU e CPTU **49**
2.8.1.3. Campioni di terreno – risultati analitici **58**
2.9. Analisi vincolistica **59**
2.9.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO 59
2.9.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) 59
2.9.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.) 59
2.10. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale **62**
2.11. Aspetti geodinamici e sismicità **64**
2.12. Aspetti sismici di dettaglio **80**
2.12.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E DETERMINAZIONE DELLA VS30 80
2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 85
2.12.3. CLASSE D'USO 85
2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI 86
2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma **87**
2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale **87**
2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda **88**
2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno **89**
2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica **90**
2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO E STIMA CEDIMENTI INDOTTI 92
2.12.6. STIMA DEI CEDIMENTI DEI TERRENI GRANULARI NON SATURI 118
2.12.7. STIMA DEI CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI 118
2.13. Note e prescrizioni **119**
3. MODELLO GEOTECNICO **121**
3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche **121**
3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche **121**

3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni **121**
3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE 121
3.4. Note conclusive **128**
4. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE **131**
4.1. Descrizione risultati analisi di laboratorio geotecnico **131**
4.2. Dimensionamento preliminare della sovrastruttura stradale **132**
4.3. Determinazione spessori principali – campione C1 = 17.4 **133**
4.4. Spessori progettuali minimi proposti **134**
4.5. Note conclusive **136**

PREMESSA

Su incarico della **Ditta Parofin S.r.l.**, con sede in 20122 Milano, via Pietro Mascagni civ. 1 e su indicazioni del Progettista **Arch. Arturo AUGELLETTA** dello studio Mate Engineering con sede legale e operativa in 40122 Bologna, via San Felice civ. 21, è stato effettuato il presente lavoro, parte integrante di un Piano Urbanistico Attuativo relativo ad una zona sita in Ferrara – via Ferraresi - via Veneziani – via Respighi – via Tassoni, distinta in due aree separate.

Scheda di POC 4ANS-01.

A supporto dello studio sono state utilizzate le risultanze di indagini precedentemente effettuate in corrispondenza del sito per la formazione del POC, inoltre sono state eseguite ulteriori n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono, un'indagine geofisica, ed effettuate analisi su campioni di laboratorio prelevati in sito per mezzo di un campionatore ad infissione. Sono state anche utilizzate n. 1 prova penetrometrica statica con piezocono e n. 1 prova penetrometrica statica con piezocono sismico, eseguite per la progettazione di interventi su un immobile adiacente all'area di insediamento residenziale.

Le indagini sono state effettuate al fine di integrare le conoscenze derivanti dai dati bibliografici a disposizione, allo scopo di ricavare indicazioni in merito alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici ed alla pericolosità geologica del sito in esame, nonché per ricostruire il modello geologico e sismico, il modello geotecnico preliminare relativo al sito, ed eseguire un'analisi di risposta sismica locale, mediante approccio numerico non semplificato.

La modalità d'indagine ed i risultati ottenuti sono descritti ed analizzati nel presente rapporto, costituito dalle seguenti parti principali:

- Parte Prima – Inquadramento generale
- Parte Seconda – Modello Geologico
- Parte Terza – Modello Geotecnico
- Parte Quarta – Dimensionamento preliminare della sovrastruttura stradale

Lo scrivente è stato incaricato da Synthesis s.r.l. per la consulenza e la predisposizione del presente elaborato.

- Parte Prima -

INQUADRAMENTO GENERALE

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1. Ubicazione del sito

La zona in corrispondenza del quale è previsto l'intervento, è ubicata ad ovest/sud-ovest della città di Ferrara.

Più precisamente, l'area principale è ubicata fra le via Veneziani, Aldo Ferraresi, Respighi e Tassoni, circa 2.50 km a sud-ovest rispetto a Piazza Trento e Trieste, circa km 6.60 in direzione sud rispetto a Piazza Bruno Buozzi di Pontelagoscuro e circa km 2.30 a nord/nord-est rispetto all'abitato di Chiesuol del Fosso, poche centinaia di metri ad est rispetto alla linea ferroviaria Bologna-Padova.

L'area di minori dimensioni è ubicata poco più a nord, ad ovest rispetto a via Ferraresi e a est rispetto alla linea ferroviaria.

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, il terreno in esame è localizzato nel Foglio 159, Mappali 532 e 195 e nel Foglio 191 Mappale 1018 del Comune di Ferrara.

1.2. Intervento previsto

Con il progetto al quale fa riferimento il presente studio, si prevede la realizzazione di un nuovo insediamento residenziale in Via Veneziani, la riqualificazione e ampliamento del distributore di carburanti di Via Ferraresi, la cessione dell'area di sedime dell'isola ecologica di via Ferraresi, la cessione di aree da destinare a verde pubblico di mitigazione e compensazione ambientale, il completamento della riorganizzazione dello svincolo fra le via Ferraresi e Beethoven prevista dal piano particolareggiato vigente per l'adiacente area terziaria, produttiva e commerciale.

Nello specifico, oltre ai parcheggi di uso pubblico, alle attrezzature e spazi collettivi, alle aree di mitigazione e compensazione ambientale è prevista la realizzazione di n. 100 alloggi di massimo 10 piani fuori terra, oltre al piano autorimesse seminterrato. Da evidenziare che, in relazione a quest'ultimo punto, il piano autorimesse sarà seminterrato rispetto ad una sistemazione morfologica di progetto, ma non rispetto al piano campagna attuale.

Per quanto riguarda le specifiche caratteristiche progettuali, si rimanda alle tavole di progetto.

1.3. Normativa di riferimento

A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini" (Giugno 1977)

D.P.R. 380/01 Testo Unico per l'Edilizia.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274)*" e successive modifiche.

Delibera Assemblea Legislativa Prog. N. 112 oggetto 2131 02/05/2007 "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "*Norme tecniche per le Costruzioni"*, D. M. 14/01/2008.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*

Delibera Regione Emilia Romagna 1 febbraio 2010: *"Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico, necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli artt. 9, comma 4 e 10, comma 3, della L.R. n. 19 del 2008"*.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1-3. Stralcio Planimetria Catastale– scala 1:5.000
- Figura 1-4. Stralcio Planimetria Catastale– scala 1:5.000

Immagine 1-1
Foto da satellite – Google Earth
● Ubicazione delle aree oggetto di studio

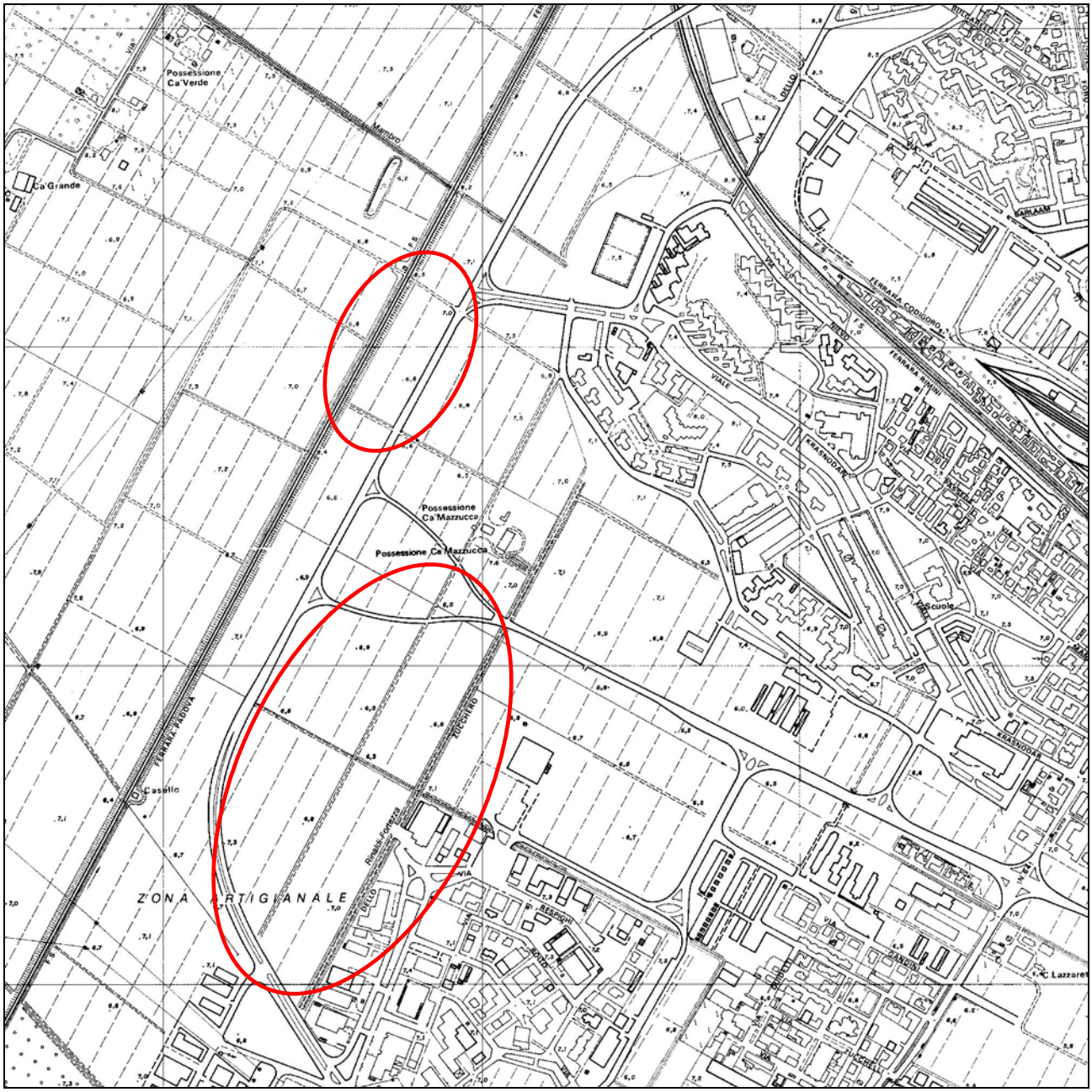


Figura 1-2
Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
Ubicazioni delle aree oggetto di studio – zone edificabili (cartografia non aggiornata)

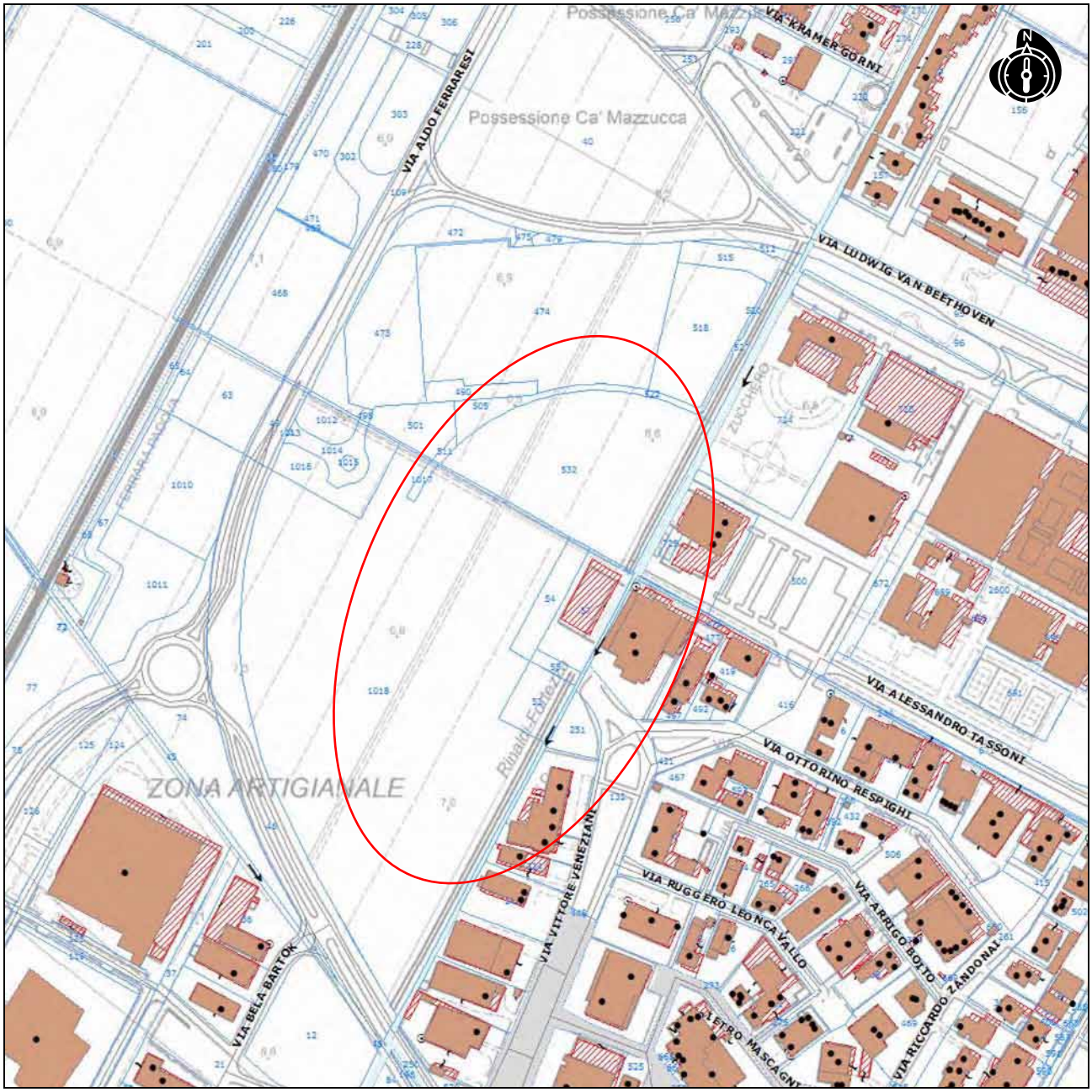


Figura 1-3

Planimetria catastale estratta dalla CGU della Provincia di Ferrara – scala 1:5.000

N.T.C. Comune di Ferrara - Foglio 191 Mappale 1018 – - Foglio 159 Mappale 532 (http://visore.cgu-ferrara.it/Geovistaweb/default.aspx?ID=)

Figura 1-4
Planimetria catastale estratta dalla CGU della Provincia di Ferrara – scala 1:5.000
N.T.C. Comune di Ferrara - Foglio 159 Mappale 195 (http://visore.cgu-ferrara.it/Geovistaweb/default.aspx?ID=)

- Parte Seconda -

MODELLO GEOLOGICO

2. MODELLO GEOLOGICO

L'analisi del contesto geologico in cui è inserita l'area in esame, è stata effettuata in primo luogo consultando gli studi e la cartografia esistente a disposizione e in secondo luogo con l'analisi e l'elaborazione delle prove analizzate ed effettuate in sito.

2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po; il limite regionale, infatti, coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico verso sud e con il corso del Po verso nord. 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), sepolte dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta, di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica.

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, evidenzia come questa sia costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali.

In particolare, come si evince dallo studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" effettuato dall'Università di Siena, dalla Regione Toscana, dalla Regione Emilia-Romagna e dall'Università di Bologna, il Comune di Ferrara ricade tra due tracce di sezioni sismogeologiche, nello specifico la 6-6' e la 14-14' (figure 2.1-7. 2.1-8 e 2.1-9).

Di seguito si riportano stralci delle descrizioni: " *sezione 6-6'*… nel settore delle Pieghe Ferraresi… *il substrato costituito da depositi pelagici e di piattaforma carbonatica meso-cenozoici, risulta tettonicamente sollevato sin quasi alla superficie. Ovviamente ciò determina anche il sollevamento relativo dei livelli triassici e del sottostante basamento crostale, posto a meno di 10 km dalla superficie. Per converso, tra Bologna e la Dorsale Ferrarese si osserva il massimo spessore dei depositi plio-quaternari dell'avanfossa padana. Dal punto di vista strutturale, la sezione mostra che i principali sovrascorrimenti e faglie inverse interessano le torbiditi mioceniche, propagandosi sovente anche alle sottostanti unità pelagiche, al Triassico, e in alcuni casi, al basamento crostale. Meno evidente è il coinvolgimento nella fagliazione dei depositi di avanfossa, in particolare dei livelli quaternari.*

La sezione 14-14', descrive l'interpretazione di Picotti e Pazzaglia (2008). Rispetto alla sezione 6-6', si possono notare alcune differenze riguardanti la geometria dei sovrascorrimenti e delle pieghe… l'elemento strutturale più rilevante è comunque il grande sovrascorrimento profondo che, collocato ad oltre 20 km sotto la catena, a nord di Bologna si diffonde in un fascio di fratture che si propagano sino alla zona ferrarese".

Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici quindi, danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la regione (Figure 2.1-2, 2.1-3, 2.1-5, 2.1-6 e 2.1-16).

Nel caso specifico, l'area in esame, vede la presenza di alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in corrispondenza di una parte dell'area di studio e in direzione nord-est, sud-est, sud ed ovest, di alcune faglie profonde indeterminate dedotte ubicate in direzione est ed ovest, di una faglia profonda diretta dedotta, ubicata in direzione est e di alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità di mt 1.000 e di mt 2.000, ubicate in corrispondenza di una parte dell'area di studio e in

direzione nord, est, sud, sud-ovest ed ovest (Figura 2.1-17) (da https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia).

Il Comune di Ferrara, in base alla più recente zonazione sismogenetica pubblicata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nella quale vengono individuate per tutto il territorio Italiano n. 42 zone – sorgente identificate con un numero da 901 a 936 o con una lettera da A a F, ricade all'interno della zona sismogenetica 912.

La zona sismogenetica 912 viene caratterizzata dallo studio, come zona a regime tettonico debolmente compressivo con strutture compressive tipo thrust e con meccanismi di fagliazione prevalente inversa e corrisponde al settore di pianura compreso tra il fronte delle pieghe ferraresi e il margine appenninico padano. In tale zona i terremoti storici hanno raggiunto valori di Magnitudo pari a M = 5.9 e le zone ipocentrali si registrano generalmente a profondità comprese tra 5 e 8 Km, con profondità efficace di 7 Km. Nella zona sismogenetica 912 è prevista, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo Mmax = 6.14 (Figura 2.1-4).

L'area in esame risulta individuabile quindi sul sistema di pieghe ferraresi, in una zona in corrispondenza della sorgente sismogenetica composta (struttura desunta sulla base della superficie regionale e dati geologici di sottosuolo che vengono sfruttate ben oltre la semplice identificazione delle faglie attive o caratteristiche tettoniche giovanili) ITCS050 – Poggio Rusco-Migliarino (Figure 2.1-5, 2.1-10, 2.1-11 e 2.1-12) le cui caratteristiche vengono riportate in Figura 2.1-13.

La storia sismica del territorio si evince anche dalle immagini di seguito riportate, in particolare in fig. 2.1-15, e dalla lettura dei dati scaricati da ISIDe e relativi agli eventi sismici registrati in un raggio di 50 Km dall'abitato di Ferrara a partire dal gennaio 2005; in allegato 7 si riporta la tabella riassuntiva degli eventi verificatisi a partire da gennaio 2005.

Supporti grafici:

- Figura 2.1-1. Stralcio della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da "Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)
- Figura 2.1-2. Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo
- Figura 2.1-3. Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe
- Figura 2.1-4. Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia
- Figura 2.1-5. Epicentri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe.
- Figura 2.1-6. Sezione geologica attraverso la pianura modenese settentrionale
- Figura 2.1-7. Traccia delle sezioni sismogeologiche
- Figura 2.1-8. Sezione sismogeologica 6-6'
- Figura 2.1-9. Sezione sismogeologica 14-14'
- Figura 2.1-10. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione
- Figura 2.1-11. Sorgente sismogenetica composta
- Figura 2.1-12. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su Google Earth
- Figura 2.1-13. Sorgente Sismogenetica ITCS050
- Figura 2.1-14. Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 2.1-15. Grafico eventi della storia sismica di Ferrara al 01.2012
- Figura 2.1-16. Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna
- Figura 2.1-17. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna

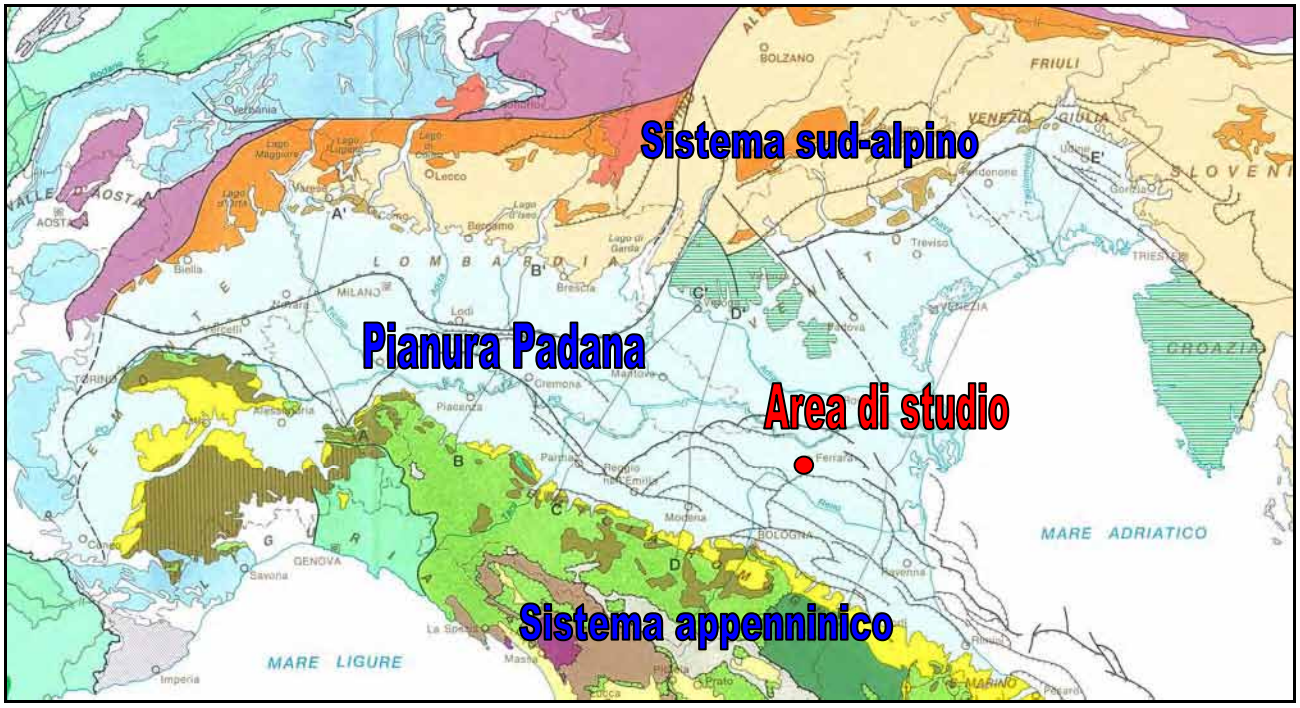


Figura 2.1-1

Stralcio della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da "Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)

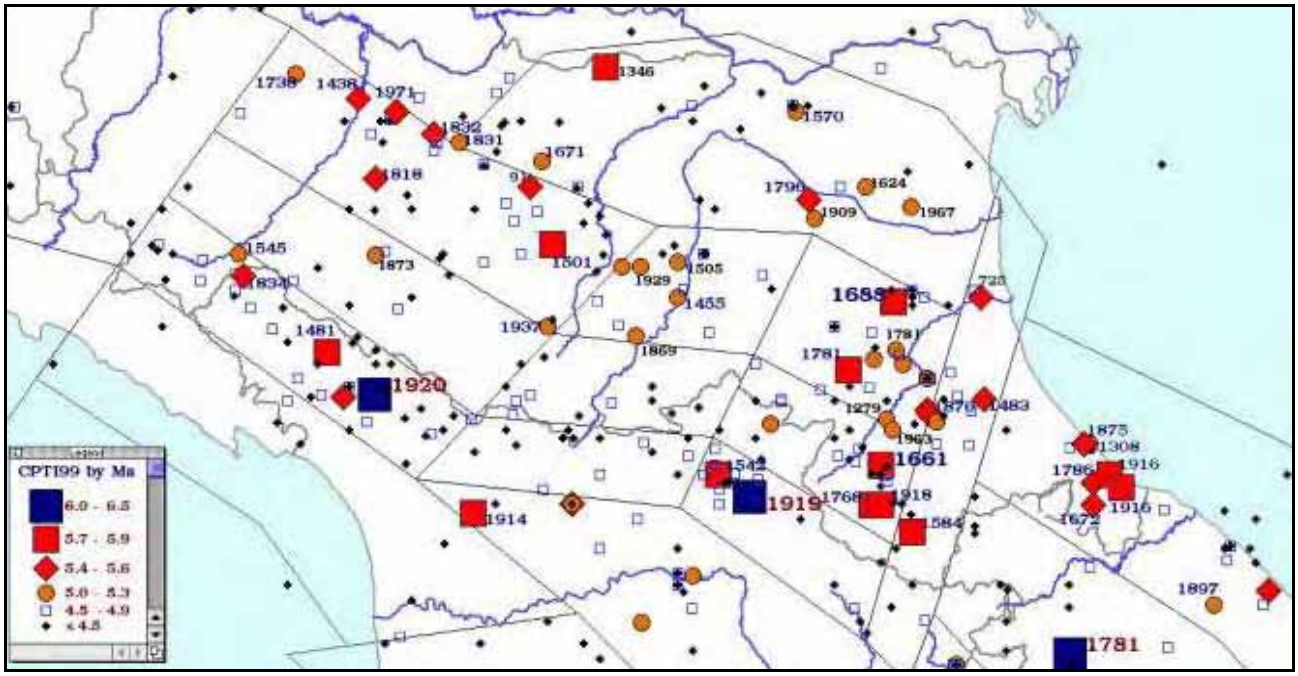


Figura 2.1-2

Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999).

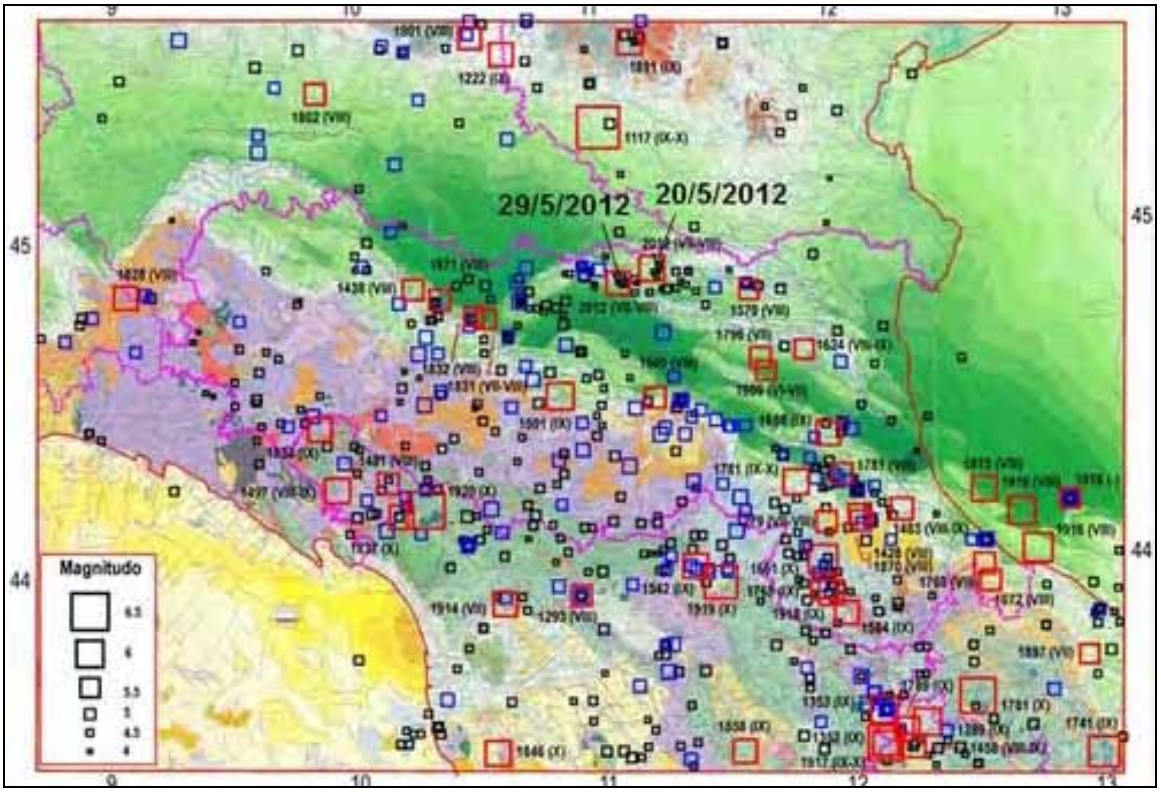


Figura 2.1-3

Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti (magnitudo maggiore di 4) che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe. In azzurro i terremoti di magnitudo compresa tra 5 e 5,5, in rosso i terremoti di magnitudo maggiori di 5,5 (da Mantovani et al., 2013). Sono evidenziati anche i terremoti principali del 20 e 29 maggio 2012 e del 1570. Base cartografica: Structural Model of Italy (CNR, 1992).

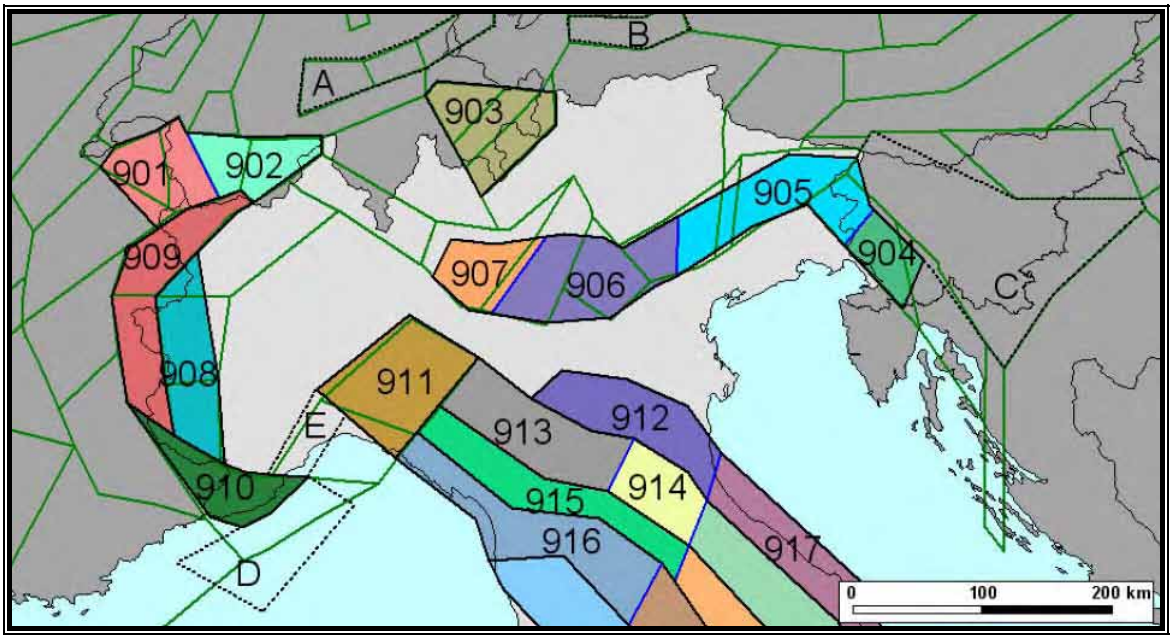


Figura 2.1–4

Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia

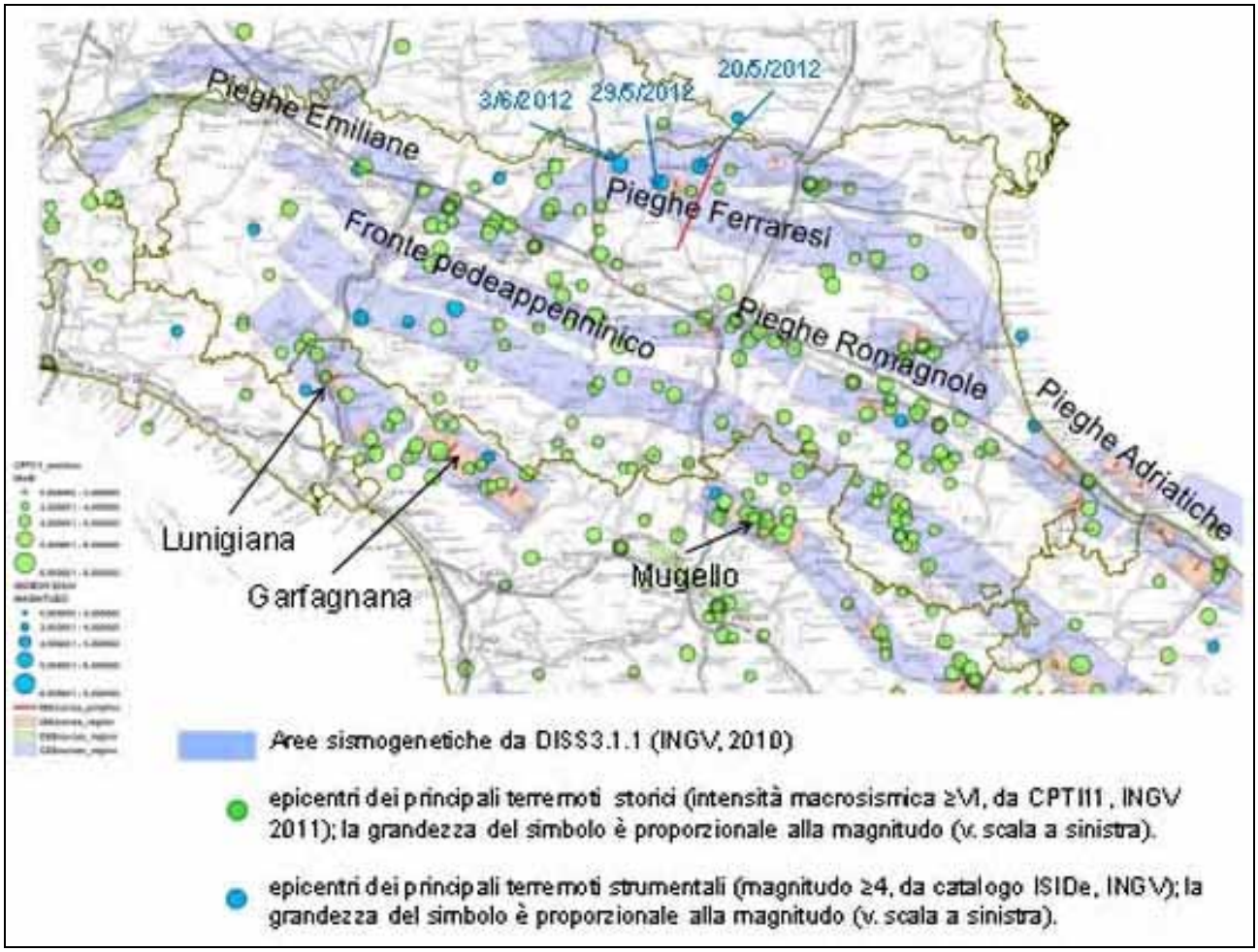


Figura 2.1-5

Epicentri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe. La linea rossa indica la traccia della sezione rappresentata sotto. *(http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche)*

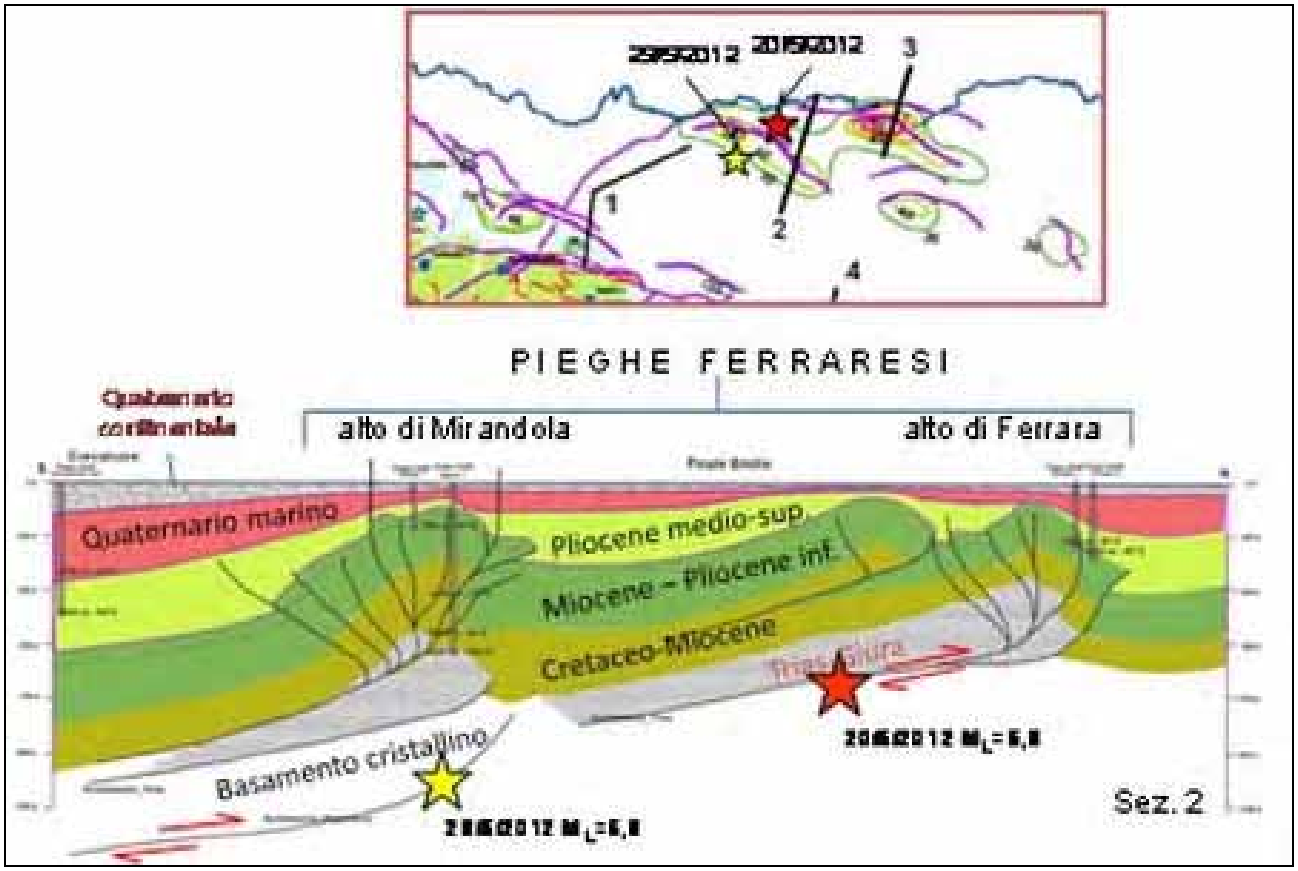


Figura 2.1-6

Sezione geologica attraverso la pianura modenese settentrionale, con proiezione degli ipocentri delle scosse principali del 20 e 29 maggio 2012 (da Martelli & Molinari, 2010). Profondità non in scala (sezione derivata da interpretazione diretta di un profilo sismico con scala verticale in tempi). *(http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche)*

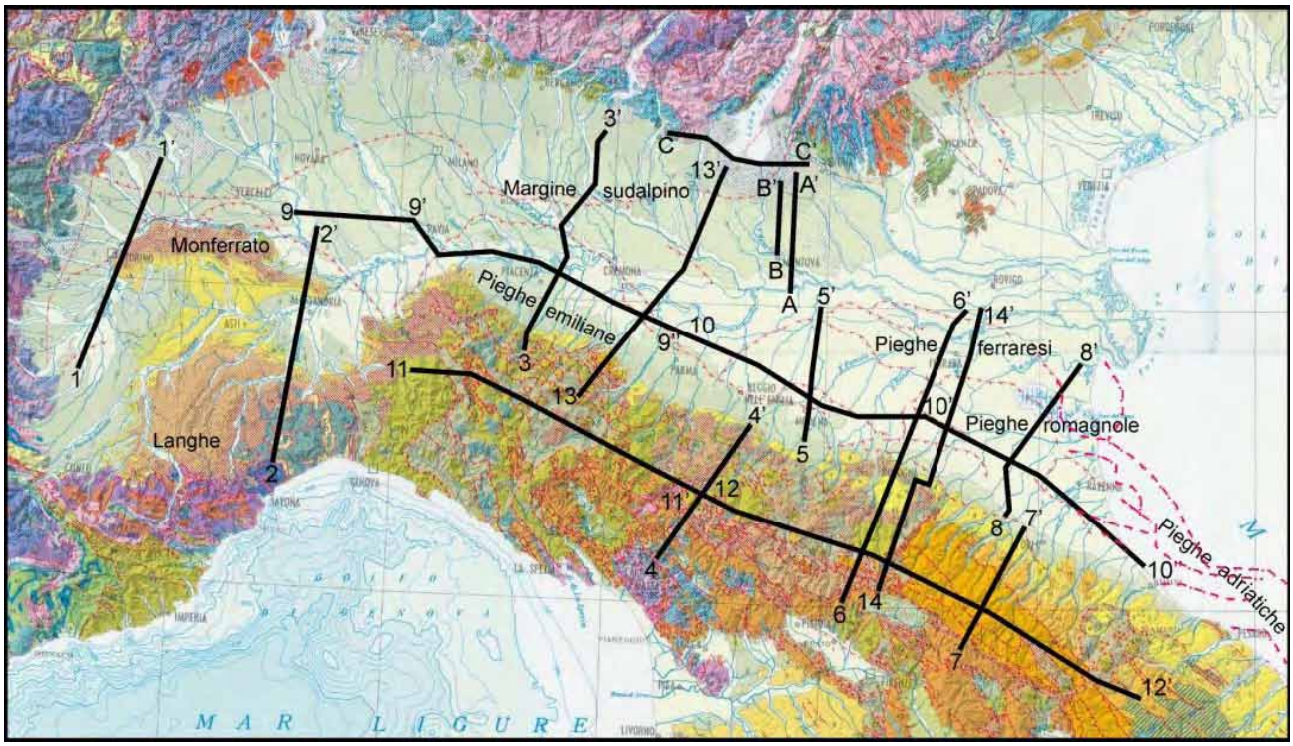


Figura 2.1-7

Traccia delle sezioni sismogeologiche, riportate sulla Carta geologica dell'Italia edita da Compagnoni e Galluzzo (2004). Le sezioni da 3-3' a 12-12' da Boccaletti et alii (2010). La sezione 14-14' è ripresa da Picotti e Pazzaglia (2008).

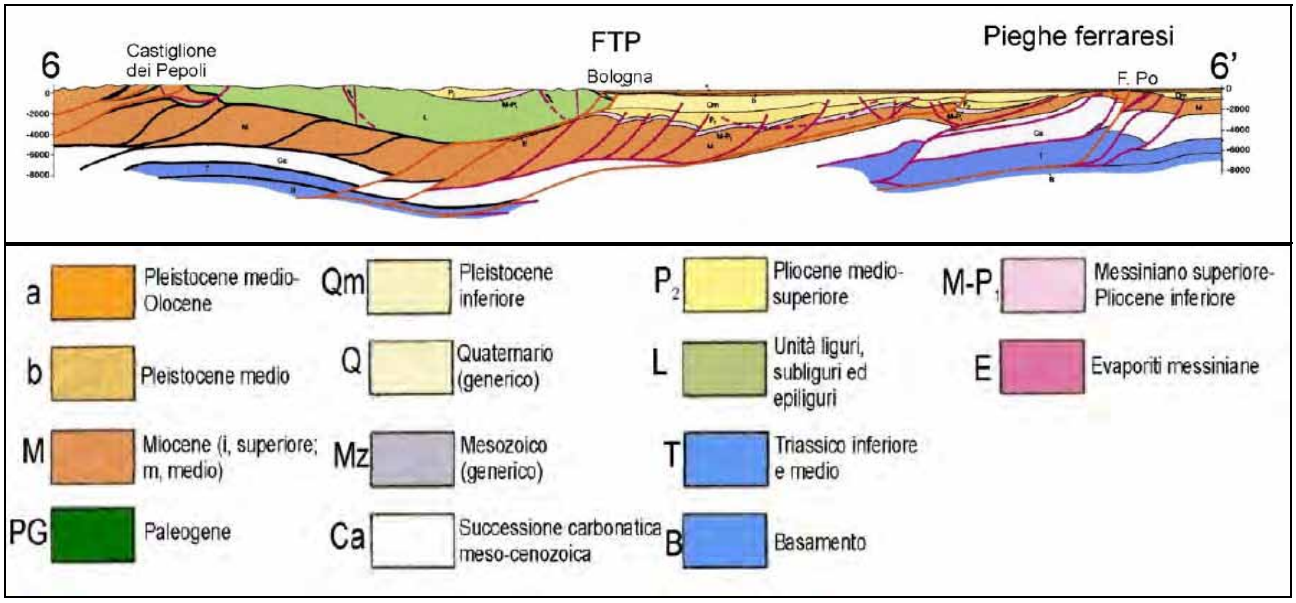


Figura 2.1-8

Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2010, modificate). La traccia della sezione è riportata in figura 2.1-7. FTP = Fronte del sovrascorrimento (thrust) pedeappenninico.

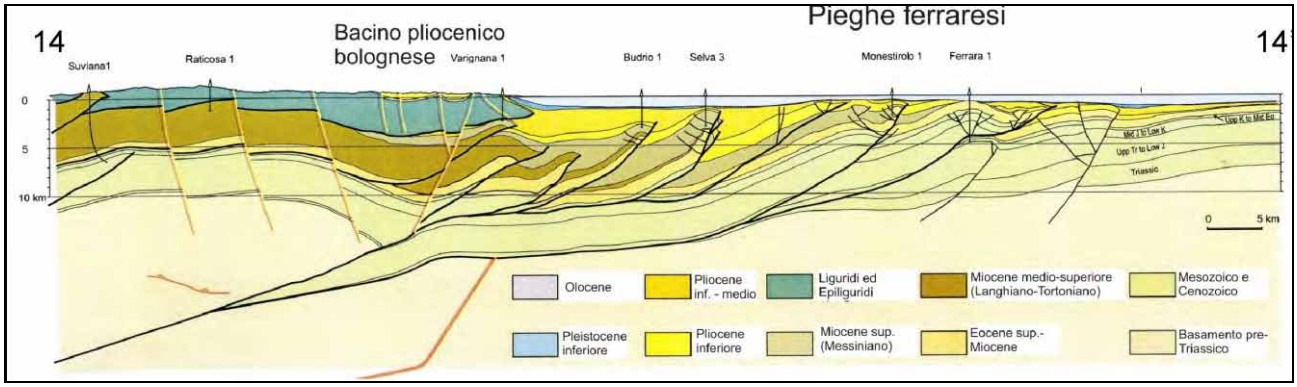


Figura 2.1-9

Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Picotti et alii, 2009, modificata). La traccia della sezione è riportata in figura 2.1-7.

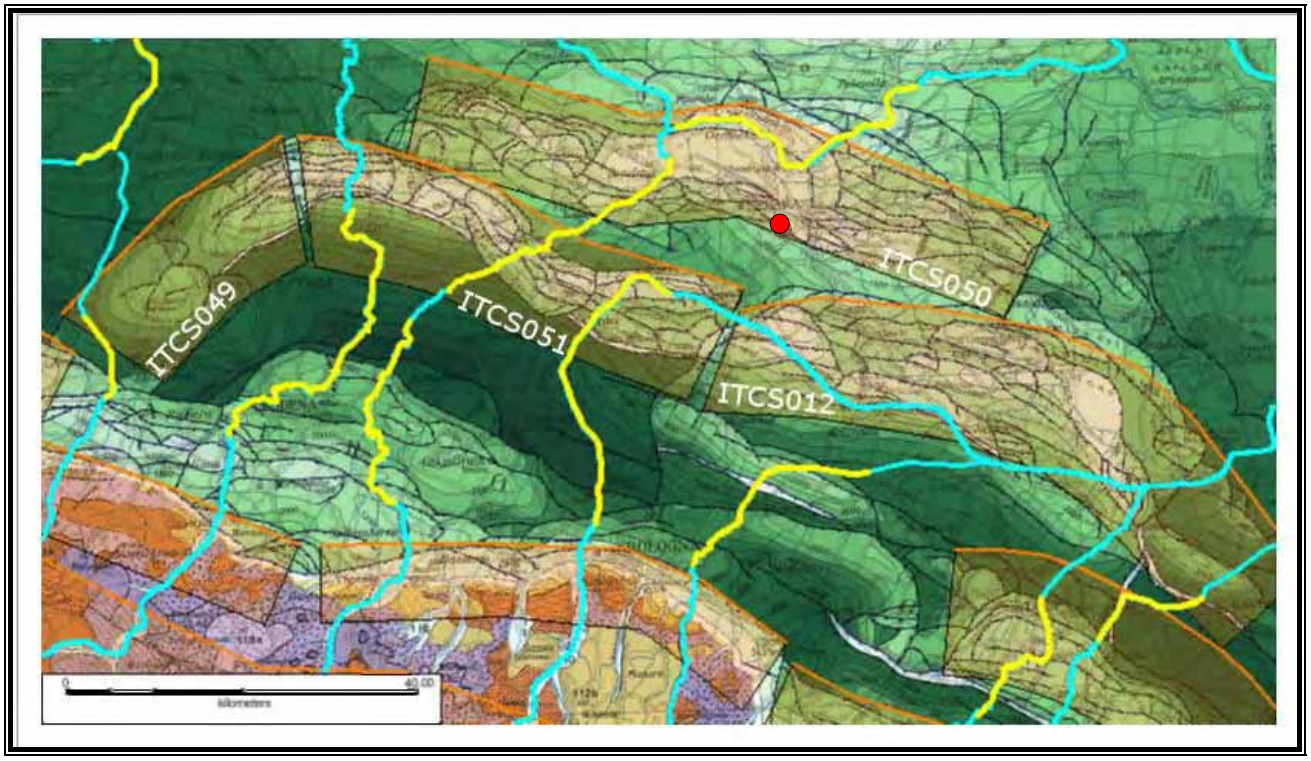


Figura 2.1–10

Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione

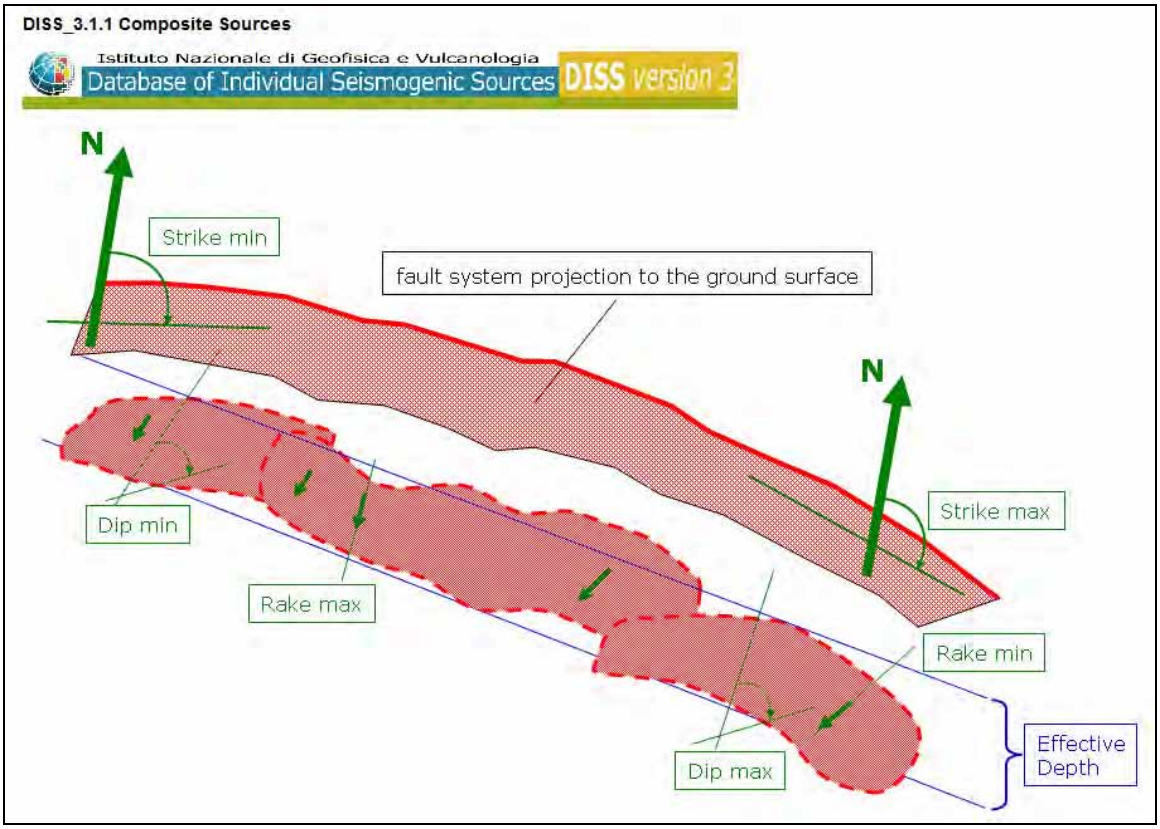


Figura 2.1–11
Sorgente sismogenetica composta

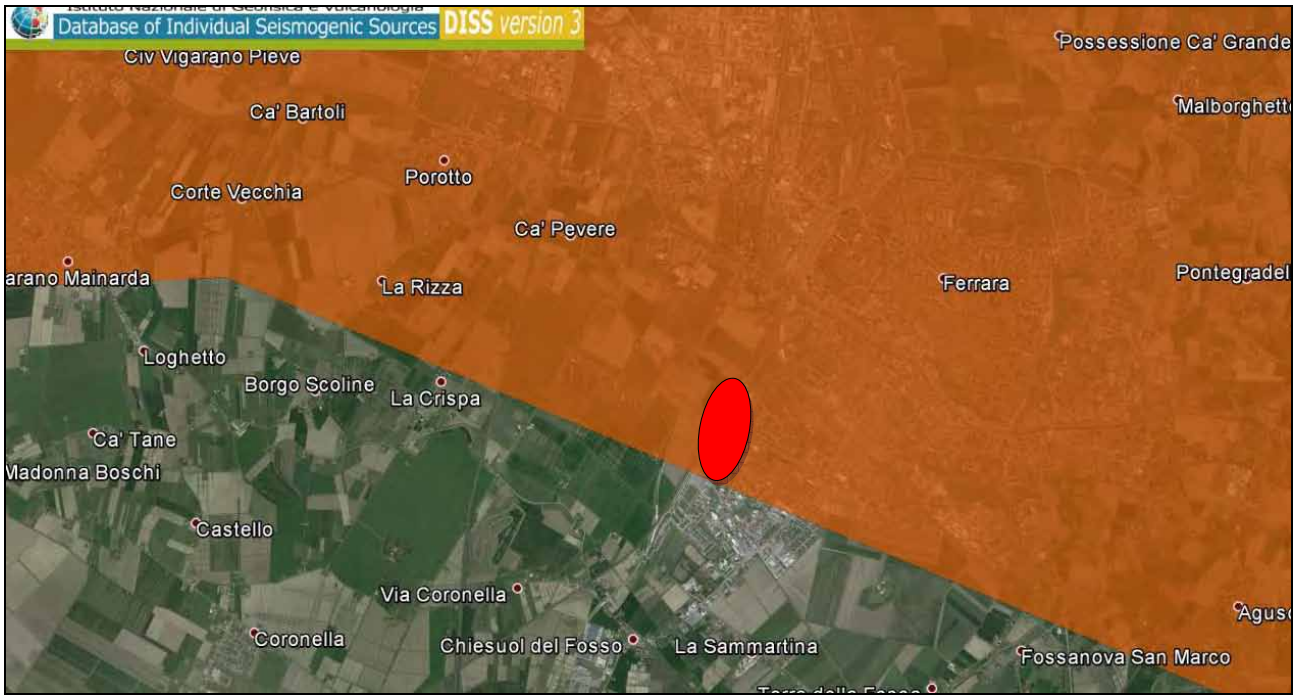


Figura 2.1–12
Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su Google Earth

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS050 - Poggio Rusco-Migliarino

Source Info Summary | Commentary | References | Pictures

General information

Code	ITCS050
Name	Poggio Rusco-Migliarino
Compiled By	Burrato, P., and S. Mariano
Latest Update	07/09/2007

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	1	OD	Based on geological data from various authors.
Max Depth (km)	8	OD	Based on geological data from various authors.
Strike (deg)	85 - 115	OD	Based on geological data from various authors.
Dip (deg)	25 - 55	OD	Based on geological data from various authors.
Rake (deg)	80 - 100	OD	Based on geological data from various authors.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5	EJ	Derived from geological data concerning adjacent structures.
Max Magnitude (Mw)	5.5	OD	Based on the strongest earthquake occurred in the region.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement		

Figura 2.1–13
Sorgente Sismogenetica ITCS050

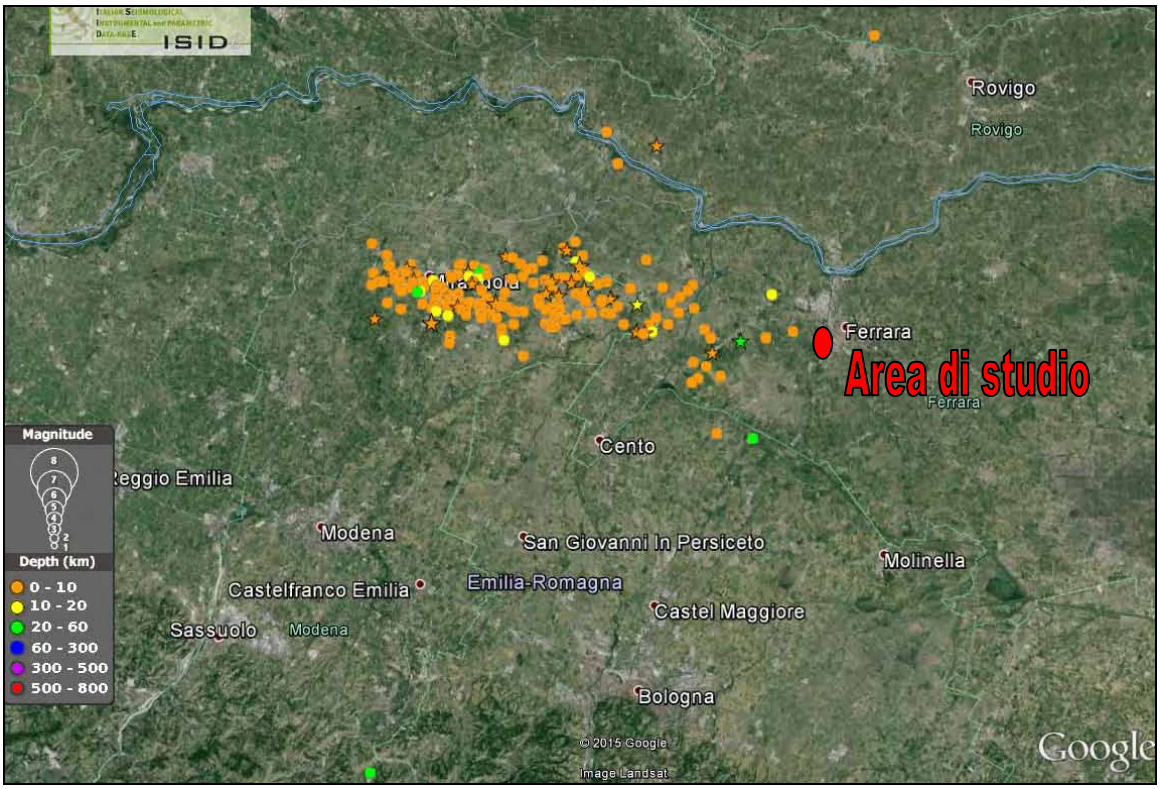


Figura 2.1-14
Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito - (Fonte ISIDe)

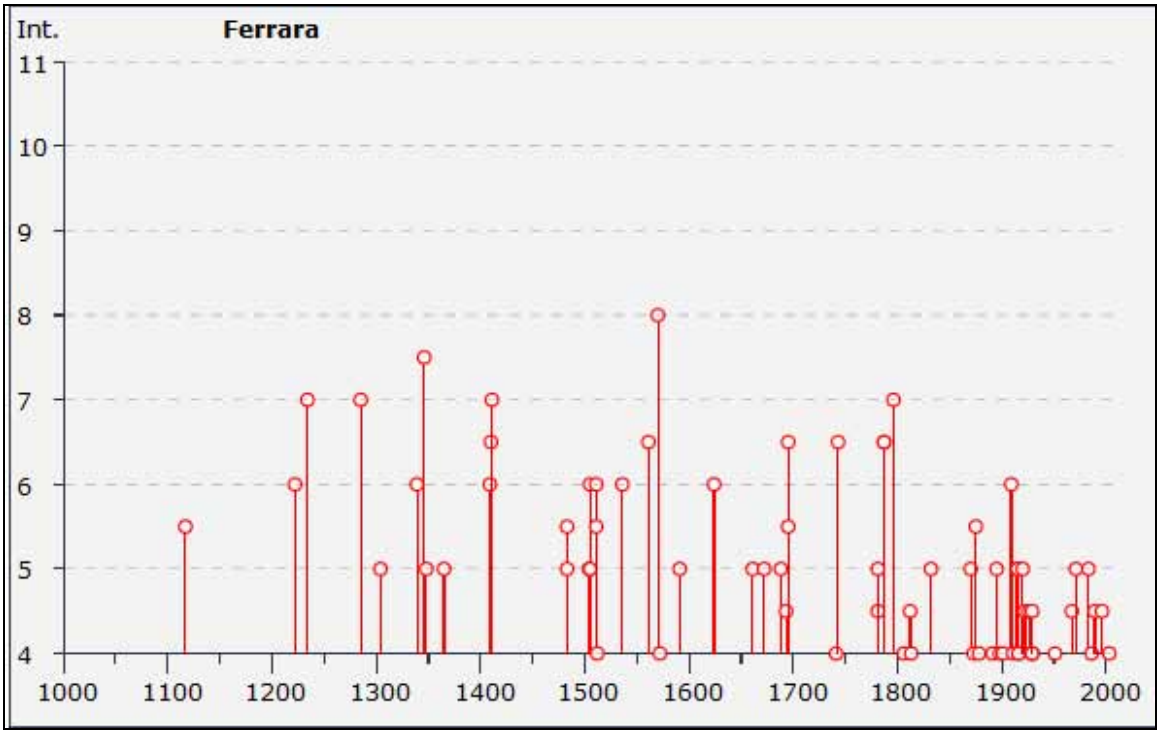


Figura 2.1-15
Grafico eventi della storia sismica di Ferrara
(da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/)

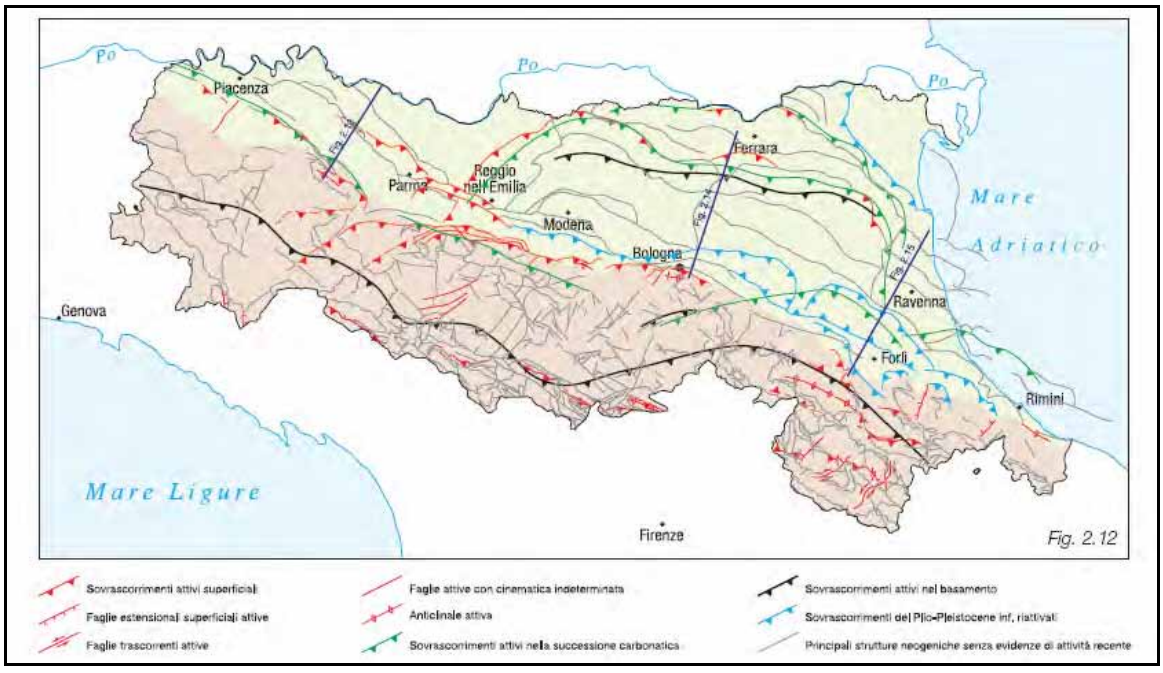


Figura 2.1-16
Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna – scala grafica
(da Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna – Note illustrative)

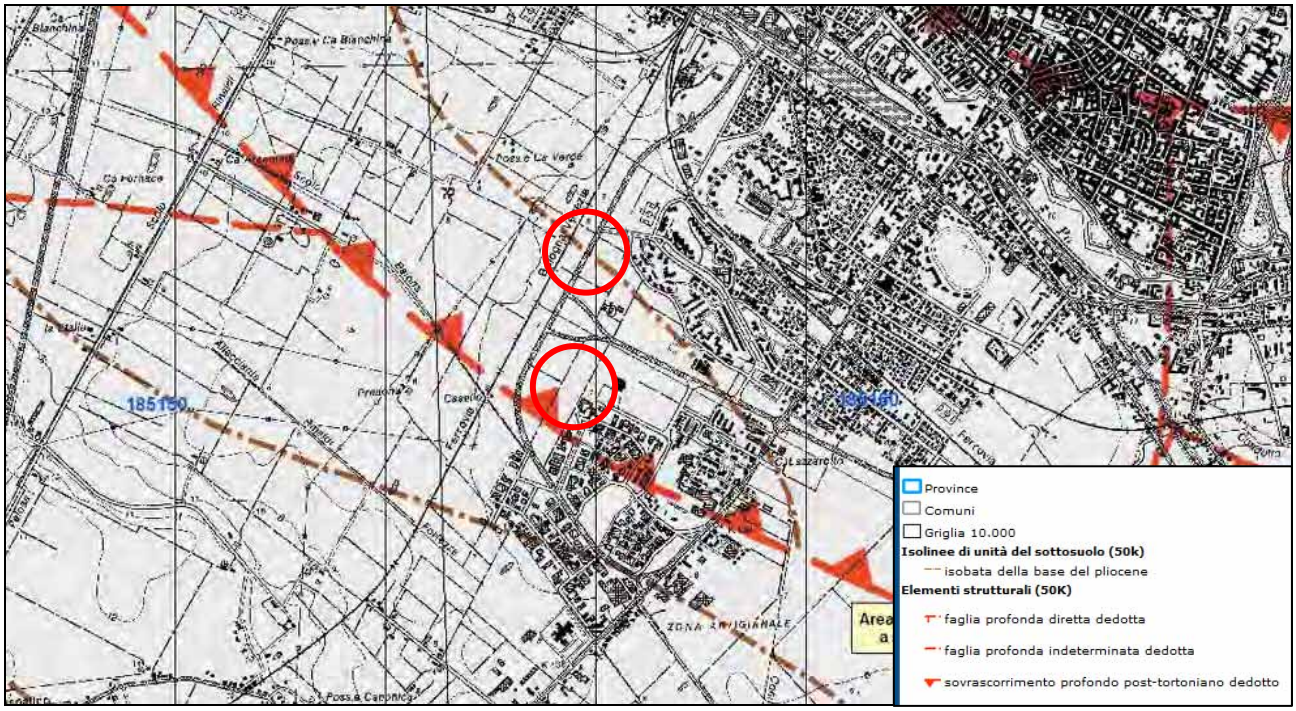


Figura 2.1-17
Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica
(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

2.2. Storia geologica del territorio

Per quanto riguarda la situazione geologica locale i dati bibliografici, nello specifico la carta di pianura della Regione Emilia-Romagna, evidenziano come il sito sia ubicato in corrispondenza di una zona caratterizzata da depositi di piana inondabile.

Per quanto riguarda la litologia di superficie, le aree di studio risultano poste in corrispondenza di argille, di argille limose e di argille sabbiose, come si evince dagli stralci della Tavola Q.C.0 del P.T.C.P. della Provincia di Ferrara e dalla Carta della Litologia di superficie del P.S.C. di Ferrara (2003) riportati nelle figure 2.2-3 e 2.2-4.

In base a quanto indicato nelle note relative alla cartografia geologica interattiva del sito della Regione Emilia Romagna, dal punto di vista geologico l'area in esame è posta a nord del Sintema emiliano - romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna – unità di Modena (AES8a), in un'area cartograficamente non coperta con gli stessi criteri.

Più in generale, si riporta di seguito la descrizione geologica dell'unità tettonico-stratigrafica "Pianura Padana" tratta dallo studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" a cura della Regione Emilia-Romagna, della Regione Toscana e dell'Università di Siena: "*La Pianura Padana costituisce il riempimento sedimentario dell'avanfossa dell'attuale orogene appenninico, il cui substrato è costituito dalle falde tettoniche che formano la parte sepolta della catena. Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche delle successioni padane post-tortoniane sono descritte da un'ampia letteratura (e.g. Ghielmi et alii, 2010 e riferimenti), per lo più basata sull'interpretazione dei dati di sottosuolo (perforazioni profonde ed indagini sismiche). Si tratta di numerose formazioni, spesso di tipo torbiditico, riferibili ad un ambiente di avanfossa piuttosto profonda (e.g., Bagnolo, Fusignano, Canopo, Porto Corsini, Porto Garibaldi, Carola). E' solo dal Pleistocene medio che subentra una deposizione costiera e*

continentale (Formazione di Ravenna o Sabbie Gialle e Supersintema Emiliano-Romagnolo) che testimonia il rapido colmamento dell'avanfossa. In alcuni casi la sedimentazione è avvenuta in bacini satellite (piggy-back basins), formati sopra alle falde tettoniche in movimento verso NE (e.g., Cortemaggiore e Castell'Arquato). Un aspetto importante è l'enorme spessore della successione Plio-Quaternaria, che localmente eccede i 6 km (Fig. 2.2-5)*. Ghielmi et alii (2010) affermano che l'avanfossa padano-adriatica era principalmente alimentata dai materiali erosi dalla catena alpina, trasportati dai paleo-fiumi lombardi e veneti come l'Adda, il Mincio e l'Adige. Dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore l'Appennino settentrionale, invece, fu una sottile fascia di terra emersa, con rilievo poco accentuato (Bartolini, 1999, 2003). Nonostante ciò, il volume dei sedimenti accumulati nella Pianura Padana suggerisce che negli ultimi 5 milioni di anni sarebbero stati erosi in media quasi 1500 m di copertura dalla parte emersa dell'Appennino, di cui forse 1 km nel solo Quaternario (Bartolini et alii, 1996; Bartolini, 1999). Localmente, tale smantellamento può essere stato molto più accentuato. Nell'Appennino romagnolo, le paleo-temperature raggiunte dalle torbiditi mioceniche (Marnoso Arenacea), dedotte dalla riflettanza della vitrinite e dalle tracce di fissione dell'apatite, rivelano che tali unità, ora affioranti, avrebbero perso sino a 4500 metri di copertura dal Messiniano superiore (Zattin et alii, 2000; Cerrina Feroni et alii, 2001). Tale forte erosione contrasta con l'attuale accentuato rilievo appenninico, e con il fatto che i maggiori rilievi della catena (tra cui il M. Cimone, il M. Cusna ed il M. Falterona) sono impostati sulle litologie arenacee delle Unità toscane, assai poco resistenti all'erosione. L'apparente contraddizione può essere risolta invocando un cospicuo sollevamento recente della catena, particolarmente accentuato dal Pleistocene medio, in grado di compensare lo smantellamento del rilievo. Le conseguenze di tale fenomeno sono peraltro messe in evidenza da molteplici indicatori geomorfologici (e.g., Argnani et alii, 1997, 2003; Cerrina Feroni et alii, 1997, 2001; Bartolini, 1999, 2003; Balestrieri et alii, 2003)."*

Supporti grafici:

- Figura 2.2-1. Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana
- Figura 2.2-2. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna
- Figura 2.2-3. Stralcio della tavola Q.C.0. – Litologia di superficie – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara
- Figura 2.2-4. Stralcio Carta Litologia di Superficie – P.S.C. Comune di Ferrara (2003)
- Figura 2.2-5. Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa Padano-Adriatica

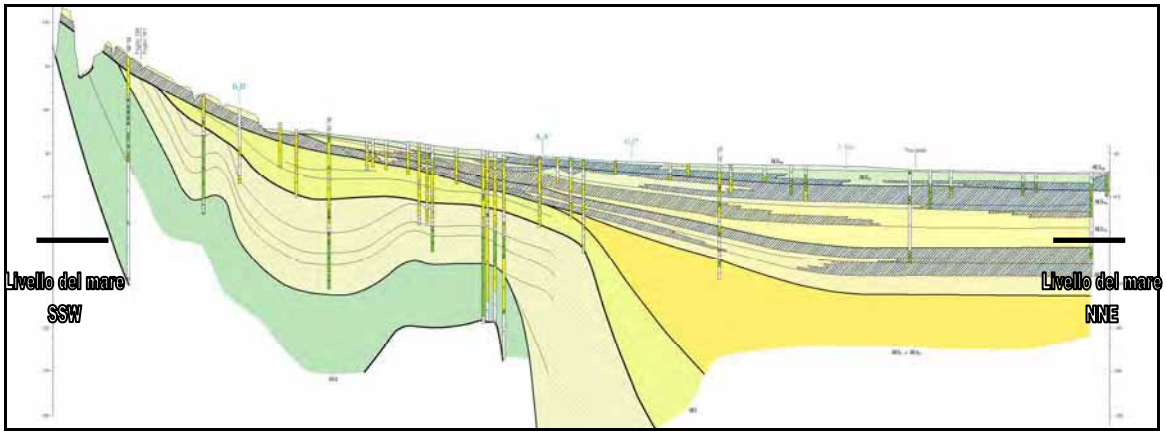


Figura 2.2-1
Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana
(da Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)

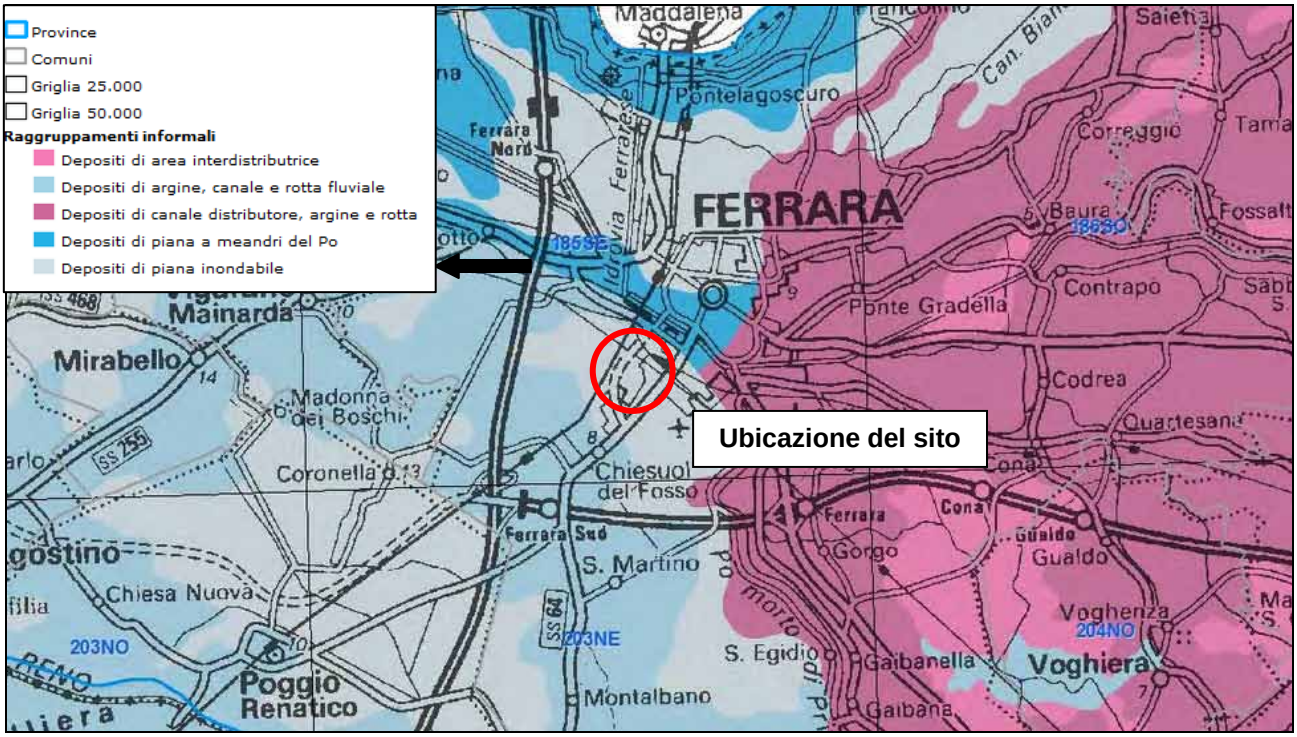


Figura 2.2-2
Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica
(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

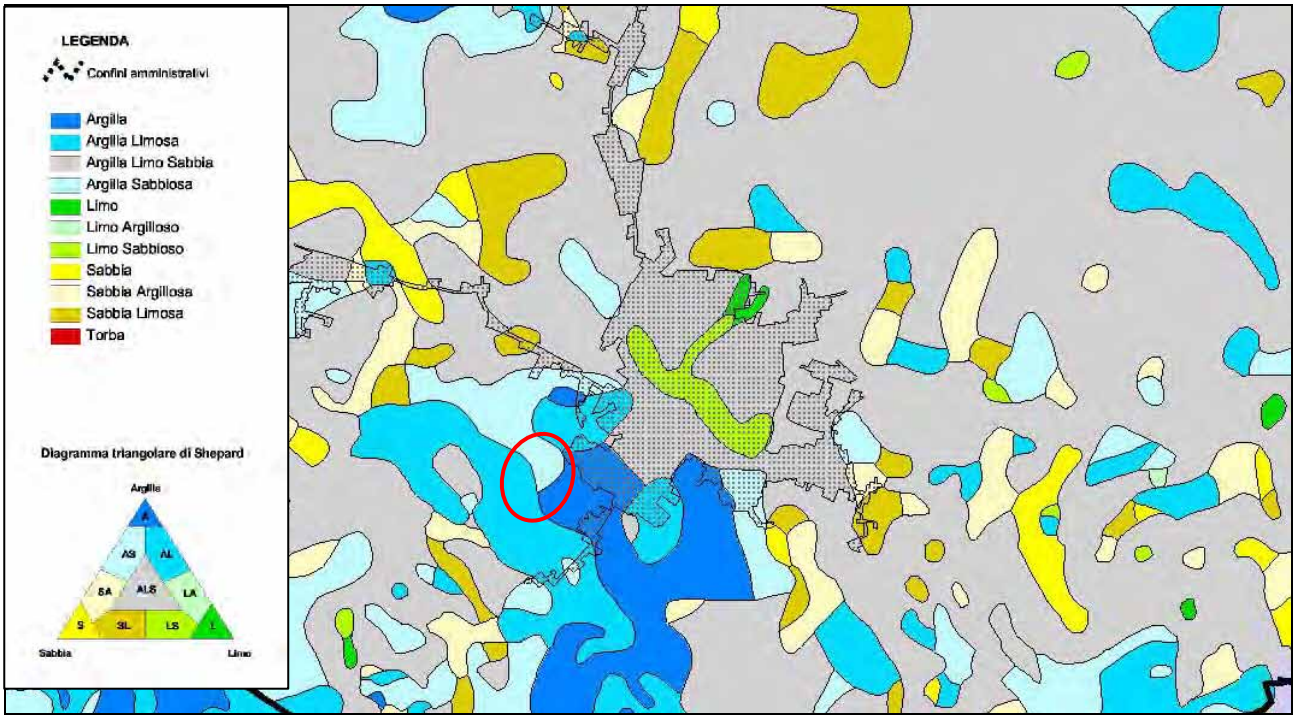


Figura 2.2-3
Stralcio della tavola Q.C.0. – Litologia di superficie – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara

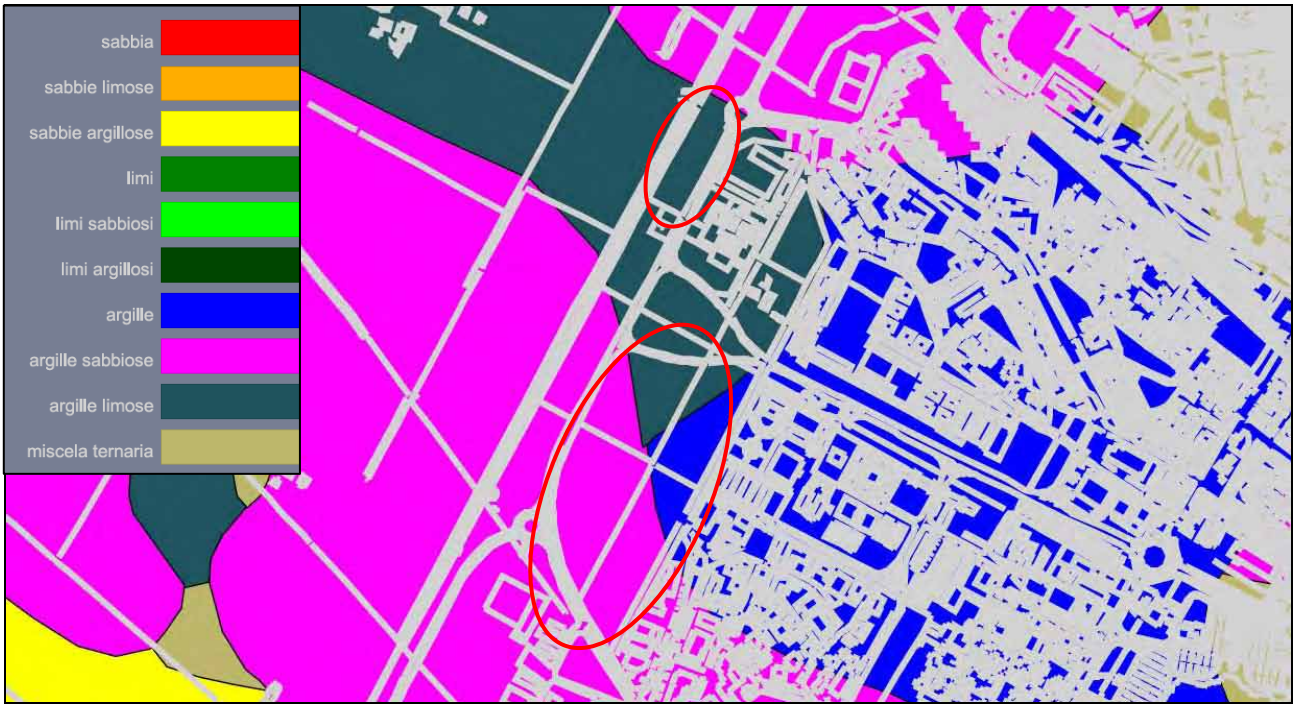


Figura 2.2-4
Stralcio della tavola 1/02.15 –Litologia di superficie – Quadro Conoscitivo – Analisi geologiche - P.S.C. Ferrara

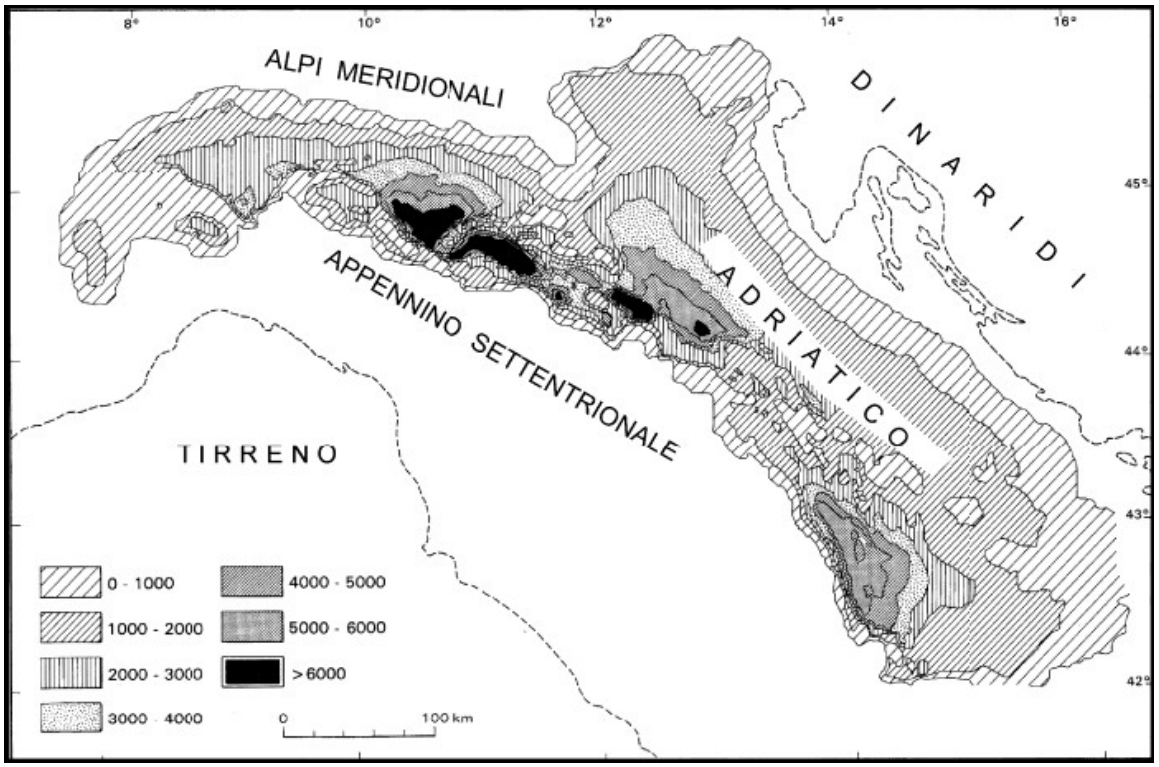


Figura 2.2-5
Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa padano-adriatica. Gli intervalli tra le isobate, identificati dai simboli in legenda, sono espressi in metri (modificato da Bartolini et alii, 1996).

2.3. Forme del terreno e caratteri geomorfologici

La zona oggetto di studio è localizzata nella bassa Pianura Padana e, quindi, la lettura dei caratteri geomorfologici può essere effettuata utilizzando i supporti cartacei a disposizione, integrati dalla conoscenza della zona derivante dall'esecuzione delle indagini riportate e descritte nella presente e di altre effettuate nei pressi.

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che le aree di studio sono localizzate all'interno di una zona suborizzontale, con quote variabili da circa + 6.50 mt a circa + 7.00 mt rispetto al l.m.m. Come si vedrà in seguito, le indagini geognostiche analizzate, evidenziano una prevalenza di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi, localmente interrotti da sedimenti originatisi in seguito ad eventi a medio-alta energia idrodinamica di deposizione fluviale, caratterizzati da depositi coesivo-granulari e granulari.

In figura 2.3-5 si riportano i grafici con gli andamenti della resistenza alla punta delle prove analizzate, poste in corrispondenza delle aree di studio e più avanti descritte, utili per evidenziare i cambiamenti litologici in profondità.

Le caratteristiche sopra descritte si possono leggere, in parte, anche sulla Carta Geomorfologica della Pianura Padana, nella quale si rilevano tratti di pianura alluvionale limosi ed argillosi, tratti di aree depresse in pianura alluvionale e tracce di principali colmate fluviali controllate artificialmente.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara si osserva inoltre come, nello specifico, le aree in oggetto risultino localizzate in corrispondenza di una zona priva di particolari elementi geomorfologici. Il tutto è confermato anche dalla Tavola Geomorfologia del P.T.C.P. della Provincia di Ferrara e dalla Carta Geomorfologica del P.S.C. di Ferrara, delle quali si riportano stralci in figura 2.3-3 e 2.3-4.

<u>Supporti cartografici</u>

- Figura 2.3-1. Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250.000
- Figura 2.3-2. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara - scala 1:10.000
- Figura 2.3-3. Stralcio della Tavola Q.C.0.1 - Geomorfologia – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara
- Figura 2.3-4. Stralcio della Tavola 1/02.16 – Carta Geomorfologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. Ferrara
- Figura 2.3-5. Grafici andamento resistenza alla punta delle prove effettuate

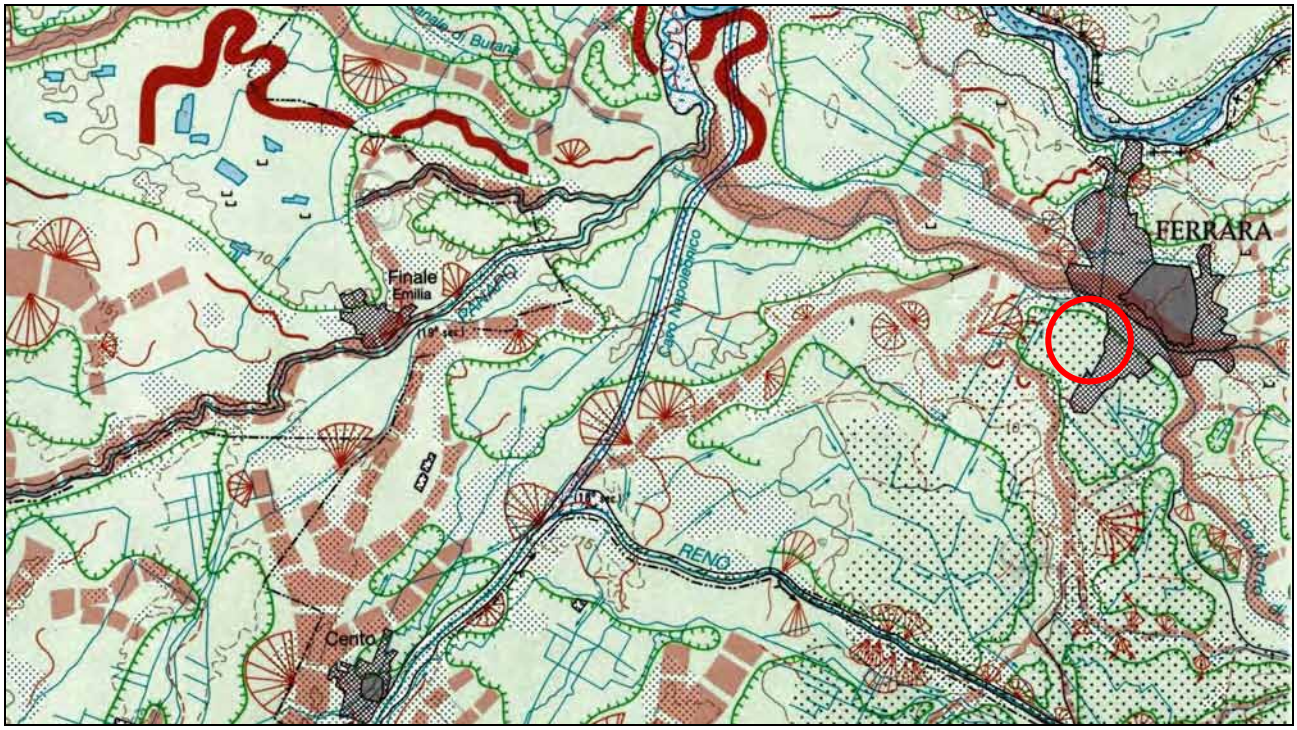


Figura 2.3-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana
Scala 1:250.000

Figura 2.3-2
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

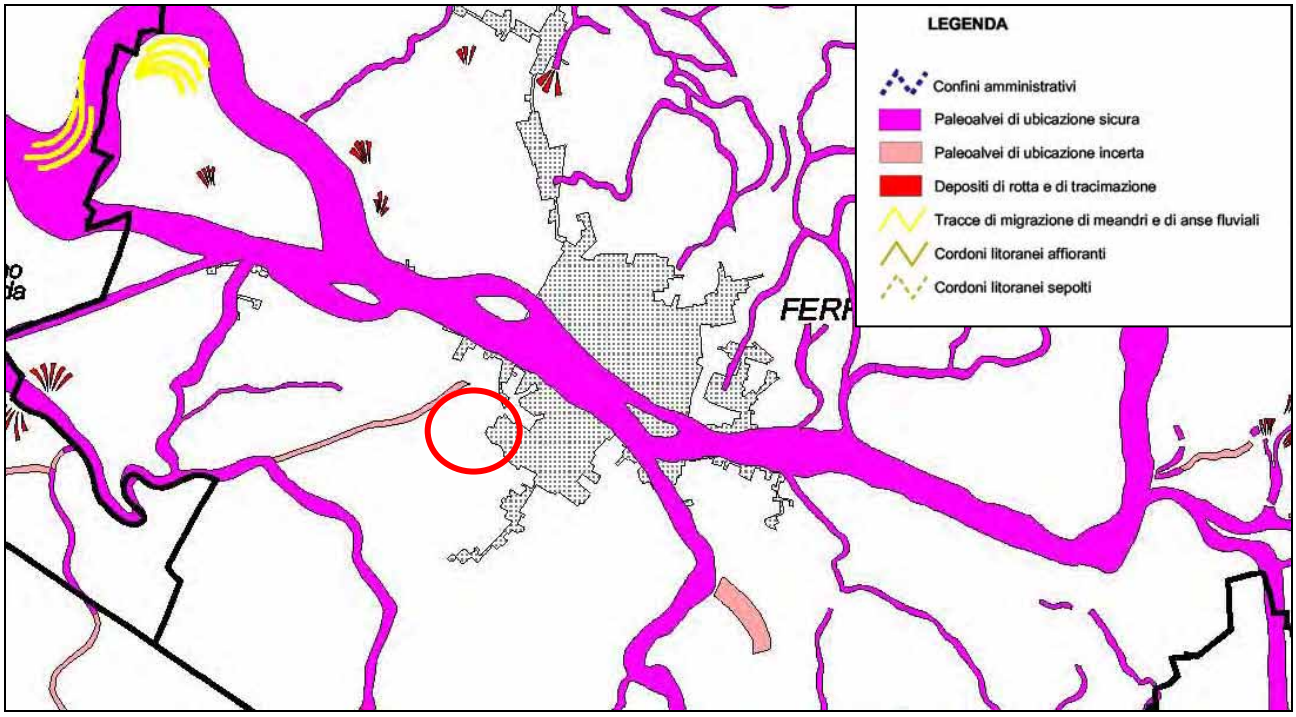


Figura 2.3-3
Stralcio della Tavola Q.C.0.1 - Geomorfologia – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara

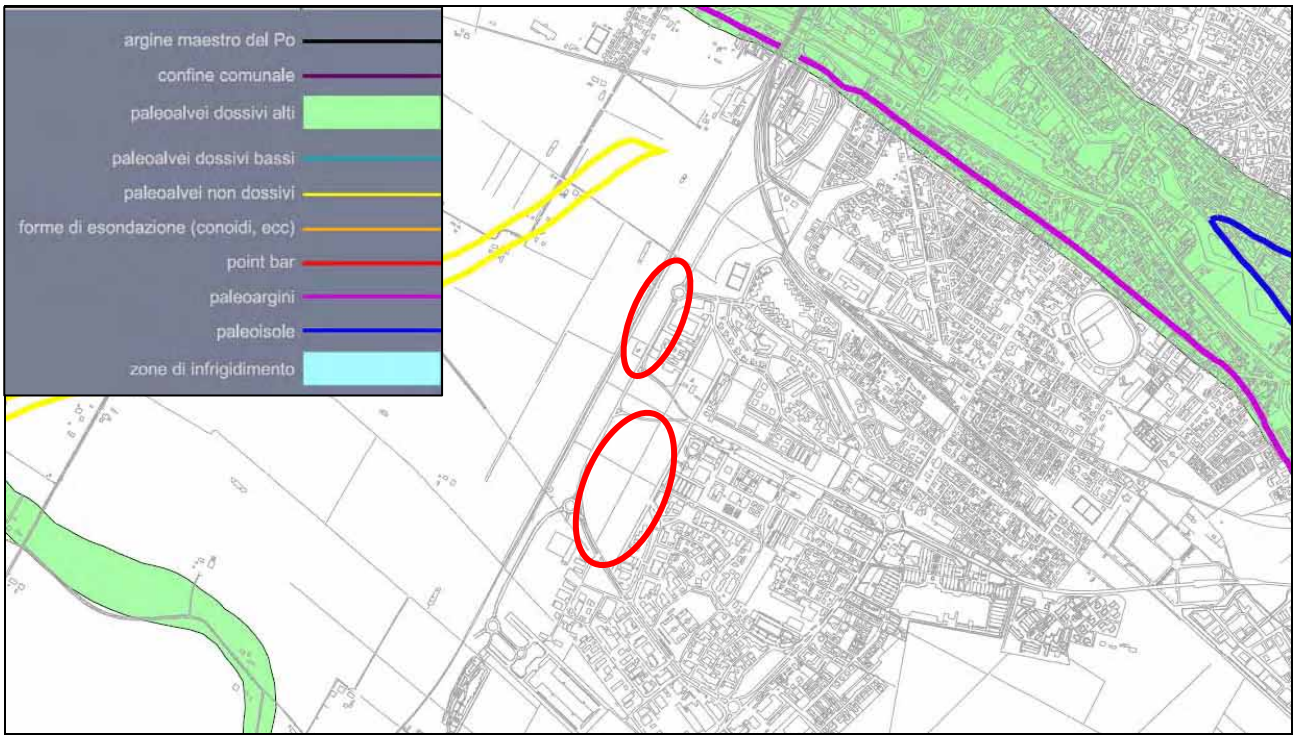


Figura 2.3-4
Stralcio della Tavola 1/02.16 - Carta Geomorfologica – Quadro Conoscitivo – Analisi geologiche - P.S.C. Ferrara

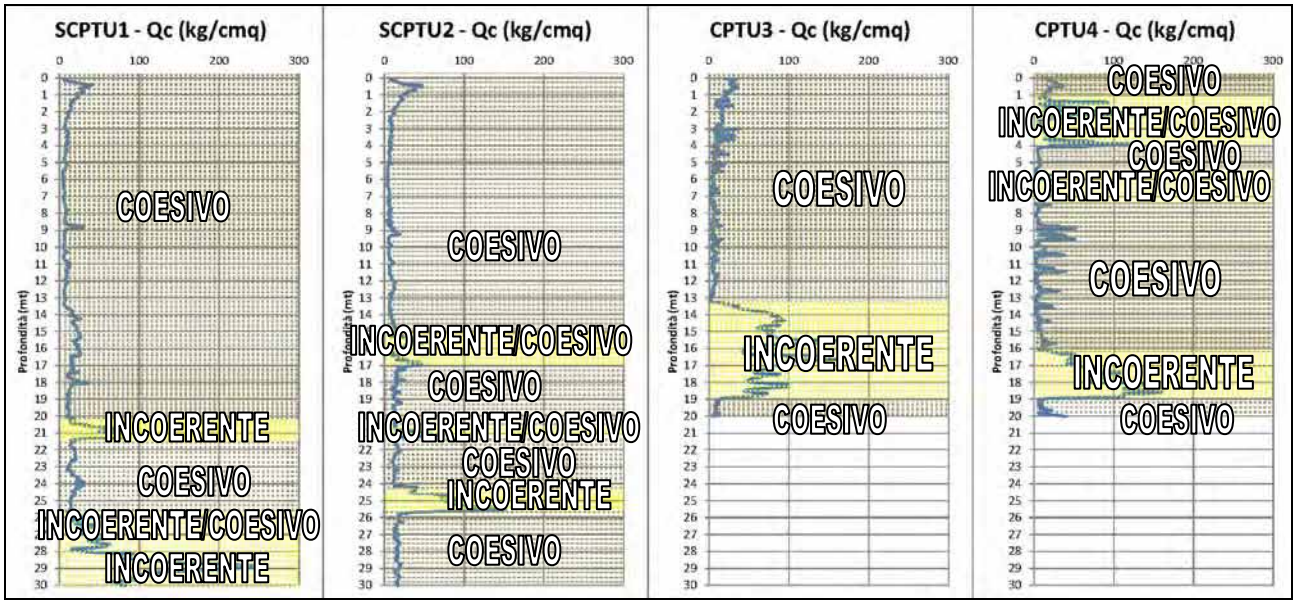


Figura 2.3-5
Grafici andamento resistenze alla punta delle prove effettuate

2.4. Subsidenza

In base agli studi messi a disposizione da Arpa, si evidenzia come le aree di studio ricadano in corrispondenza di zone con velocità a movimento verticale del suolo variabile da mm -2.5 a mm 0 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2006/2011, come si evince dalle cartografie nelle figure 2.4-1 e 2.4-2.

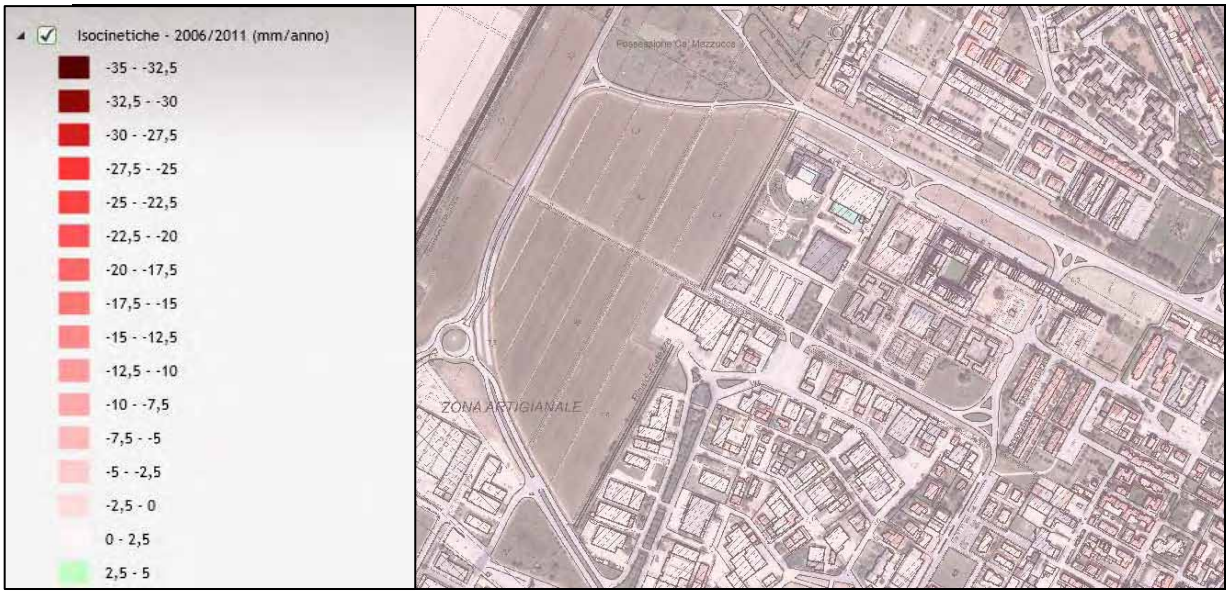


Figura 2.4-1

Stralcio della cartografia delle velocità di movimento verticale del suolo; elaborata dall'ARPA Emilia-Romagna *(http://servizigis.arpa.emr.it/Geovistaweb/default.aspx)*

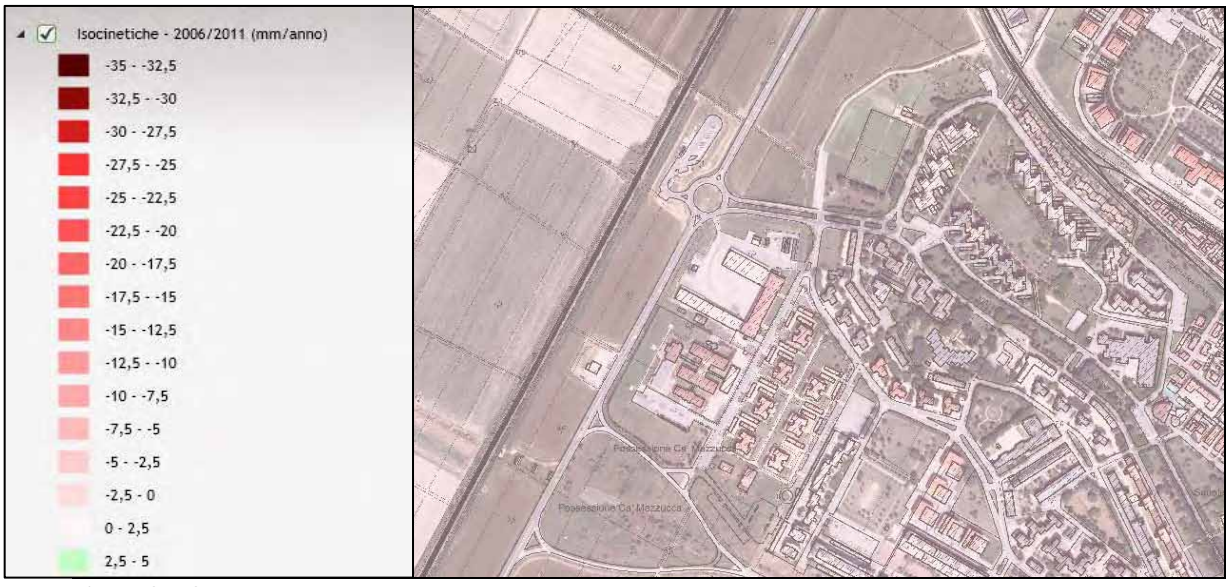


Figura 2.4-2

Stralcio della cartografia delle velocità di movimento verticale del suolo; elaborata dall'ARPA Emilia-Romagna *(http://servizigis.arpa.emr.it/Geovistaweb/default.aspx)*

2.5. Rischio geologico

Le aree oggetto di studio ricadono all'interno di un vasto territorio di pianura, nel quale non sussistono quindi rischi legati a movimenti di versante, erosioni o sismicità connessa a fenomeni vulcanici. Per quanto riguarda i rischi legati a problematiche di tipo idrogeologico e sismico, si rimanda ai paragrafi specifici di seguito riportati.

2.6. Caratteri idrogeologici e idrologici

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero "*una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici*".

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce "falda superficiale" un serbatoio d'acqua sotterranea che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini eseguite ed analizzate, alla data di esecuzione delle stesse, è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), alle profondità indicate in tabella:

TABELLA 2.6-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 22 OTTOBRE 2012 E 21 SETTEMBRE 2015 (PROVE ESEGUITE IN CORRISPONDENZA DELL'AREA DI P.U.A.)

Identificativo indagine	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (mt)
SCPTU1	Foro chiuso a mt 0.80
SCPTU2	Foro chiuso a mt 1.80
CPTU3	2.40
CPTU4	4.00

TABELLA 2.6-2

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 03 AGOSTO 2015 E 11 SETTEMBRE 2015 (PROVE ESEGUITE AD EST DELL'AREA DI INSEDIAMENTO RESIDENZIALE)

Identificativo indagine	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (mt)
CPTU1	Foro chiuso
SCPTU2	3.80

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, la prima acqua di strato che si incontra dal piano campagna, corrisponde ad acqua di saturazione a movimento prevalentemente verticale, in quanto individuata in litotipi coesivi (manca la componente serbatoio granulare).

Nelle successive valutazioni, come da indicazioni della scheda POC n° 4ANS-01, sarà considerata la quota della falda più elevata fra quelle misurate nel corso delle varie prove geognostiche e quella desumibile da dati conoscitivi dell'area. Per il caso specifico la profondità massima della superficie freatica è considerata pari a mt 2.40 da piano campagna.

Per quanto riguarda le acque di superficie, nelle cartografie viene indicata la presenza dello Scolo Mambro, ubicato in direzione nord ad una distanza di circa mt 190 dall'area di ampliamento del distributore di carburante, dello Scolo Fortezza tubato, ubicato sul confine est e sud-est della porzione principale di intervento, e dello Scolo Tesoriere, ubicato in direzione sud e tubato. I corsi d'acqua sopra elencati sono evidenziati e visibili nello stralcio della Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco di Figura 2.6-3.

Viste le loro distanze dai siti in esame, le caratteristiche dei corsi d'acqua e le caratteristiche litologiche, si ritiene che non possano concorrere direttamente nella regimazione della falda o acqua di saturazione nel breve e medio periodo, ma solamente in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche.

In ragione di quanto sopra, la regimazione della falda in zona o acqua di saturazione sarà attualmente regolata principalmente dall'evapotraspirazione e dall'infiltrazione efficace, particolarmente favorite dall'attuale destinazione agricola dei terreni e dalla scolo delle acque meteoriche attraverso i fossi laterali agli stessi campi agricoli e laterali alle strade.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come le aree in esame non siano state soggette ad allagamenti nel tempo.

<u>Supporti Grafici e Cartografici:</u>
- Figura 2.6-1. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 2.6-2. Schema movimento dell'acqua nel sottosuolo
- Figura 2.6-3. Stralcio Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco
- Figura 2.6-4. Stralcio Carta Tecnica Regionale con canali in evidenza – scala 1:10.000
- Figura 2.6-5. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

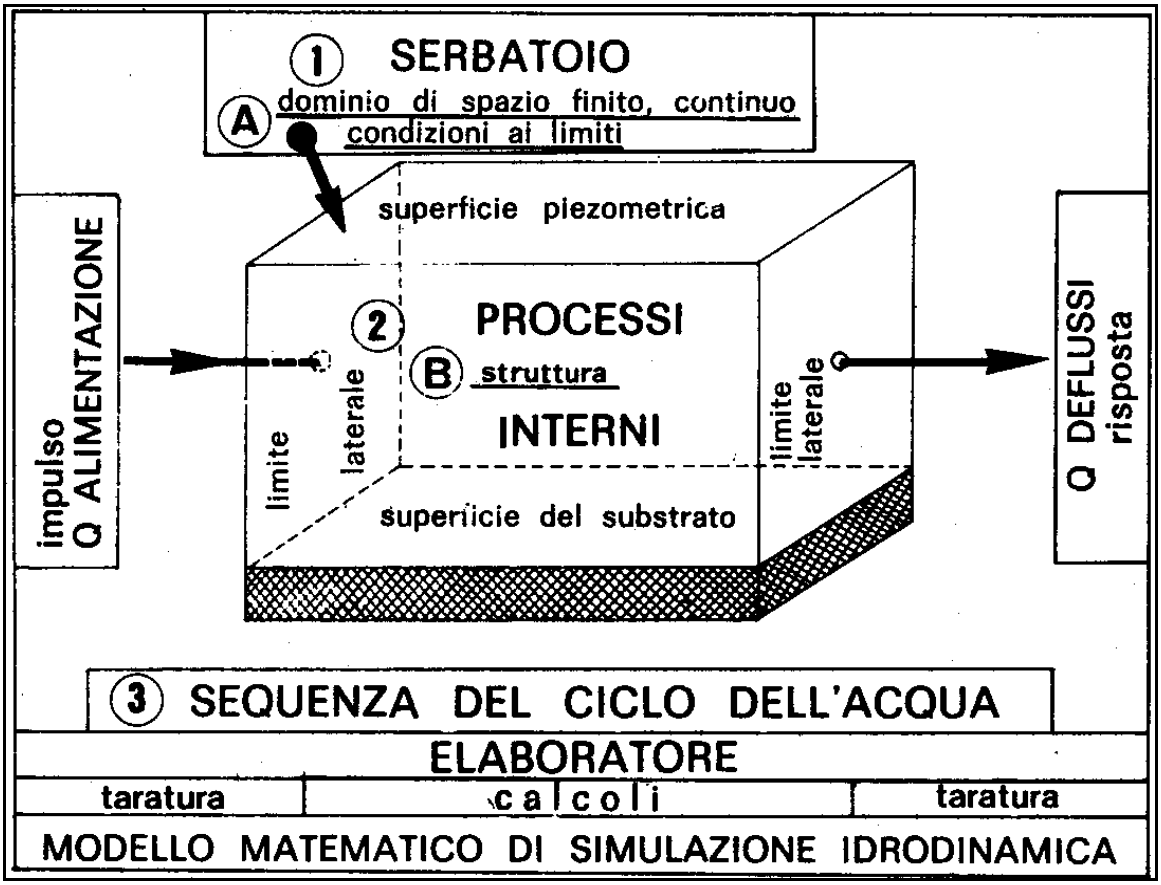


Figura 2.6-1
Schema di identificazione del sistema acquifero

direzione	verso	fenomenologia	zone di umidità interessate
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	–	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 2.6-2
Movimento dell'acqua nel sottosuolo

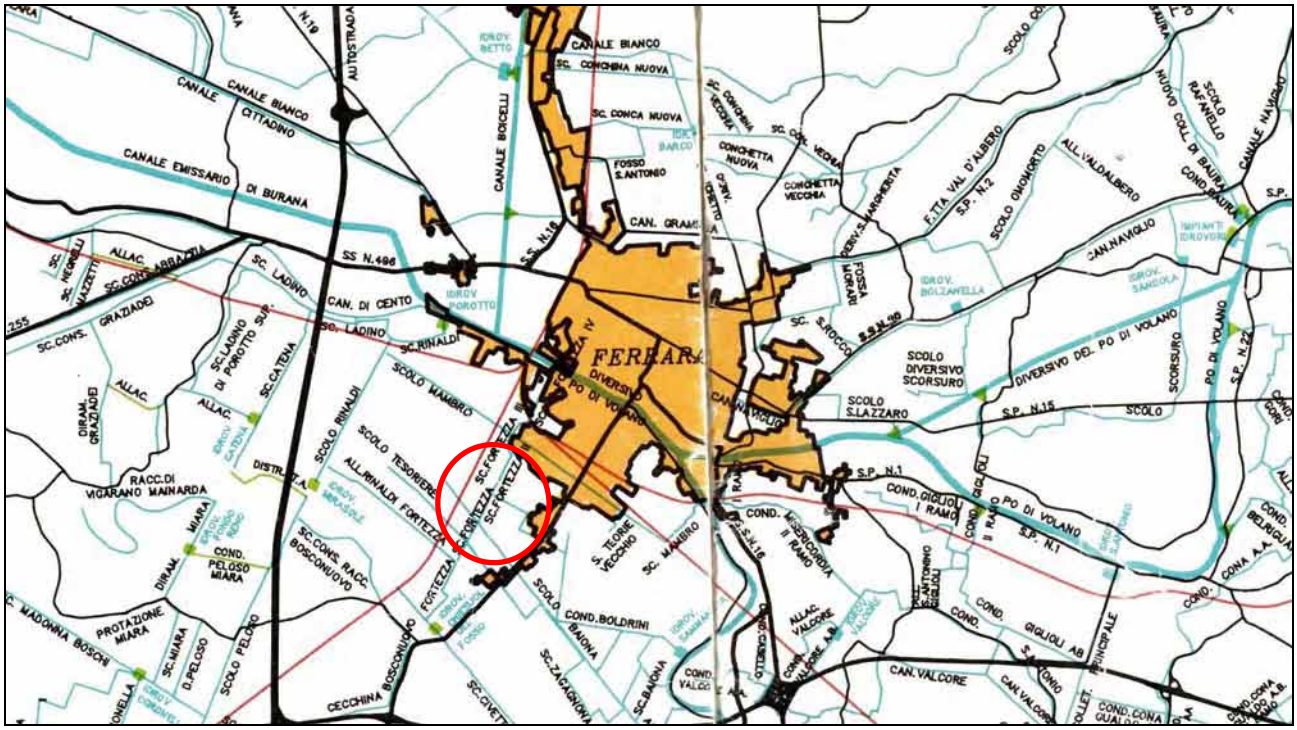


Figura 2.6-3
Stralcio Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco
Scala 1:100.000

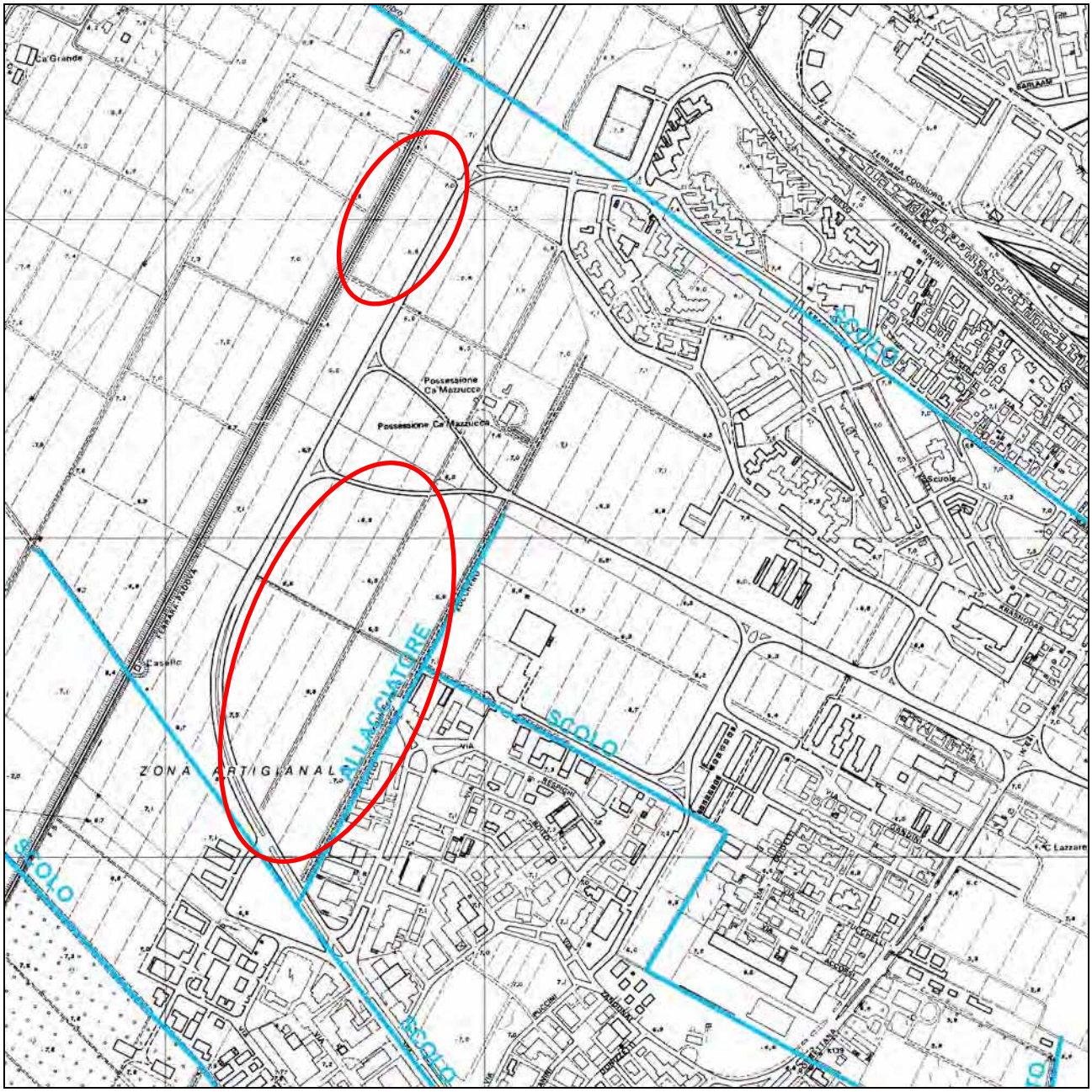


Figura 2.6-4
Stralcio Carta Tecnica Regionale con evidenziati i canali
Scala 1:10.000

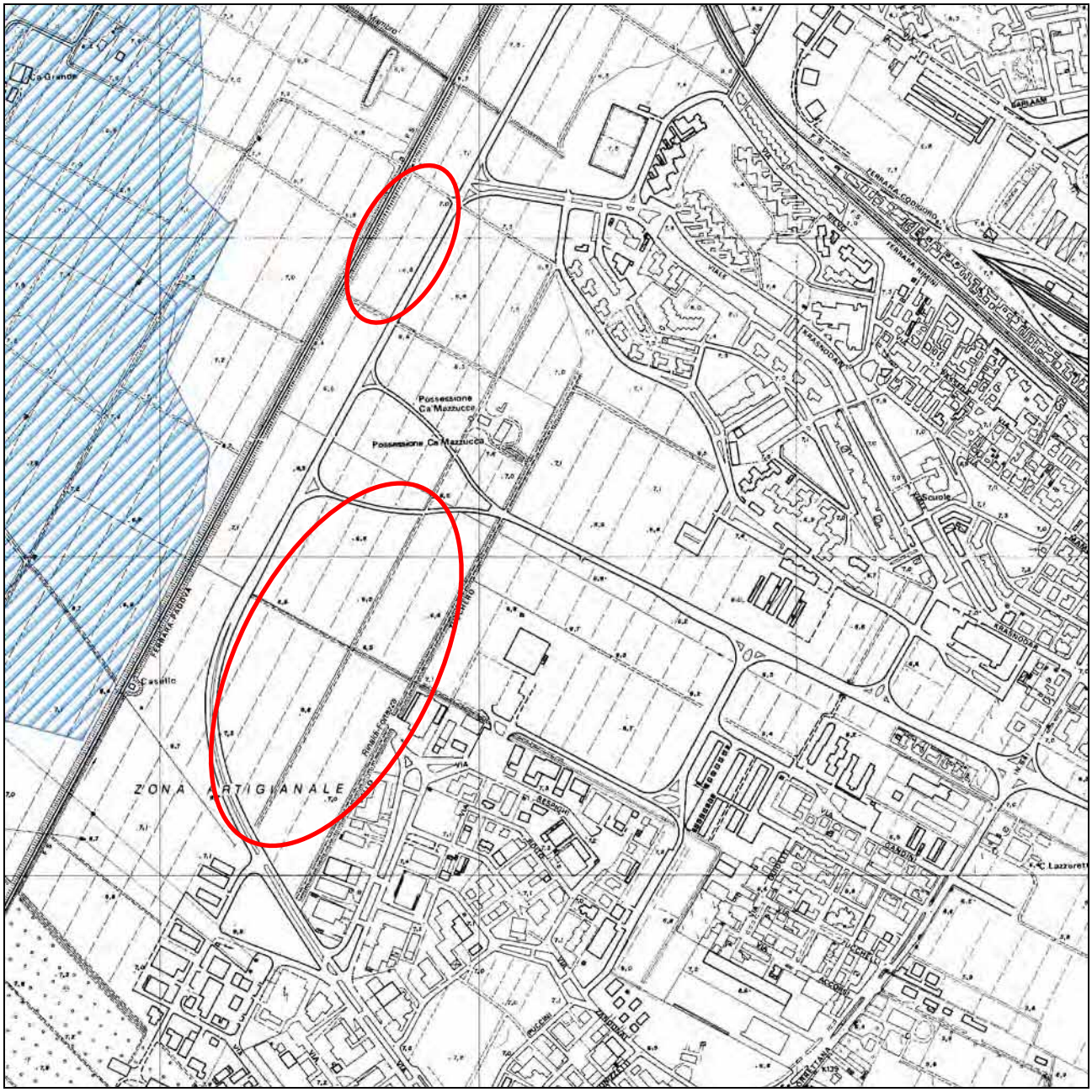


Figura 2.6-5
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

2.6.1. RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Facendo seguito a quanto anticipato nel precedente paragrafo, come risulta da scheda POC, le aree oggetto di studio risultano comprese in una zona potenzialmente soggetta ad allagamenti e ristagno di acque meteoriche anche in assenza di rotte fluviali. Particolarmente frequente è il ristagno di acque nella striscia compresa fra la linea ferroviaria Ferrara – Bologna e via Ferraresi.

In tale zona si applica l'art. 118 comma 4 delle NTA del RUE, il quale cita testualmente:

4. Aree a rischio di allagamento

La tav. 6 individua, anche con riferimento alla "fascia C" del Piano Stralcio per le aree fluviali adottato dalla Autorità di Bacino del Po, le aree soggette a grave rischio di allagamento (da fiumi e canali). All'interno di tali aree:

- qualsiasi intervento di modificazione plano-altimetrica del suolo, ivi comprese la realizzazione di infrastrutture stradali e di sottoservizio, dovrà essere accompagnato da adeguato studio che verifichi l'effetto dell'intervento in funzione dell'evento oggetto del rischio;

- non sono consentiti piani interrati o seminterrati;

- ai piani terra dei nuovi edifici non vanno preferibilmente collocati locali destinati al soggiorno stabile delle persone e comunque è fatto divieto di prevedere, nei nuovi edifici, camere da letto a quote inferiori a m 3 dal piano di campagna esistente.

Per quanto di competenza dello scrivente, non si ritiene opportuno approfondire le tematiche sopra elencate, le quali dovranno essere affrontate dal Progettista. Si segnala solamente che, in merito alla raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, sarà comunque opportuno, ove possibile, contenere la copertura delle aree impermeabilizzate, in modo da favorire l'infiltrazione efficace e quindi ridurre l'alterazione dell'attuale regimazione della falda.

In merito alla costruzione di piani seminterrati, il progetto prevede che il piano autorimesse sia seminterrato rispetto ad un incremento di quota di progetto e non rispetto al piano campagna attuale, quindi si ritiene che la prescrizione sia rispettata.

Relativamente alle indicazioni dell'art. 85 – comma 2, del Regolamento Edilizio del Comune di Ferrara, non si esclude a priori la possibilità di realizzare trincee drenanti, previa verifica del livello della falda e delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, che saranno però probabilmente molto basse, comunque da valutarsi nell'ambito della progettazione della vasca di laminazione prevista dal PUA previgente e localizzata tra via Ferraresi e la ferrovia. Difficoltosa si ritiene anche la realizzazione di pozzi disperdenti, in quanto in questo caso per concretizzare una superficie utile disperdente di elevate dimensioni, sarebbe necessario realizzare un numero elevato di pozzi, con conseguenti oneri economici, ed inoltre le caratteristiche dei terreni non paiono comunque tali da consentirne la fattibilità.

L'art. 85 – comma 2 del Regolamento Edilizio del Comune di Ferrara cita testualmente:

2. Ovunque sia disponibile un ricettore della rete di scolo superficiale, dovrà essere evitata la confluenza delle acque meteoriche in fognatura mista. Sono raccomandati sistemi di recupero e riutilizzo delle acque piovane, come da scheda requisito di prestazione ambientale n° 16. In alternativa, laddove le caratteristiche dei terreni e delle falde sotterranee lo consentano e le attività previste non comportino rischi di inquinamento delle falde medesime, potranno, previo parere del Servizio Geologico e Protezione civile del Comune, essere previsti adeguati dispositivi per l'infiltrazione delle acque meteoriche in falda, quali trincee drenanti o pozzi disperdenti.

2.7. Campagna di indagini

Tipologia indagini disponibili o eseguite in questa fase di studio: prove penetrometriche statiche con piezocono sismico, prove penetrometriche statiche con piezocono, analisi di laboratorio terre ed indagine geofisica a supporto delle SCPTU.

2.7.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO SISMICO (SCPTU)

Numero di indagini eseguite: 2.
Numero di indagini analizzate: 1.

In base alla circolare 2 Febbraio 2009, N. 617 – C.S.LL.PP., C6.2.2, le indagini geognostiche devono garantire una adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo del terreno, definita come "*la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa*". A tal proposito, in funzione delle caratteristiche delle opere in progetto, degli scopi del presente lavoro e delle informazioni disponibili, in accordo con le prescrizioni dei regolamenti comunali vigenti, sono stati definiti il numero e le profondità d'indagine.

Profondità d'indagine: SCPTU1, mt 30.00 da piano campagna; SCPTU2, mt 30.00 da piano campagna; SCPTU2), mt 30.00 da piano campagna (ubicata immediatamente ad est della futura area di insediamento residenziale.

In base alla conoscenza della zona da parte dello scrivente e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove risultano sufficienti per verificare l'eventuale presenza di strati spessi di sabbia potenzialmente liquefacibile. Nello specifico, per manufatti con fondazioni superficiali, se fosse presente terreno sabbioso saturo a profondità superiori a mt 15.00/20.00 dal piano campagna, si potrebbe omettere la verifica della suscettibilità a liquefazione in quanto il carico litostatico costituisce un fattore contrastante rispetto all'innesco di tale fenomeno. *La liquefazione è un fenomeno che si verifica in formazioni sabbiose sature d'acqua, con superfici di falda entro pochissimi metri dalla superficie. Molto difficilmente essa arriva ad interessare strati che si trovino a profondità maggiori di mt 15-20 ("La liquefazione del terreno in condizioni sismiche", da Crespellani, Nardi, Simoncini, 1988). Questa profondità corrisponde, in campo libero, a una pressione litostatica totale intorno a 0.3 – 0.4 Mpa. È molto difficile che un evento sismico riesca a produrre variazioni di pressione interstiziale Δu superiori a questo valore ("La liquefazione dei terreni" – Teoria, normativa e procedura di calcolo, Di Bernardo, 2011).*

Le profondità raggiunte e le modalità di indagine, sono state inoltre mirate a fornire informazioni in merito alla categoria di suolo.

2.7.2. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO (CPTU)

Numero di indagini eseguite: 2.
Numero di indagini analizzate: 1.

Le prove sono state eseguite/analizzate al fine di integrare quanto disponibile, anche in ragione della particolarità della zona e delle prescrizioni contenute nella scheda POC 4ANS-01.

Profondità d'indagine: CPTU3, mt 20.00 da piano campagna; CPTU4, mt 20.00 da piano campagna; CPTU1, mt 20.00 da piano campagna (ubicata immediatamente ad est rispetto alla futura area di insediamento residenziale).

In base alla conoscenza della zona da parte dello scrivente e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove risultano

anche in questo caso sufficienti per verificare l'eventuale presenza di strati spessi di sabbia potenzialmente liquefacibile.

2.7.3. CAMPIONI TERRENO ED ANALISI EFFETTUATE

In data 21 settembre 2015, per mezzo di un campionatore ad infissione sono stati prelevati n. 4 campioni di terreno in corrispondenza delle aree di studio. Nello specifico, sono stati prelevati n. 2 campioni finalizzati al dimensionamento del pacchetto stradale e n. 2 campioni per effettuare le analisi indirizzate a valutare i cedimenti post-sismici.

Numero campioni prelevati: 4.

Modalità di prelievo: campionatore ad infissione.

Profondità di campionamento C1: da mt 0.60 a mt 1.20

Profondità di campionamento C2: da mt 0.60 a mt 1.20

Profondità di campionamento C3: da mt 2.00 a mt 2.60

Profondità di campionamento C4: da mt 2.00 a mt 2.60

Analisi effettuate: su n. 2 campioni classificazione (limiti di Atterberg e granulometrie a tre setacci), su n. 2 campioni limiti di consistenza di Atterberg.

Laboratorio incaricato: Geotea s.r.l. via della Tecnica civ. 57/A4 – San Lazzaro di Savena (Bo)

Documentazione Allegata:

- Allegato 6. Certificati di laboratorio geotecnico

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 2.7.2-1. Foto da satellite degli ambiti
- Immagine 2.7.2-2. Foto da satellite - Ubicazione indagini nella futura area di insediamento residenziale
- Immagine 2.7.2-3. Foto da satellite – Ubicazione indagini nell'area di ampliamento distributore di carburanti
- Immagine 2.7.2-4. Foto da satellite - Ubicazione punti di campionamento nella futura area di insediamento residenziale
- Immagine 2.7.2-5. Fase di esecuzione CPTU3
- Immagine 2.7.2-6. Fase di esecuzione CPTU4
- Figura 2.7.2-7. Planimetria area di insediamento residenziale
- Figura 2.7.2-8. Planimetria area di ampliamento distributore di carburante

Immagine 2.7-1
Foto da satellite degli ambiti

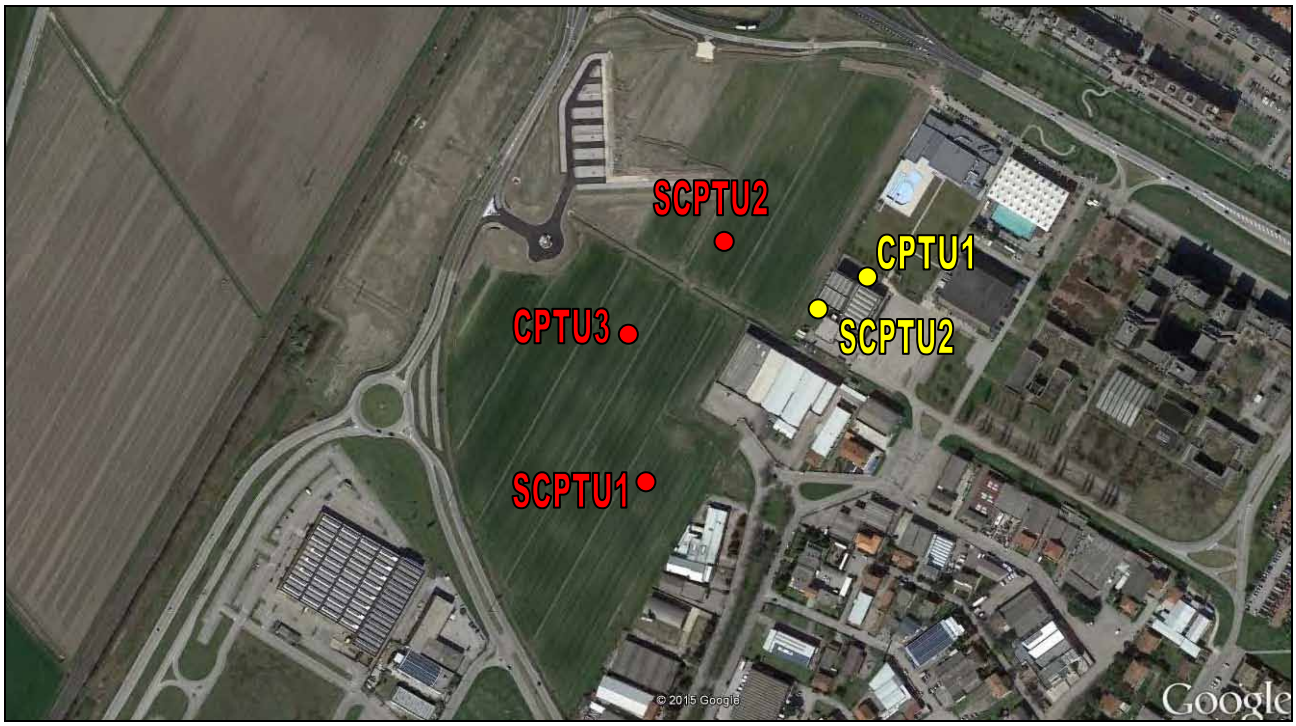


Immagine 2.7-2
Foto da satellite
Ubicazione indagini nella futura area di insediamento residenziale
🔴 Ubicazione delle indagini eseguite per il comparto POC n. 4ANS01
🟡 Ubicazione delle indagini eseguite ad est dell'area destinata ad insediamento residenziale

Immagine 2.7-3
Foto da satellite
● Ubicazione indagine eseguita in corrispondenza dell'area di ampliamento distributore di carburante

Immagine 2.7-4
Foto da satellite
Ubicazione punti di campionamento nella futura area di insediamento residenziale

Immagine 2.7-5
Fase di esecuzione CPTU3

Immagine 2.7-6
Fase di esecuzione CPTU4

Figura 2.7-7
Planimetria area di insediamento residenziale

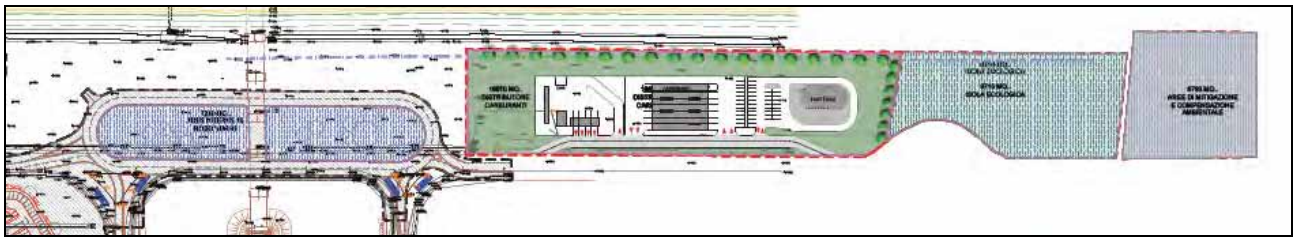


Figura 2.7-8
Planimetria area di ampliamento distributore di carburante

2.8. Campagna geognostica - Risultati

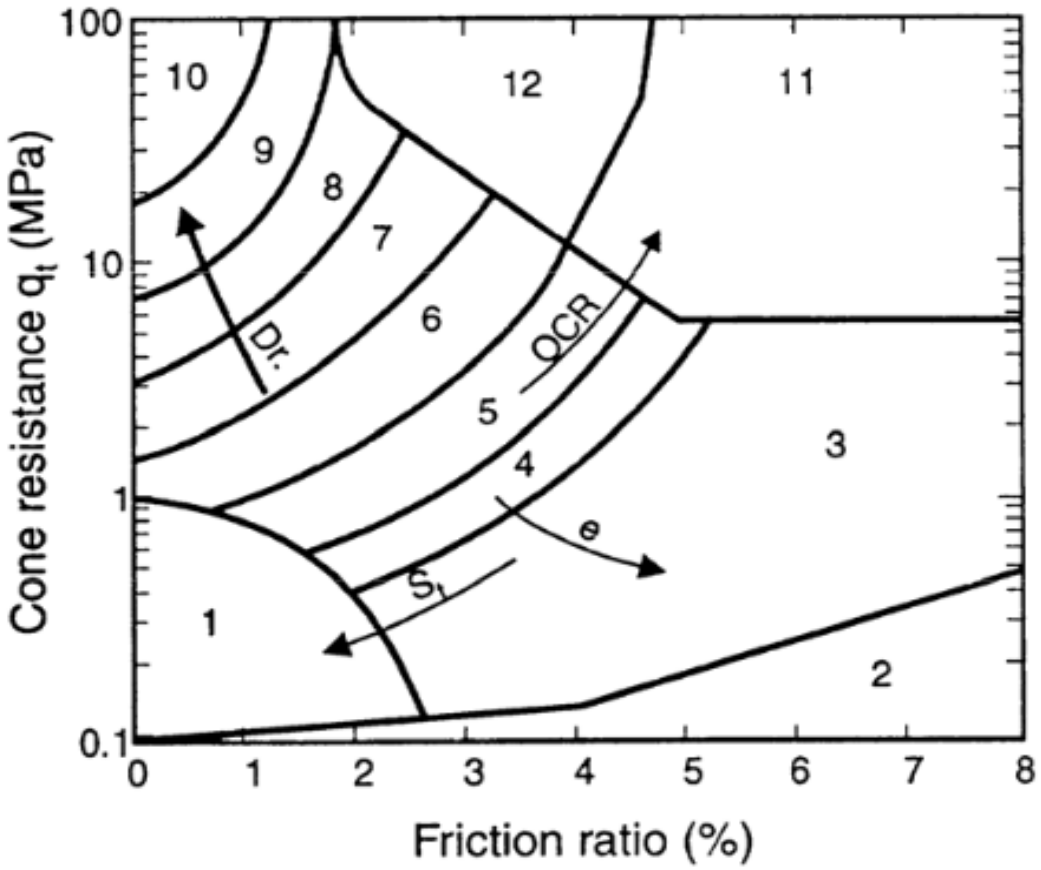
Come accennato, al fine di acquisire dati specifici dei siti, sono state effettuate due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte a mt 20.00 dal piano campagna, due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico spinte a mt 30.00 dal piano campagna e sono state analizzate n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono e n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico eseguite ad est della futura area di insediamento residenziale. Infine sono state eseguite analisi su campioni di laboratorio ed è stata effettuata un'analisi di risposta sismica locale, utilizzando anche una prova geofisica eseguita ad integrazione delle SCPTU.

2.8.1. CARATTERI LITOLOGICI

2.8.1.1. Modalità di valutazione – SCPTU e CPTU

Per il riconoscimento delle successioni litostratigrafiche, è stato utilizzato il metodo di Robertson 1986, tramite applicazione di un pacchetto software Geostru. Tale metodo è uno dei consigliati per le elaborazioni delle CPTE nelle zone in cui ci si è trovati ad operare.

Si riporta nella pagina seguente il grafico del tipo di comportamento di terreno (SBT) utilizzato dal metodo di Robertson 1986. Esso utilizza 12 classi di tipo di suolo, a differenza del metodo Robertson 1990 che ne utilizza 9. Inoltre il metodo è basato sulla resistenza alla punta qc ed il rapporto di attrito Rf, mentre i grafici più recenti sono sviluppati sulla base di parametri normalizzati.



Zone	*Soil Behavior Type*
1	*Sensitive fine grained*
2	*Organic material*
3	*Clay*
4	*Silty Clay to clay*
5	*Clayey silt to silty clay*
6	*Sandy silt to clayey silt*
7	*Silty sand to sandy silt*
8	*Sand to silty sand*
9	*Sand*
10	*Gravelly sand to sand*
11	*Very stiff fine grained**
12	*Sand to clayey sand**

** Overconsolidated or cemented*

Figura 2.8.1.1-1

Grafico SBT di Robertson et al (1986) in base alla resistenza del cono CPT, qt, e il rapporto di attrito, Rf (dove Rf = (fs / qt) il 100%)

2.8.1.2. Definizione delle unità litotecniche – SCPTU e CPTU

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi in seguito alla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati, sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana. Per mezzo delle elaborazioni delle prove, è stato possibile definire le litologie e gli strati elencati nelle seguenti tabelle, descritti con riferimento alla prevalenza dei terreni in essi contenuti.

TABELLA 2.8.1.2-1
SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore
	tetto (mt)	letto (mt)		(mt)
1	0.00	0.86	Argille limose - argille	0.86
2	0.86	8.64	Argille	7.78
3	8.64	13.46	Argille	4.82
4	13.46	20.36	Argille limose - argille	6.90
5	20.36	21.38	Sabbie – sabbie limose	1.02
6	21.38	25.72	Argille	4.34
7	25.72	28.10	Limi sabbiosi e limi argillosi	2.38
8	28.10	30.00	Sabbie	1.90

TABELLA 2.8.1.2-2
SCPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore
	tetto (mt)	letto (mt)		(mt)
1	0.00	0.68	Argille limose - argille	0.68
2	0.68	7.46	Argille	6.78
3	7.46	9.30	Argille limose - argille	1.84
4	9.30	15.26	Argille	5.96
5	15.26	17.08	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.82
6	17.08	20.82	Argille	3.74
7	20.82	21.20	Sabbie limose – limi argillosi	0.38
8	21.20	24.66	Argille limose - argille	3.46
9	24.66	25.70	Sabbie – sabbie limose	1.04
10	25.70	30.00	Argille	4.30

TABELLA 2.8.1.2-3
CPTU3 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	5.84	Argille limose - argille	5.84	
2	5.84	13.28	Argille	7.44	
3	13.28	18.92	Sabbie – sabbie limose	5.64	
4	18.92	20.00	Argille	1.08	

TABELLA 2.8.1.2-4
CPTU4 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	1.36	Argille	1.36	
2	1.36	4.12	Limi sabbiosi e limi argillosi	2.76	
3	4.12	5.98	Argille	1.86	
4	5.98	7.32	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.34	
5	7.32	16.30	Argille limose - argille	8.98	
6	16.30	18.94	Sabbie	2.64	
7	18.94	20.00	Argille limose - argille	1.06	

TABELLA 2.8.1.2-5
CPTU1 (PROVA AD EST DELLA FUTURA AREA DI INSEDIAMENTO RESIDENZIALE) – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	2.00	Argille limose – argille	2.00	
2	2.00	4.56	Limi argillosi e argille limose	2.56	
3	4.56	6.04	Limi argillosi e argille limose	1.48	
4	6.04	7.70	Argille limose – argille	1.66	
5	7.70	9.00	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.30	
6	9.00	10.42	Sabbie limose – limi argillosi	1.42	
7	10.42	14.66	Argille limose – argille	4.24	
8	14.66	16.80	Sabbie – sabbie limose	2.14	
9	16.80	20.06	Sabbie	3.26	

TABELLA 2.8.1.2-6
SCPTU2 (PROVA AD EST DELLA FUTURA AREA DI INSEDIAMENTO RESIDENZIALE) – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore
	tetto (mt)	letto (mt)		(mt)
1	0.00	0.62	Limi sabbiosi e limi argillosi	0.62
2	0.62	2.12	Argille	1.50
3	2.12	2.66	Limi sabbiosi e limi argillosi	0.54
4	2.66	6.44	Argille limose – argille	3.78
5	6.44	11.32	Sabbie – sabbie limose	4.88
6	11.32	14.66	Limi argillosi e argille limose	3.34
7	14.66	22.72	Sabbie – sabbie limose	8.06
8	22.72	27.18	Argille	4.46
9	27.18	29.06	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.88
10	29.06	30.30	Sabbie	1.24

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 3.4.1 della presente relazione.

Di seguito si riportano i grafici delle prove elaborate per mezzo del software Static Probing.

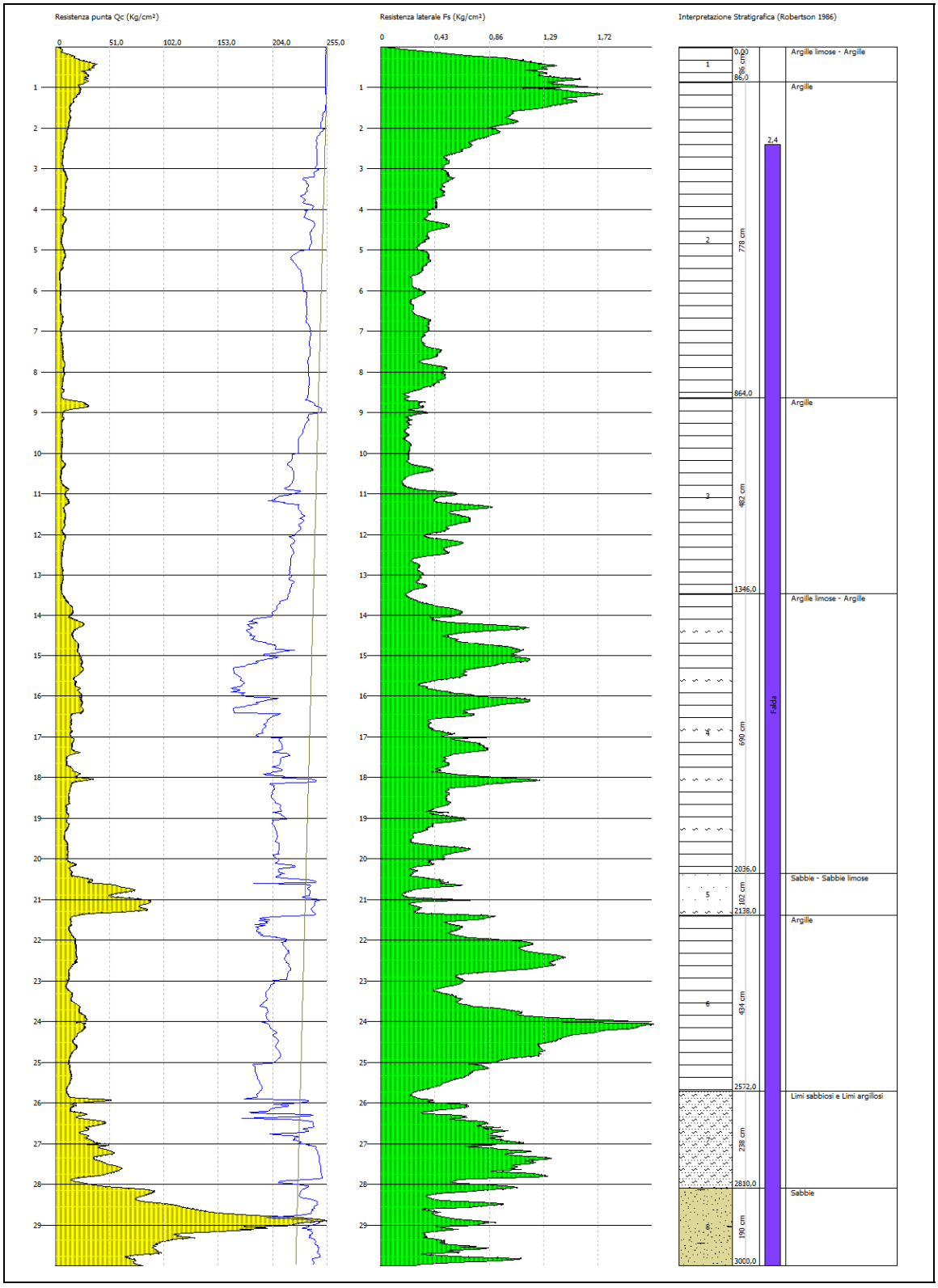


Figura 2.8.1.2-1
Grafico prova SCPTU1

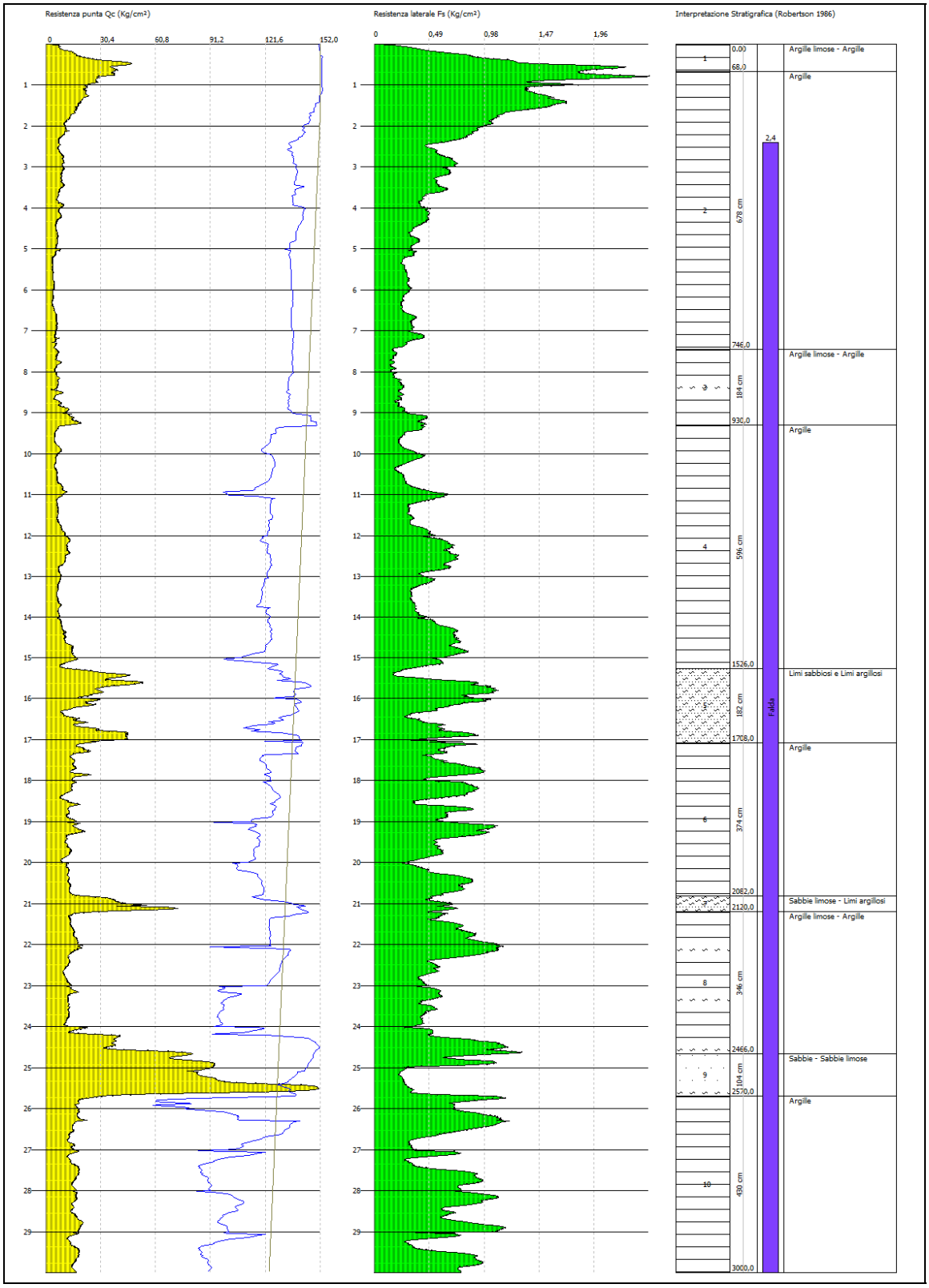


Figura 2.8.1.2-2
Grafico prova SCPTU2

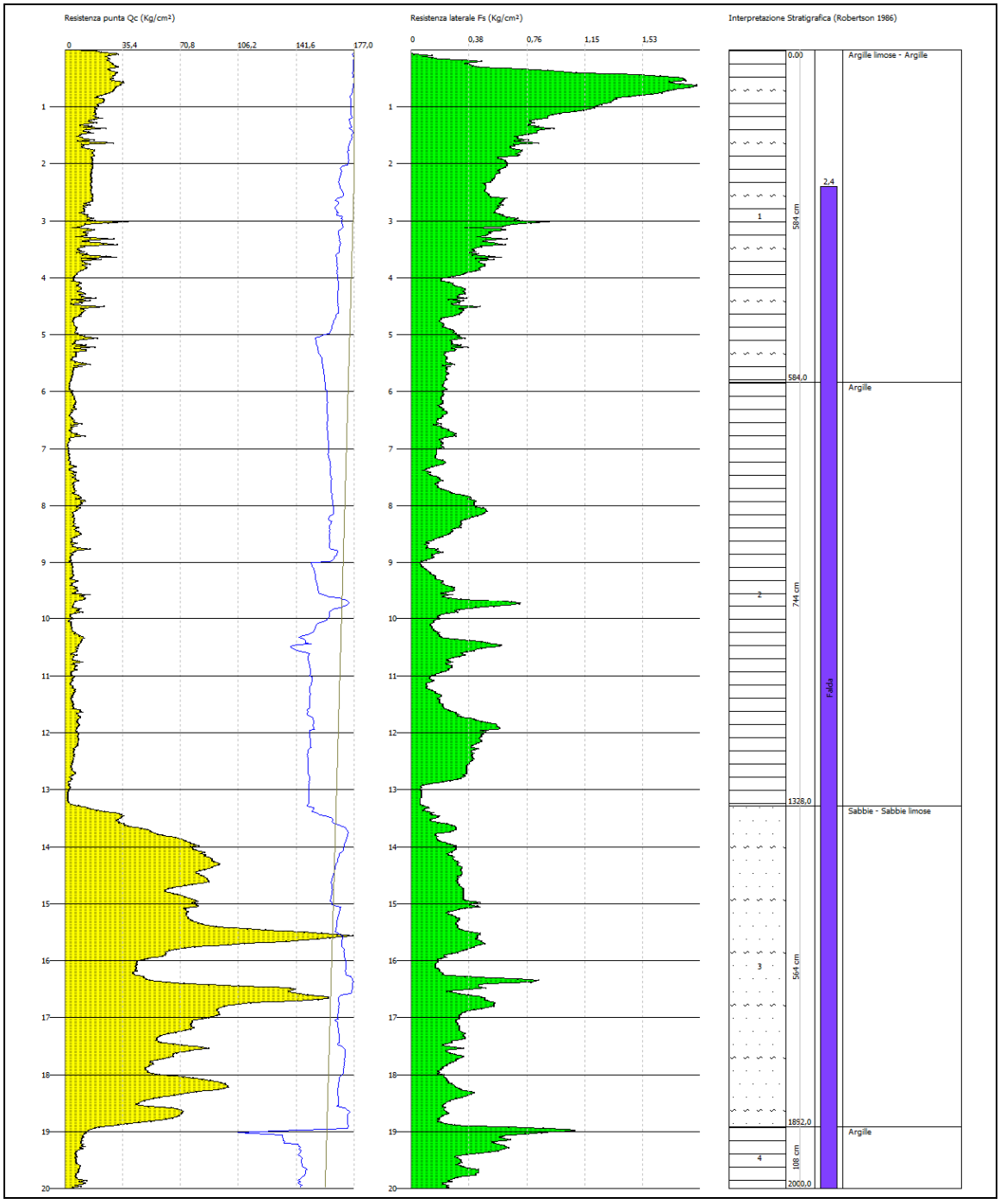


Figura 2.8.1.2-3
Grafico prova CPTU3

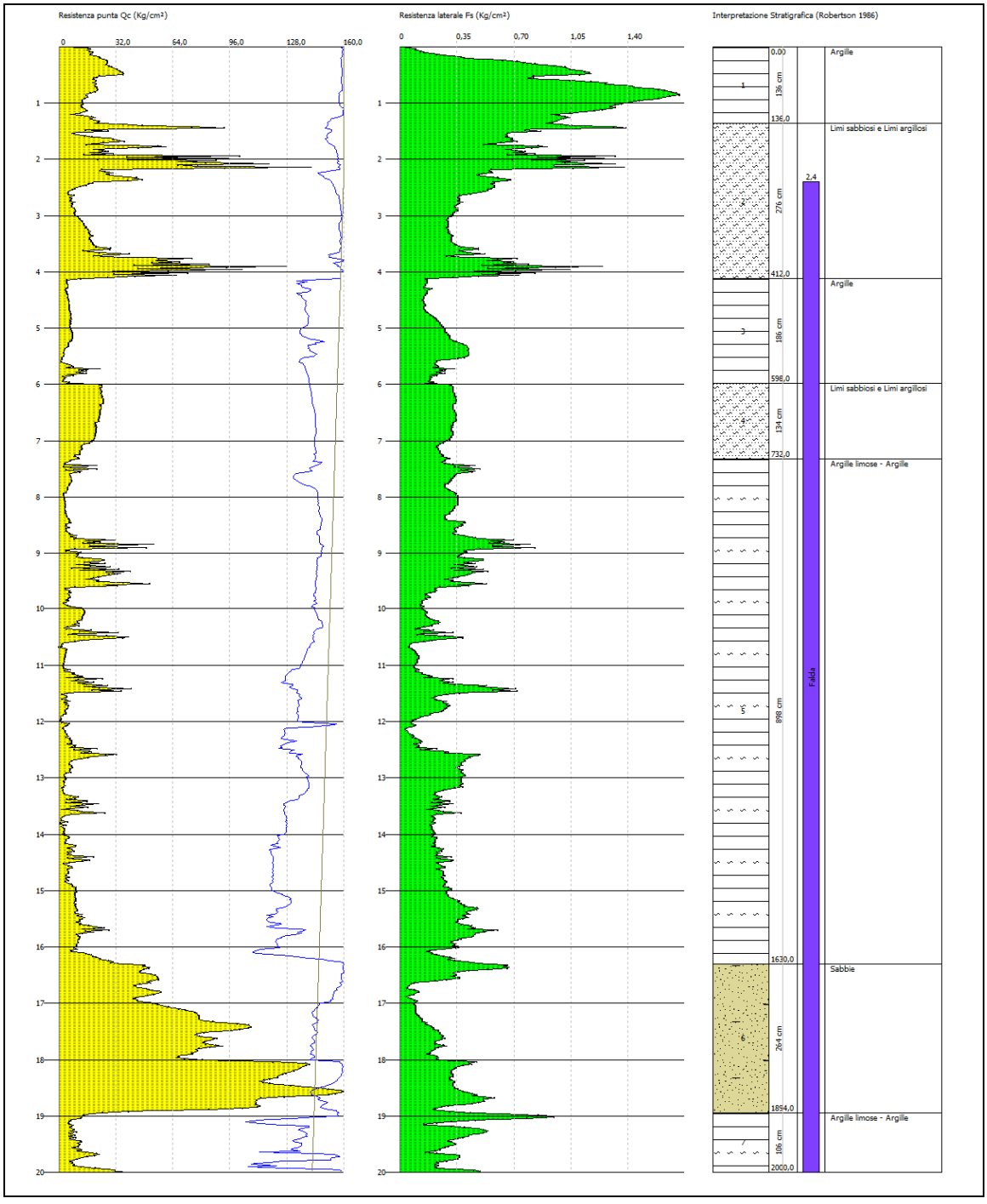


Figura 2.8.1.2-4
Grafico prova CPTU4

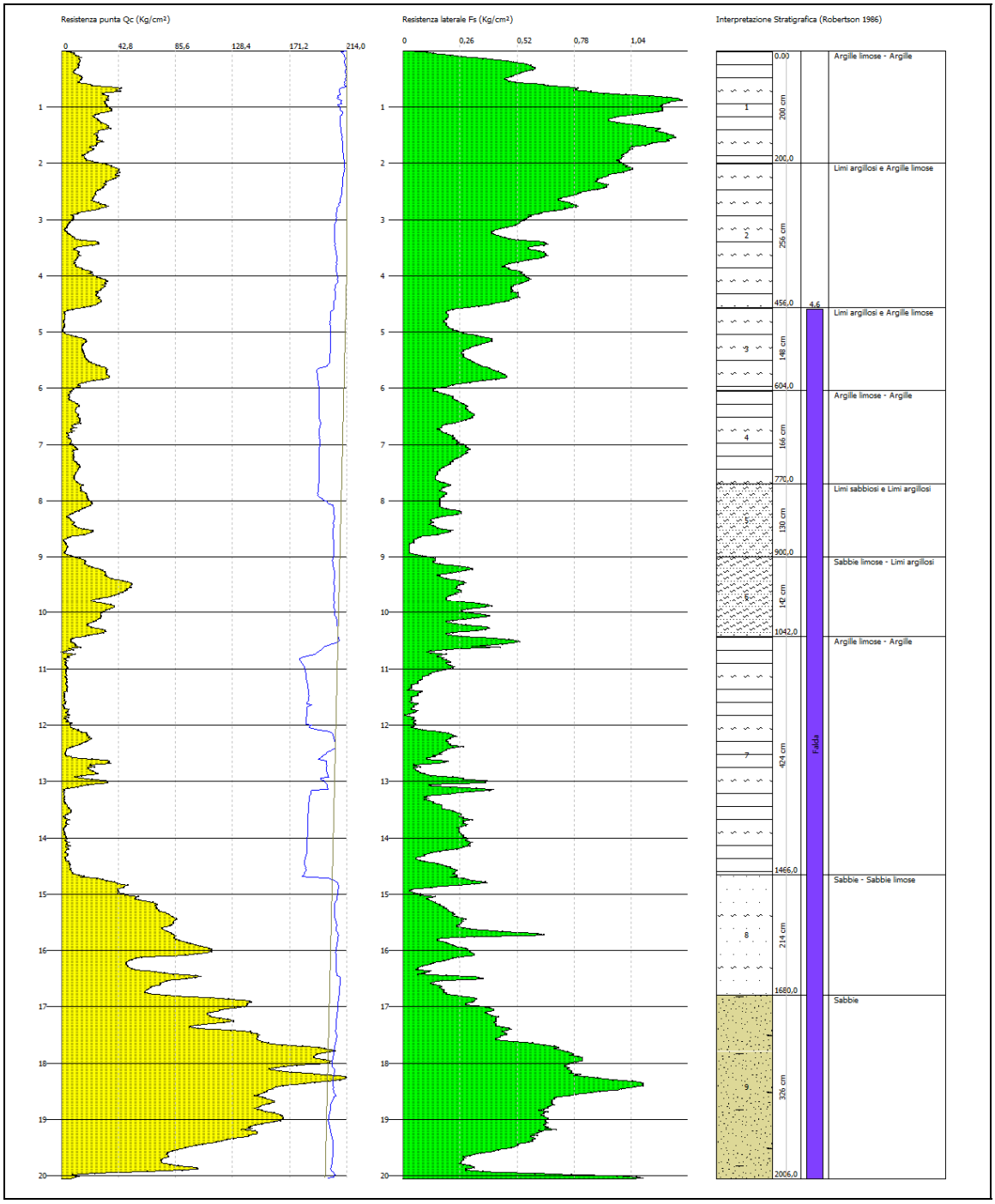


Figura 2.8.1.2-5
Grafico prova CPTU1 (posta ad est dell'area del futuro insediamento residenziale)

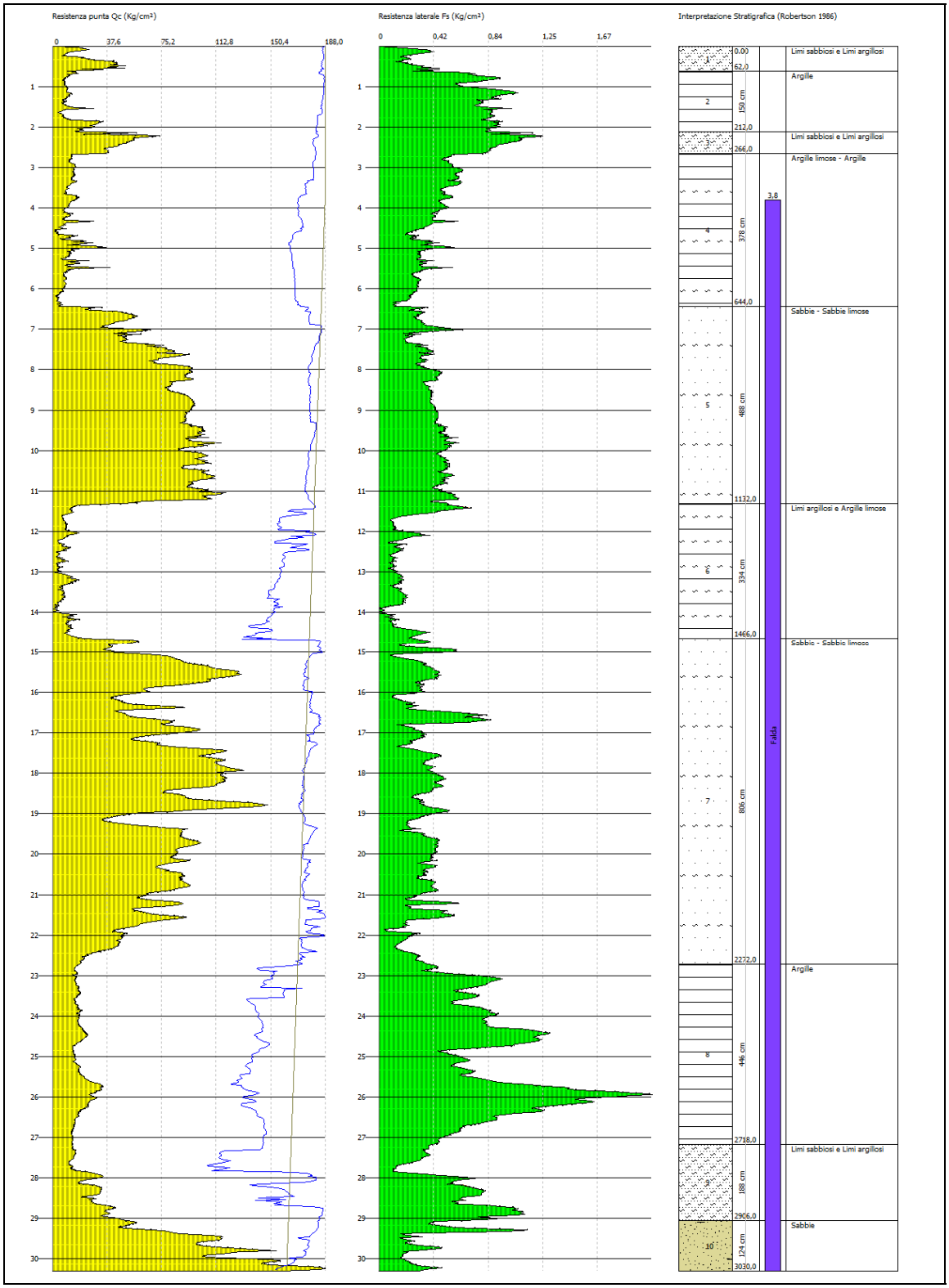


Figura 2.8.1.2-6
Grafico prova SCPTU2 (posta ad est dell'area del futuro insediamento residenziale)

Supporti Grafici:

- Allegati 1 - 4. Certificati prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono e prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico

2.8.1.3. Campioni di terreno – risultati analitici

Per mezzo delle analisi di laboratorio è stato possibile definire come, i terreni campionati per mezzo dei campioni C1 e C2, siano così classificabili:

TABELLA 2.8.1.3-1
CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

Nome campione	Profondità (mt)	Classificazione CNR-UNI	Indice di gruppo	classificazione USCS
C1	0.60 – 1.20	A 7-6	17.4	CH-OH
C2	0.60 – 1.20	A 7-5	15.2	MH-OH

A 7-6 = argille fortemente compressibili, fortemente plastiche
A 7-5 = argille fortemente compressibili, mediamente plastiche
CH = argilla inorganica ad alta plasticità, argilla "grassa"
OH = argilla organica a media-alta plasticità, limo organico
MH = limo inorganico, terreni sabbiosi o limosi fini a base di mica o diatomee, limo elastico

TABELLA 2.8.1.3-2
LIMITI DI ATTERBERG

Nome campione	Profondità (mt)	Limite Liquido (%)	Limite Plastico (%)	Indice Plastico
C1	0.60 – 1.20	55	29	26
C2	0.60 – 1.20	54	33	21
C3	2.00 – 2.60	63	41	22
C4	2.00 – 2.60	59	37	22

Le litologie e le caratteristiche determinate per mezzo dei campioni analizzati, trovano corrispondenza con le indagini geognostiche eseguite ed analizzate.

L'unica prova penetrometrica che appare parzialmente discordante è la n. 4, la quale però è stata effettuata in corrispondenza della futura area di servizio, e non nei pressi dei punti di campionamento.

Documentazione Allegata:

- Allegato 6. Certificati di laboratorio geotecnico

2.9. Analisi vincolistica

2.9.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Ferrara non ricade in una zona soggetta a vincolo idrogeologico, come risulta dall'allegato 1 della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1117/2000.

2.9.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Come si desume dall'estratto cartografico proposto in figura 2.9.2-1, la zona oggetto di studio ricade all'interno di un'area classificata a rischio moderato R1, per la quale sono possibili danni sociali ed economici marginali, in seguito a dissesti di natura idraulica e idrogeologica.

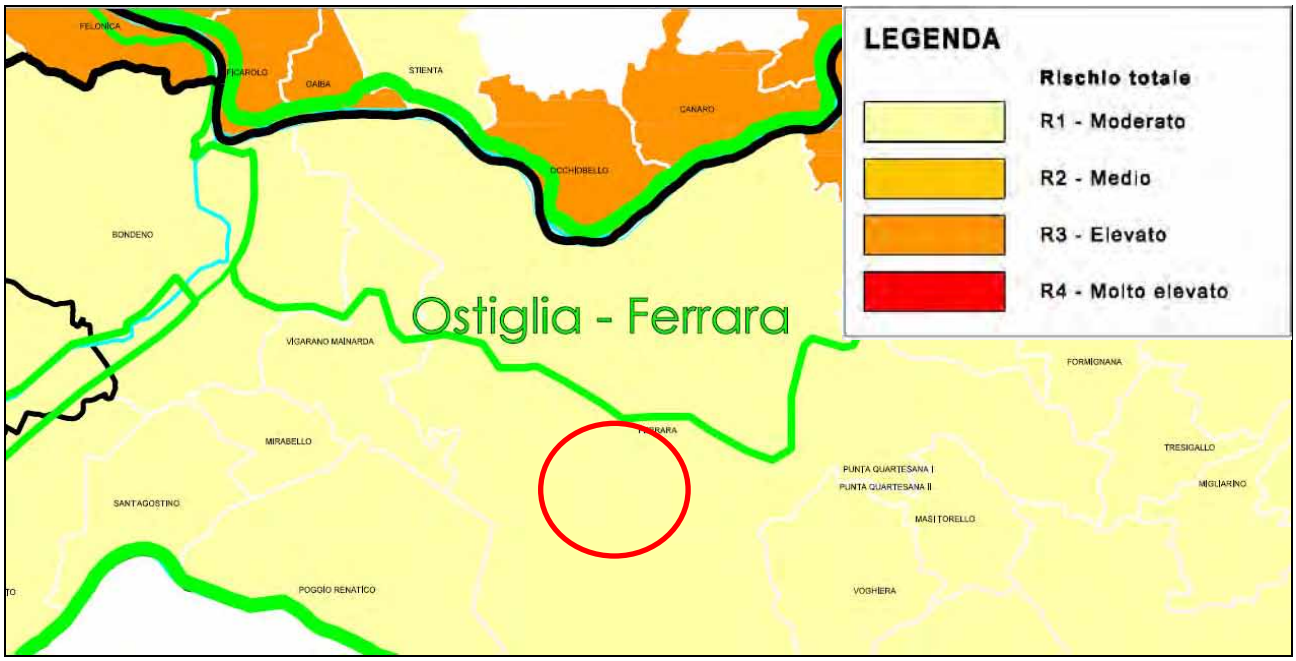


Figura 2.9.2-1
Estratto cartografia P.A.I. – scala grafica
(da Autorità di Bacino del Fiume Po – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I., - tav. 6 III, Rischio idraulico ed idrogeologico)

2.9.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)

Le zone oggetto di studio ricadono in aree prive di particolari vincoli, nelle immediate vicinanze di una grande rete stradale esistente (PRIT '98) e di una fascia di rispetto ferrovie, come si evince dagli estratti cartografici nelle figure sotto riportate.

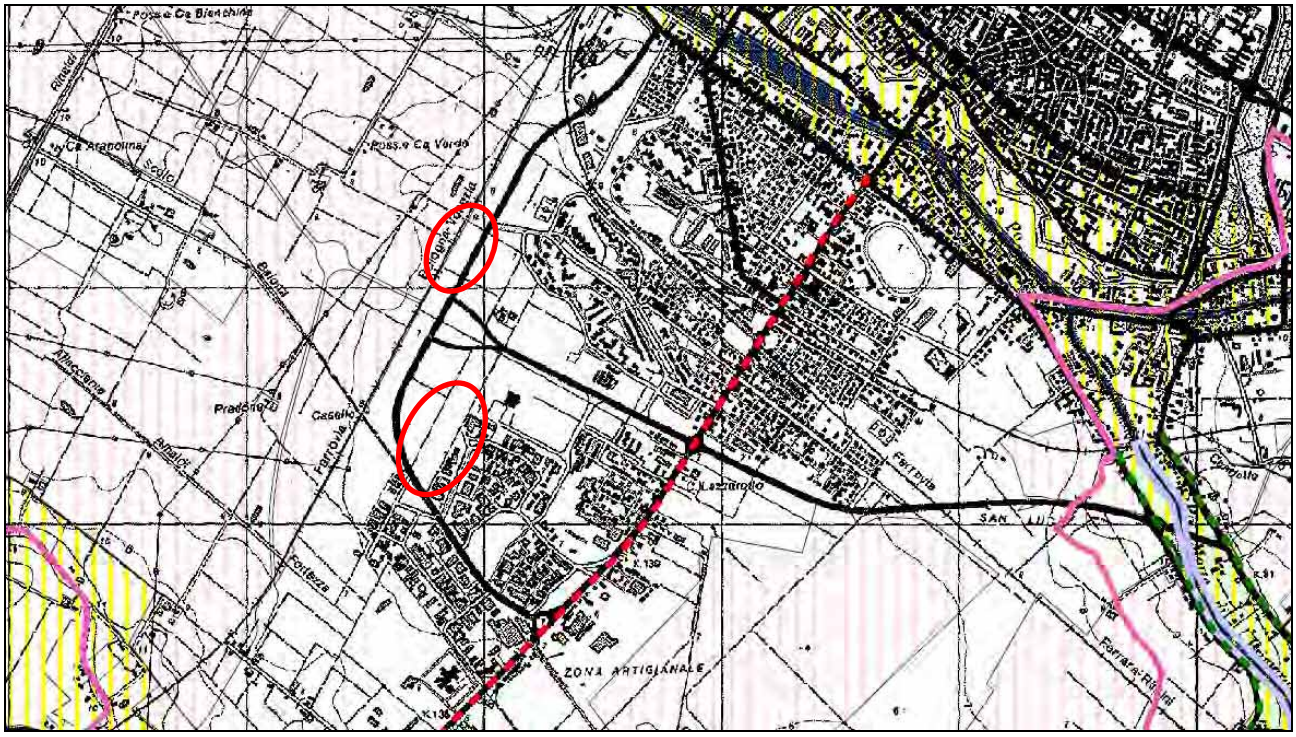


Figura 2.9.3-1
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.2 – Il sistema ambientale)

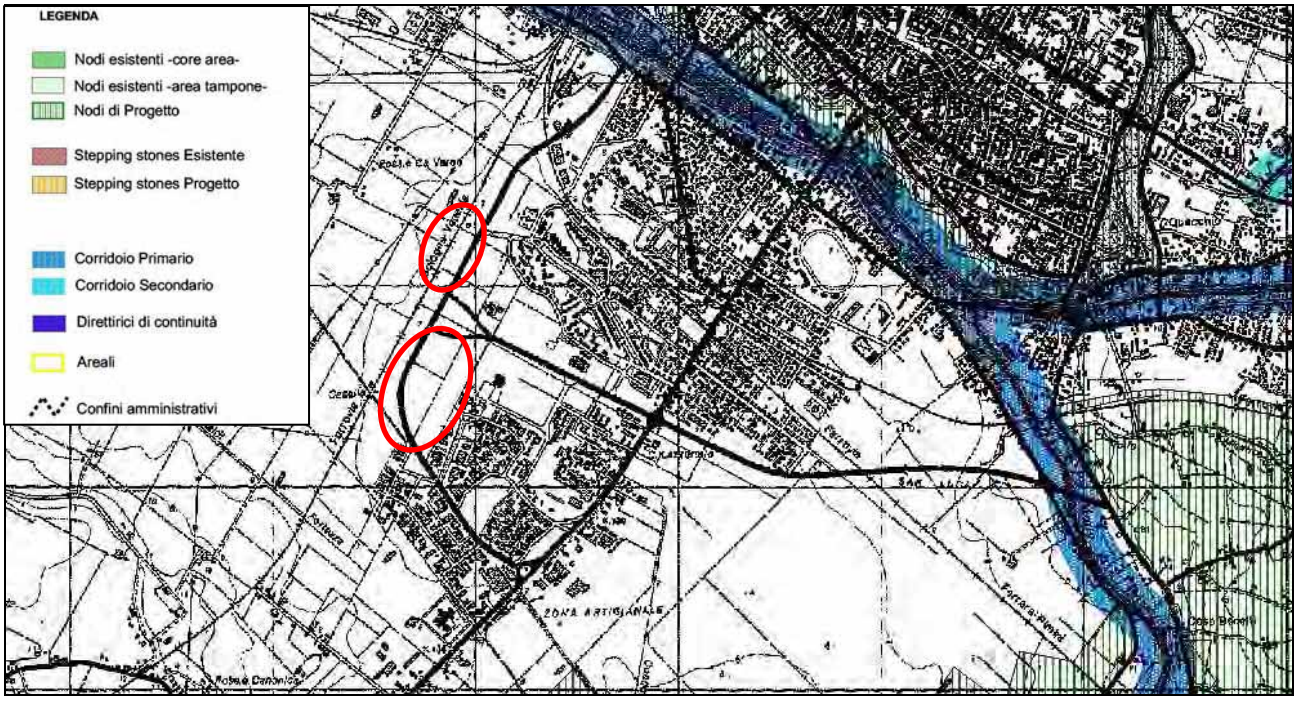


Figura 2.9.3-2
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.1.2 – Il sistema ambientale)

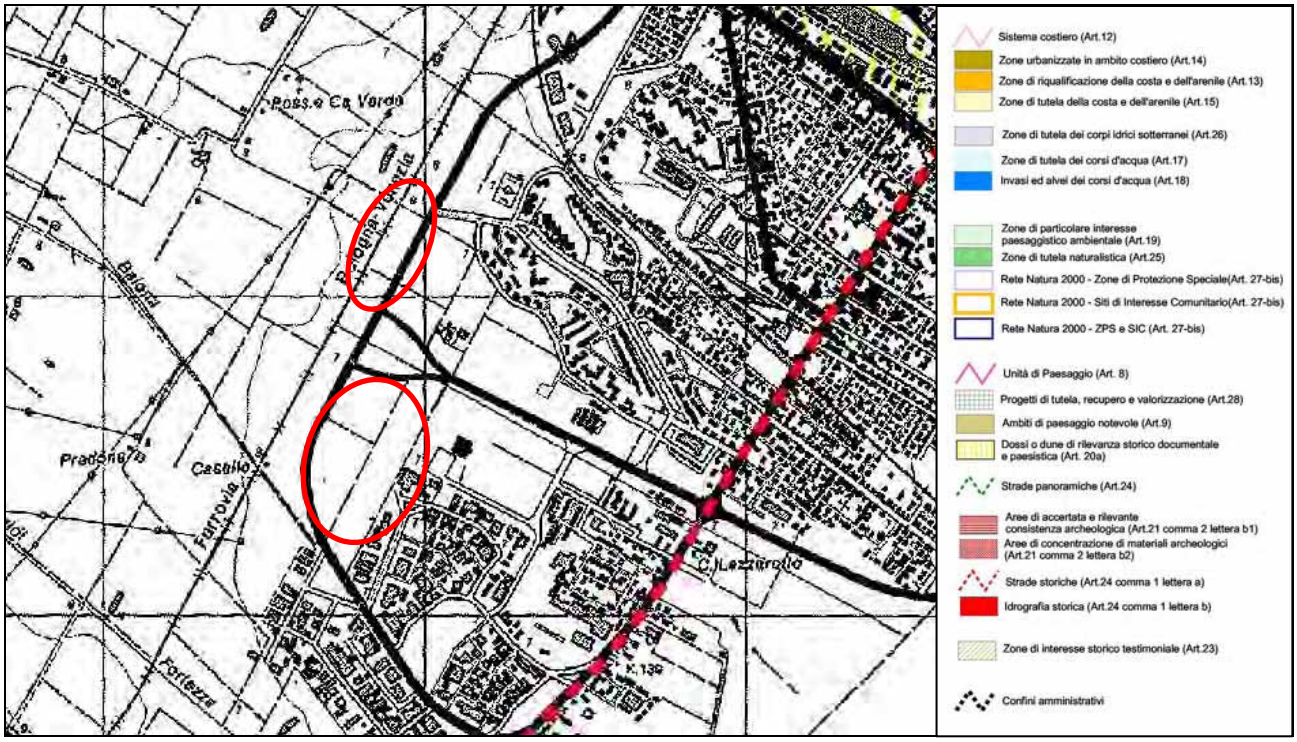


Figura 2.9.3-3

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.2.2 – Altri ambiti di tutela)

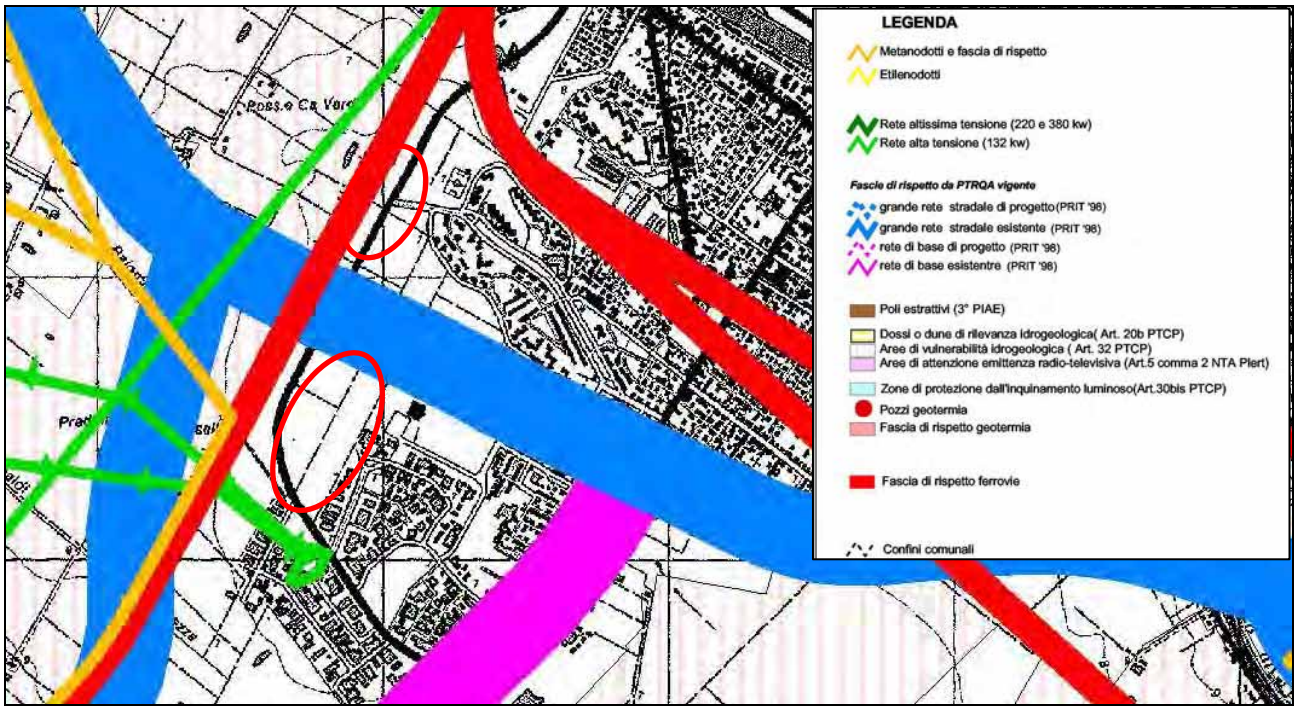


Figura 2.9.3-4

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.3.2 – Ambiti con limitazioni d'uso)

2.10. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale

Per quanto riguarda la pianificazione comunale, l'area destinata all'insediamento residenziale ricade in corrispondenza delle seguenti zonizzazioni:

- all'interno di una zona con diritti perequativi, nello specifico 2.A Centro Urbano mq/ha 1300;
- PSC – assi urbani;
- densità edilizia: Nuovi Insediamenti Centro Urbano mq/ha 2500;
- cono volo aeroporto;
- in corrispondenza di PSC – Sistema insediativo dell'abitare art. 12 subsistema insediamenti contemporanei art. 12.2;
- PRG – Ambiti: sottozona D1.3;
- in P.S.C. – strutture insediative;
- nell'unità di paesaggio delle Masserie;
- in corrispondenza della fascia di rispetto emittenza televisiva;
- in P.S.C. – nuovi tessuti residenziali;
- UTO D.P.R. 477/95 – Classe IV progetto;
- nella Classe 2.A Aree ex edificabili: aree di riqualificazione o nuova urbanizzazione residenziale o terzaria e per realizzazione servizi;
- nel territorio urbanizzabile;
- nell'ambito 4 ANS – Ambito per nuovi insediamenti Via Bologna;
- nel centro urbano.

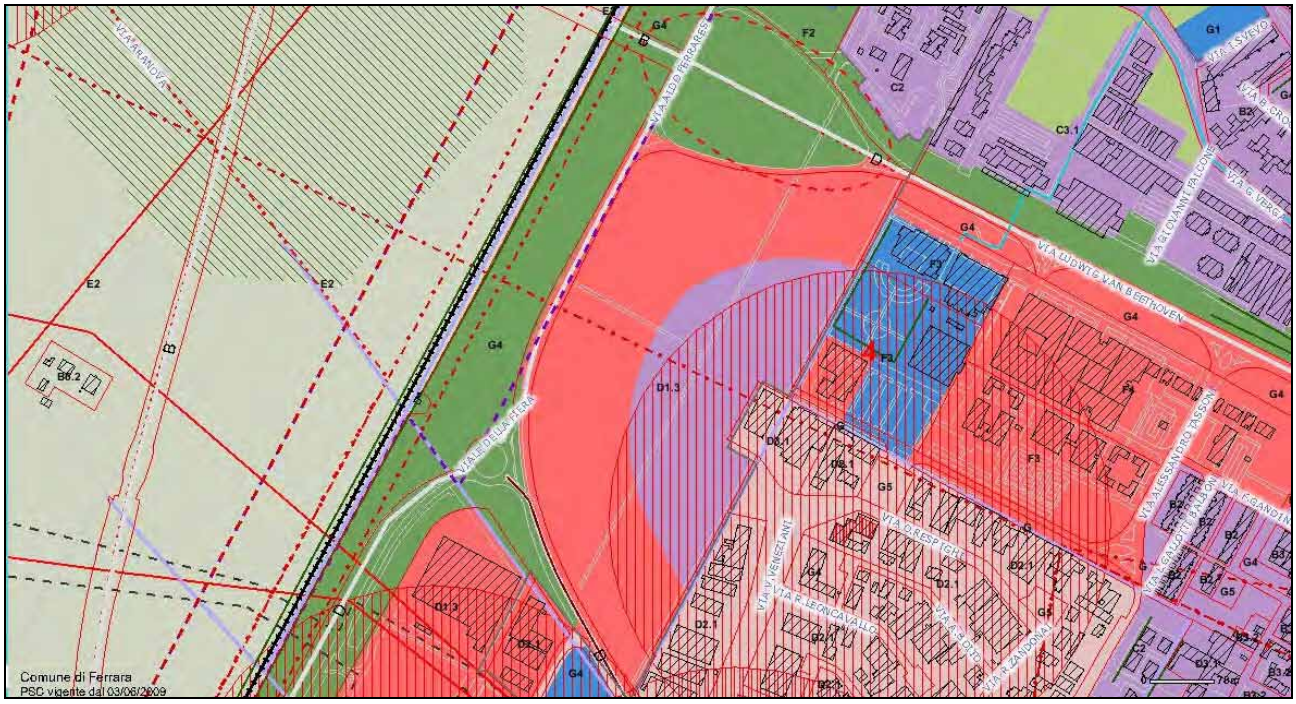


Figura 2.10-1

Estratto cartografia P.S.C. vigente dal giugno 2009

*(http://ctwferrara.corenet.it/ferrara/clientweb/loginservlet?service_name=ApriViewer&org=01&ente=1&ente_str=01&denom_ente=Comune%20di%20ferrara&utente=psc_pubblico&pwd=********)*

L'area destinata alla riqualificazione e ampliamento del distributore di carburanti ricade in corrispondenza delle seguenti zonizzazioni:

- in parte all'interno di una zona con diritti perequativi, nello specifico 3.A Centro Urbano mq/ha 1250;
- in parte nel perimetro del centro abitato;
- in parte in corrispondenza di PSC – sistema ambientale e delle dotazioni collettive art. 10, subsistema mitigazione e compensazione ambientale art. 10.5;
- in parte in corrispondenza di PSC – Sistema insediativo della produzione art. 13, subsistema città dell'auto art. 13.1;
- PRG – Ambiti: sottozona G4;
- in parte nel P.S.C. – strutture insediative;
- in parte nel P.S.C. – tessuti consolidati;
- nell'unità di paesaggio delle Masserie;
- in corrispondenza della fascia di pertinenza acustica: diurno 70 dB/ notturno 60 dB;
- UTO D.P.R. 477/95 – Classe IV progetto;
- in P.S.C. – forestazione – compensazione;
- nella Classe 3.A Aree ex standard: aree di riqualificazione o nuova urbanizzazione residenziale o terzaria e per realizzazione servizi;
- in parte nel territorio urbanizzato;
- in parte nel territorio urbanizzabile;
- nell'ambito 4 ANS – Ambito per nuovi insediamenti Via Bologna;
- nel centro urbano
-

Figura 2.10-2

Estratto cartografia P.S.C. vigente dal giugno 2009

*(http://ctwferrara.corenet.it/ferrara/clientweb/loginservlet?service_name=ApriViewer&org=01&ente=1&ente_str=01&denom_ente=Comune%20di%20ferrara&utente=psc_pubblico&pwd=********)*