

## AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: NUOVO SVINCOLO DI PONTE  
RIZZOLI - DIRAMAZIONE RAVENNA

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA

### PROGETTO ESECUTIVO


## DOCUMENTAZIONE GENERALE

### GEOLOGIA Parte generale

#### Relazione geologica-geomorfologica

<b>IL GEOLOGO</b>  Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia N. 794  <b>Responsabile Geologia</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b>  Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b>  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496  <b>Progettazione Nuove Opere Autostradali</b>
---	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				000
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111447	LL00	PE	DG	GEO	GE000	00000	R	GEO	0001	1	SCALA -

 gruppo Atlantia	<b>PROJECT MANAGER:</b>  Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082		<b>SUPPORTO SPECIALISTICO:</b>				<b>REVISIONE</b>	
							n.	data
							0	NOVEMBRE 2017
							1	GENNAIO 2018
<b>REDATTO:</b>	Dott. Luciano Cagnola		<b>VERIFICATO:</b>					

<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>    IL RESPONSABILE DEI LAVORI Ing. Antonio Procopio	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--

## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
2	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE .....	4
2.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI .....	4
2.2	FOTOINTERPRETAZIONE.....	4
2.3	RILEVAMENTO .....	6
2.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	6
2.4.1	Indagini bibliografiche pregresse .....	6
2.4.2	Indagini geognostiche pregresse (dal 1984 al 2004) .....	6
2.4.3	Indagini geognostiche progetto preliminare (2009).....	7
2.4.4	Indagini geognostiche progetto definitivo 4^ corsia (2010).....	7
2.4.5	Indagini geognostiche Opere Compensative (2010).....	8
2.4.6	Indagini geognostiche progetto esecutivo 4^ corsia (2017).....	8
2.5	ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI .....	9
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....	10
4	STRATIGRAFIA.....	12
4.1	DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE (B1) .....	13
4.2	SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES): .....	13
4.2.1	Subsistema di Ravenna (AES8).....	14
4.2.2	Subsistema di Villa Verucchio (AES7) .....	14
5	GEOMORFOLOGIA.....	15
5.1	INQUADRAMENTO GENERALE .....	15
5.2	IDROGRAFIA .....	15
5.3	GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO .....	15
5.3.1	Macroforme .....	16
5.3.2	Forme antropiche .....	16
5.3.3	Altre forme di origine fluviale.....	17
6	ANALISI DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA DAGLI ENTI.....	19
6.1	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	19
6.2	PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) .....	23
6.3	PIANI STRUTTURALI COMUNALI (PSC) .....	24
6.4	PIANO DI COORDINAMENTO GESTIONE RISCHI ALLUVIONI (PGRA).....	24
7	ALTRI ELEMENTI.....	26
7.1	SUBSIDENZA .....	26
7.2	LIQUEFAZIONE .....	33
7.3	GAS .....	33
8	CARTOGRAFIA TEMATICA E LEGENDE .....	35
8.1	GEOLOGIA .....	35
8.1.1	Redazione del profilo geologico longitudinale .....	35
8.2	GEOMORFOLOGIA.....	36
8.2.1	Forme e depositi dovute a processi fluviali .....	36
8.2.2	Forme e strutture di origine antropica.....	36
8.2.3	Altri elementi.....	37

8.3	VINCOLI DA PAI .....	37
8.4	PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA PGRA .....	38
9	CENNI DI IDROGEOLOGIA.....	39
10	ELEMENTI DI SISMICA GENERALE .....	42
10.1	SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2014) .....	42
10.2	SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 AL 2016) .....	48
10.3	FAGLIE CAPACI .....	51
10.4	STRUTTURE SISMOGENETICHE .....	53
10.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	56
10.6	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO .....	57
11	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO .....	59
11.1	DA INIZIO INTERVENTO (KM 29+600) ALLA PROGR. KM 36+600 C.A.....	59
11.2	DALLA PROGR. KM 36+600 C.A. ALLA PROGR. KM 43+900 C.A. ....	59
11.3	DALLA PROGR. KM 43+900 C.A. ALLA PROGR. KM 46+700 C.A. ....	61
11.4	DALLA PROGR. KM 46+700 C.A. ALLA PROGR. KM 51+000 C.A. ....	61
11.5	DALLA PROGR. KM 51+000 C.A. A FINE INTERVENTO (KM 56+444.92) .....	61
12	PRINCIPALI ASPETTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO .....	63

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda la porzione di territorio che ricade nella piana alluvionale appenninica tra Bologna (San Lazzaro) e Faenza, nell'ambito del progetto esecutivo di ampliamento alla 4<sup>a</sup> corsia (dal Km. 29+600 al Km. 56+444.92) dell'Autostrada A14 Bologna – Bari - Taranto nel tratto compreso tra il Nuovo Svincolo di Ponte Rizzoli e la diramazione per Ravenna.

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici e geomorfologici utili a focalizzare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato oggetto di studio.

La morfologia pianeggiante che contraddistingue l'intera area di studio impone l'adozione di una metodologia per la ricostruzione dell'assetto geologico - stratigrafico differente da quella normalmente impiegata per zone collinari o montane. Il rilevamento di superficie, infatti, fornisce elementi significativi solo nei rari punti in cui incisioni fluviali o scarpate antropiche (cave, sbancamenti per opere edili, etc.) mettono a nudo "spaccati stratigrafici", mentre assumono grande rilevanza le verticali di indagine eseguite in sito (sondaggi geognostici, pozzi per acqua, ecc.), che consentono una interpretazione dei depositi del sottosuolo al di sotto del terreno di coltivo o di riporto.

Gli elementi utilizzati per la redazione della planimetria geologica-geomorfologica scala 1:5000 e del profilo geologico longitudinale scala 1:5000/500 sono stati ricavati essenzialmente dall'analisi critica dei dati bibliografici e dall'esame di tutte le stratigrafie disponibili (pozzi, indagini pregresse e sondaggi appositamente realizzati).

La relazione contiene anche un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità.

La definizione dell'accelerazione sismica di riferimento, della quota di falda di progetto, delle interferenze fra infrastruttura e la falda idrica, la stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili, la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione, la caratterizzazione delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere non sono argomenti oggetto della presente relazione geologico – geomorfologica. Qualora la progettazione delle opere in argomento e/o i vincoli territoriali implicassero la definizione dei tematismi sopra elencati, essi sarebbero sviluppati nell'ambito di specifiche relazioni ingegneristiche.

## 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Di seguito vengono elencate tutte le attività conoscitive svolte per la redazione del presente studio.

### 2.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

Sono stati acquisiti dati/pubblicazioni dalle seguenti fonti:

- Servizio Geologico della Regione Emilia – Romagna: 1) cartografia geologica (progetto CARG); 2) Carta Sismotettonica della Regione Emilia - Romagna alla scala 1:250.000; 3) Carta Geologica d'Italia 1:100.000, fogli 87 (Bologna) e 88 (Faenza); 4) carta dei suoli della pianura emiliano-romagnola in scala 1:50.000; 5) stratigrafie sondaggi, pozzi pubblici e privati, prove penetrometriche ad uso privato;
- Società Geologica Italiana;
- ARPA Regione Emilia Romagna: 1) dati di monitoraggio piezometrico dei punti di controllo regionale; 2) Caratteristiche dell'Acquifero della Regione Emilia-Romagna – Report 2003);
- SIT – Servizio Informativo Territoriale della Provincia di Bologna;
- SIT – Servizio Informativo Territoriale della Provincia di Ravenna;
- SIT – Servizio Informativo Territoriale del Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) Provincia di Bologna
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) Provincia di Ravenna
- Piano Strutturale in Forma Associata (Comuni di Ozzano dell'Emilia, San Lazzaro di Savena ed altri)
- Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Castel San Pietro Terme
- Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Dozza
- Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Imola
- Piano Strutturale Comunale Associato (Comuni di Solarolo, Castelbolognese ed altri)
- Piano Infraregionale Attività Estrattive (PIAE) della Provincia di Bologna
- Piano Infraregionale Attività Estrattive (PIAE) della Provincia di Ravenna
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Reno, del Torrente Idice, del Torrente Sillaro e del Torrente Santerno
- Consorzio della Bonifica Renana: cartografia della rete idraulica e della rete idrologica
- Archivi SPEA-UTSA-ASPI: dati geognostici pregressi ricadenti nelle adiacenze del tratto di interesse.

### 2.2 FOTOINTERPRETAZIONE

Per un più accurato riconoscimento delle forme geomorfologiche a grande scala (altrimenti non rilevabili dalle deboli variazioni altimetriche dell'area e per la presenza di insediamenti antropici) si è fatto ricorso all'interpretazione di foto aeree; l'attività di fotointerpretazione può essere definita come la raccolta sistematica di informazioni georiferite, secondo obiettivi e criteri predeterminati, attraverso l'utilizzo di immagini riprese a distanza remota.

I fotogrammi aerei, grazie alla sovrapposizione (overlap) dei successivi scatti di una ripresa aerea per il 60% della dimensione dell'immagine, sono stati analizzati con lo stereoscopio che permette una visione tridimensionale, ancorché enfatizzata nella percezione dei rilievi, dell'area fotografata.

Nello specifico la fotointerpretazione è stata condotta, utilizzando uno stereoscopio a specchi da tavolo SFG2d delle Officine Galileo. su fotografie aeree in stereoscopia relative a voli specificamente effettuati nei mesi di Febbraio 2010 e Luglio 2010, il primo a quota elevata, il secondo a quota più bassa.

L'analisi stereoscopica si è basata sulla ricerca ed elaborazione dei seguenti elementi principali:

Contesto: localizzazione, dimensioni e forma

Si tratta dell'individuazione di zone omogenee, caratterizzate da forme e dimensioni proprie, che rappresentano un punto di partenza valido per l'identificazione delle categorie di elementi da individuare. Una regola generale da citare a titolo di esempio, è la prevalenza di forme irregolari nelle morfologie conseguenti agli usi naturali del territorio, mentre le superfici agricole o urbane (semi-naturali e artificiali) sono caratterizzate da forme geometriche solitamente regolari.

Tono, colore

Uno dei parametri più importanti da valutare è quello relativo ai toni di grigio (per un'immagine pancromatica B/N) o al colore ed alle sue sfumature (per immagini multispettrali), assunti dai vari elementi che si stanno indagando. Tali parametri possono essere comunque influenzati da diversi fattori quali la morfologia, che modifica le condizioni di illuminazione e le ombre, le condizioni atmosferiche e ovviamente i periodi orari e stagionali di acquisizione. Nonostante i toni e colori assunti dai diversi oggetti dipendano quindi da numerosi fattori, si possono fornire alcune indicazioni sistematiche generali. Ad esempio, in genere, i terreni più umidi appaiono più scuri di quelli asciutti (a parità di substrato lito-pedologico).

Tessitura

La tessitura è data da piccole variazioni nella distribuzione dei toni in un'area omogenea; questo parametro è legato principalmente alle caratteristiche morfologiche della zona. In genere, è possibile distinguere zone in cui il tono o il colore presentano notevoli variazioni fra pixel contigui e zone in cui questi sono pressoché costanti. Le varie tessiture vengono di solito descritte con i seguenti termini: piatta o uniforme, fine, liscia o levigata, media, scabra, grossolana, eterogenea, irregolare, striata, chiazzata. Tale terminologia associata alla tessitura individua parametri strettamente legati alla scala di osservazione, poiché mette in relazione elementi unitari dell'immagine, non considerandoli singolarmente, ma nell'ambito di un'analisi spaziale in relazione agli elementi vicini.

Drenaggio

Per drenaggio si intende l'idrografia superficiale e le manifestazioni visibili in superficie dell'idrografia sotterranea. L'idrografia superficiale viene classificata in un certo numero di categorie in base al disegno o al tipo di arborecenza cui danno luogo i corsi d'acqua di uno stesso bacino. Questi disegni geometrici, vengono definiti pattern. L'interpretazione dei pattern conduce spesso all'immediata individuazione di elementi strutturali che condizionano l'assetto geologico del substrato.

Vegetazione

Mediante l'analisi dello sviluppo più o meno omogeneo della vegetazione nell'area di osservazione, si possono determinare differenti livelli della falda acquifera e presenza di sorgenti.

Struttura o pattern

La struttura considera la modalità con cui oggetti diversi sono distribuiti ed organizzati spazialmente nel territorio. La struttura può essere spesso condizionata dall'andamento geomorfologico, oltre che dai caratteri podologici, climatici ed antropici. Ad esempio, strutture antropiche possono essere individuate dai sistemi viari che delimitano i campi dalle forme regolari e viceversa (centuriazioni o strutture storiche).

Ombre

Le ombre pur rappresentando un ostacolo all'interpretazione degli elementi sul terreno, oscurandone a volte porzioni anche cospicue, specialmente in regioni dalla morfologia accidentata, possono fornire indizi preziosi

nell'identificazione di diversi elementi. Ad esempio, la proiezione delle ombre dei fabbricati o degli alberi è molto utile per ricostruire la terza dimensione e lo sviluppo verticale degli elementi da interpretare. Le immagini caratterizzate da una risoluzione radiometrica di 11 bit (2048 livelli di grigio), possono inoltre essere sottoposte a particolari trattamenti che permettono di identificare, almeno in parte, le caratteristiche degli oggetti presenti all'interno delle zone in ombra.

Le osservazioni derivanti dalla fotointerpretazione integrate con quelle di campagna sono sintetizzate nella planimetria geomorfologica allegata al presente progetto.

## **2.3 RILEVAMENTO**

Al fine di identificare le caratteristiche dei depositi afferenti la tratta in oggetto, di verificare e contestualizzare le forme individuate per mezzo della fotointerpretazione e di osservare gli elementi geomorfici a media scala non apprezzabili dall'analisi delle foto aeree, è stata svolta una campagna di rilevamento geologico – geomorfologico in sito.

L'estrema antropizzazione dell'area indagata ha alterato e spesso completamente stravolto le morfologie originarie in questo tratto di pianura, rendendo molto difficoltosa l'individuazione delle forme ed in particolar modo delle discontinuità morfologiche, che rappresentano uno degli elementi chiave del rilevamento geomorfologico in pianura.

Altri elementi che hanno modificato sostanzialmente la morfologia originaria del terreno sono le ex cave che ad oggi sono reinserite nel paesaggio essendo per la maggior parte occupate da colture.

## **2.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo in una zona pianeggiante e priva di affioramenti come quella del progetto, è risultato indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici e da pozzi. In prima fase si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini pregresse realizzate da Autostrade all'interno dell'area in esame) per una fascia molto più ampia di quella riportata nelle planimetrie allegate al presente progetto.

Tutte le informazioni utili recuperate sono state riportate negli elaborati cartografici in scala 1:5000 in funzione della loro ubicazione plano-altimetrica e con simbologia differente in relazione alla tipologia di indagine.

### **2.4.1 Indagini bibliografiche pregresse**

La consultazione delle stratigrafie fornite dal Servizio Geologico Regionale ha riguardato le verticali d'indagine relative al progetto CARG ed alla realizzazione di pozzi per acqua ad uso pubblico/privato: tale documentazione consiste in stratigrafie di difficile interpretazione, in quanto derivate da pozzi molto vecchi, scavati talora a distruzione di nucleo (ricostruzione granulometrica deriva da analisi di cutting e fanghi), e le descrizioni del materiale sono risultate sommarie (soprattutto per quanto attiene agli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione) e prive di quegli elementi indispensabili per una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli); spesso inoltre, non sono corredate da prove geotecniche (SPT, prove di permeabilità, etc.). Tali stratigrafie si sono comunque rivelate utili come correlazioni alle indagini geognostiche appositamente realizzate.

Infine, sono state recuperate le risultanze di alcune prove penetrometriche statiche allegate al Piano Regolatore Generale dei Comuni di Imola e Castel San Pietro.

### **2.4.2 Indagini geognostiche pregresse (dal 1984 al 2004)**

La consultazione delle stratigrafie e delle fotografie delle cassette catalogatrici (ove disponibili) ha riguardato numerosi ambiti di indagine geognostica pregressa:

- Progetto per la Tangenziale di Bologna;
- Progetto per il prolungamento della Complanare di Bologna;
- Progetto per la 3<sup>a</sup> corsia della A14 tra Borgo S. Lazzaro ed Osteria Grande;
- Progetto per la 3<sup>a</sup> corsia della A14 tra Osteria Grande ed Imola;
- Costruttivo della 3<sup>a</sup> corsia della A14;
- Adeguamento Aree di Servizio Sillaro Est e Ovest

### 2.4.3 Indagini geognostiche progetto preliminare (2009)

In riferimento al progetto preliminare della tratta oggetto di studio, è stata appositamente eseguita una campagna geognostica volta a caratterizzare dal punto di vista stratigrafico e geotecnico l'ultimo tratto di interesse (indicativamente a partire dal Km 51) in quanto non risultava sufficientemente investigato dai sondaggi pregressi. In particolare sono stati realizzati:

- n. 3 sondaggi geognostici verticali (S-A1, S-A2, S-A3) spinti a profondità massima di 40m, con esecuzione di prove in foro tipo SPT e Lefranc, e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati; i sondaggi sono stati completati mediante installazione di tubi piezometrici e/o celle casagrande;
- n. 3 pozzetti esplorativi superficiali (PZ-A1, PZ-A2, PZ-A3) spinti a profondità massima di 4m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, prove di densità e prelievo di campioni rimaneggiati;
- Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi, costituite da prove di caratterizzazione fisica (granulometrie e limiti) e prove meccaniche (triassiali, edometri e tagli).

### 2.4.4 Indagini geognostiche progetto definitivo 4<sup>a</sup> corsia (2010)

Ai fini della ricostruzione geologica e di una corretta caratterizzazione geotecnica a supporto del progetto definitivo è stata realizzata una apposita campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio) che viene di seguito sintetizzata:

- n. 21 sondaggi geognostici verticali (S-Bx) di cui 17 eseguiti a carotaggio continuo e 4 eseguiti a distruzione di nucleo, spinti a profondità massima di 40m, con esecuzione di prove in foro tipo SPT, Lefranc e pressiometriche Menard, e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati; i sondaggi sono stati completati mediante installazione di tubi piezometrici e/o celle casagrande e di tubi in PVC per Cross Hole;
- n. 23 pozzetti esplorativi superficiali (PZ-Bx) spinti a profondità massima di 4m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, prove di densità e prelievo di campioni rimaneggiati ed ambientali; i pozzetti PZ-B2, PZ-B3, PZ-B5, PZ-B6, PZ-12, PZ-B15, PZ-B16 e PZ-B17 sono stati eseguiti a bordo sede autostradale, nel tratto predisposto all'allargamento;
- n. 2 prospezioni sismiche di tipo Cross Hole;
- Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi, costituite da prove di caratterizzazione fisica (granulometrie e limiti), prove meccaniche (triassiali, edometri e tagli) e prove meccaniche dinamiche (colonna risonante e taglio torsionale ciclico);
- Prove di stabilizzazione a calce su campioni di grosso volume prelevati in 2 pozzetti superficiali;
- Prove ambientali (analisi chimiche di laboratorio) su campioni di terreno prelevati nei pozzetti superficiali.

Le indagini geognostiche menzionate sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile



dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio opere all'aperto (APE) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

#### **2.4.5 Indagini geognostiche Opere Compensative (2010)**

Ai fini della ricostruzione geologica e di una corretta caratterizzazione geotecnica in corrispondenza di nuove opere viarie (Opere Compensative) è stata realizzata una apposita campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio) che viene di seguito sintetizzata:

- n. 9 sondaggi geognostici verticali (OCx-Sx) di cui 8 eseguiti a carotaggio continuo e 1 eseguito a distruzione di nucleo, spinti a profondità massima di 35m, con esecuzione di prove in foro tipo SPT, Lefranc e pressimetriche Menard, e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati; i sondaggi sono stati completati mediante installazione di tubi piezometrici e/o celle casagrande e di tubi in PVC per Cross Hole;
- n. 16 pozzetti esplorativi superficiali (OCx-PZx) spinti a profondità massima di 4m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, prove di densità e prelievo di campioni rimaneggiati ed ambientali;
- n. 1 prospezione sismica di tipo Cross Hole;
- Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi, costituite da prove di caratterizzazione fisica (granulometrie e limiti), prove meccaniche (triassiali, edometri e tagli) e prove meccaniche dinamiche (colonna risonante e taglio torsionale ciclico);
- Prove ambientali (analisi chimiche di laboratorio) su campioni di terreno prelevati in sondaggio ed in pozzetto superficiale.

Le indagini geognostiche menzionate sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio opere all'aperto (APE) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

#### **2.4.6 Indagini geognostiche progetto esecutivo 4<sup>a</sup> corsia (2017)**

I risultati degli studi geologici-geomorfologici-idrogeologici e delle indagini geognostiche pregresse (comprensivi dei dati reperiti dagli Enti) sono stati ulteriormente affinati mediante la realizzazione della specifica campagna di indagini condotta nell'ambito del Progetto Esecutivo; tale campagna di indagini (sito e prove di laboratorio) ha consentito di approfondire ulteriormente le caratteristiche geotecniche dei litotipi afferenti le opere di progetto e viene di seguito sintetizzata:

- n. 2 pozzetti esplorativi superficiali (PZ-C1 e PZ-C2) spinti a profondità massima di 4m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, prove di densità e prelievo di campioni rimaneggiati di grosso volume;
- Prove di stabilizzazione a calce su campioni di grosso volume.

Le indagini geognostiche menzionate sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica, dall'ingegnere responsabile dell'ufficio opere all'aperto (APE) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre, dall'ingegnere

---

responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

## **2.5 ANALISI DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**

Nella fase di interpretazione stratigrafica sono stati attribuiti vari gradi di attendibilità ai dati dei sondaggi geognostici ed in generale delle verticali esaminate; infatti, oltre alle indagini geognostiche appositamente eseguite per il progetto in oggetto, sono stati ritenuti maggiormente attendibili i sondaggi di cui sono disponibili le descrizioni stratigrafiche e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici; seguiti dai sondaggi di cui sono disponibili le sole descrizioni stratigrafiche, senza l'ausilio della documentazione fotografica; meno attendibili, ma comunque utili per la ricostruzione stratigrafica d'insieme, le verticali con descrizione stratigrafica sommaria (es. pozzi per acqua).

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La zona oggetto di studio è situata all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, al bordo settentrionale del Sistema Appenninico.

L'area di pianura è costituita da una geosinclinale subsidente (bacino Perisuturale Padano), colmata da materiali alluvionali che hanno ricoperto le argille marine di ambiente costiero che fungono da substrato, fino a raggiungere spessori complessivi anche di 300-400 m. In particolare, i depositi di colmamento più recenti sono stati prodotti principalmente dall'attività deposizionale del sistema fluvio - deltizio padano con alimentazione assiale vergente verso est, e dai sistemi fluviali appenninici ad alimentazione trasversale da sud; difatti questi sedimenti pleistocenico – olocenici presentano caratteristiche deposizionali e geometriche notevolmente complesse, correlabili a deposizione e successiva erosione di depositi fluviali, attualmente terrazzati, la cui formazione è legata alla continua variazione dei livelli fluviali.

Il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale non avvengono in maniera continua e progressiva, ma sono il risultato di eventi tettonico - sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive. Questo fatto è testimoniato dalle numerose superfici di discontinuità stratigrafica riconosciute e cartografate sul Margine Appenninico Padano (Fig. 1 tratta dalle note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia - Romagna, scala 1.250.000).

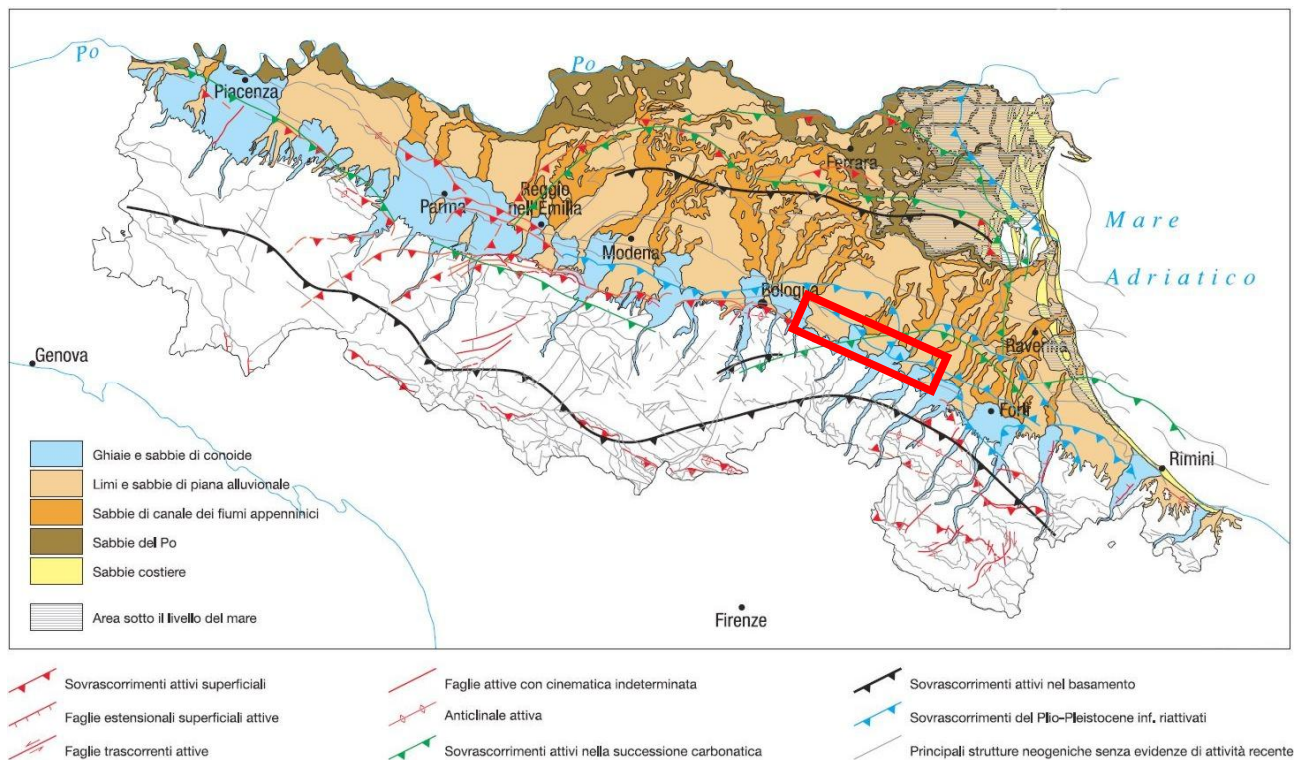


Fig. 1 - Schema strutturale della pianura emiliano – romagnola (da Note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna, scala 1.250.000). In rosso l'area di interesse.

Sulla base delle superfici di discontinuità affioranti sul margine appenninico e sulla base dell'estensione di tali discontinuità nel sottosuolo della pianura (dati sismici e di pozzo) è stato possibile definire il quadro stratigrafico riportato in Fig. 2.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono 3 Sequenze Principali (Supersintemi) denominate come segue:

1. Supersistema del Pliocene medio - superiore;
2. Supersistema del Quaternario Marino (che in realtà comincia nel Pliocene superiore);
3. Supersistema del Quaternario Continentale (emiliano - romagnolo).

Questa successione coincide con i gruppi Acquiferi denominati A, B e C nell'ambito delle riserve idriche sotterranee della regione Emilia Romagna.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE			
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO		
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A <sub>0</sub>	
								A <sub>1</sub>	
	A <sub>2</sub>								
	A <sub>3</sub>								
DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	SUPERСИСТЕМА EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.12	0.125	A <sub>4</sub>		
FORMAZIONE DI OLMATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	SUPERСИСТЕМА EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	ORIZZONTE DI FOSSOLO	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B <sub>1</sub>	
UNITA' DI CA' DI SOLA							B <sub>2</sub>		
							B <sub>3</sub>		
							B <sub>4</sub>		
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		SUPERСИСТЕМА DEL QUATERNARIO MARINO	SUBСИСТЕМА QUATERNARIO MARINO 3'	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C <sub>1</sub>	
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		SUPERСИСТЕМА DEL QUATERNARIO MARINO	SUBСИСТЕМА QUATERNARIO MARINO 3				C <sub>2</sub>	
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.		SUPERСИСТЕМА DEL QUATERNARIO MARINO	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 2	~0.8			0.89	C <sub>3</sub>
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SUPERСИСТЕМА DEL QUATERNARIO MARINO	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~1.0			1.72	C <sub>4</sub>
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SUPERСИСТЕМА DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~2.2	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE		C <sub>5</sub>	
					~3.3-3.6	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE			
					~3.9			ACQUITARDO BASALE	

Fig. 2 - Inquadramento geologico - stratigrafico dell'area di studio

## 4 STRATIGRAFIA

Il progetto di cartografia geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG) stabilisce che la classificazione stratigrafica dei depositi quaternari di pianura, a fini cartografici, debba basarsi sulla litologia relativa a ciascun ambiente deposizionale e sulla presenza di discontinuità o interruzioni della sedimentazione (limiti inconformi) che separano i corpi geologici di età diverse. Ciò consente di caratterizzare i sedimenti di pianura sia sulla base della loro composizione granulometrica (ghiaie, sabbie, alternanza di sabbie e limi, ecc.), sia in funzione dell'ambiente in cui si sono deposte (alluvionale di canale, deltizio di area interdistributrice, ecc). Si possono così distinguere fra loro litologie in prima approssimazione simili, ma con geometrie e relazioni laterali e verticali dei corpi geologici molto diverse, in base al contesto sedimentario in cui si sono originate.

I medesimi depositi sono anche oggetto della classificazione fondata sui limiti stratigrafici inconformi, che prevede la distinzione di unità stratigrafiche definite sintemi e subsintemi. Queste unità sono particolarmente efficaci per descrivere il territorio in base alla sua storia geologica, all'età dei suoi sedimenti e alla peculiare ciclicità degli eventi che l'hanno trasformato, tipici dell'epoca quaternaria. Lo schema più esaustivo per la rappresentazione di queste unità è quello di tipo crono stratigrafico che riporta in ascissa la distribuzione geografica delle unità ed in ordinata il tempo in cui tali unità si sono deposte.

Nello schema crono stratigrafico di Fig. 3 si possono osservare le litologie e le età delle principali unità stratigrafiche utilizzate per i depositi quaternari di pianura dell'Emilia-Romagna (settore orientale e costiero). Il tratto autostradale oggetto del presente studio ricade nel Sintema emiliano - romagnolo Superiore (AES).

La Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana ha convenuto di suddividere ulteriormente questo sintema in otto sub sintemi, tra i quali il Subsintema di Villa Verucchio (sigla AES7) ed il Subsintema di Ravenna (sigla AES8).

Per la stesura della planimetria geologica e del profilo geologico longitudinale è stata effettuata una analisi critica dei dati di rilevamento del CARG, integrandoli e verificandoli con le risultanze delle indagini geognostiche disponibili.

In particolare, è stata riportata in cartografia la seguente successione stratigrafica (descritta dall'unità più giovane alla più vecchia):

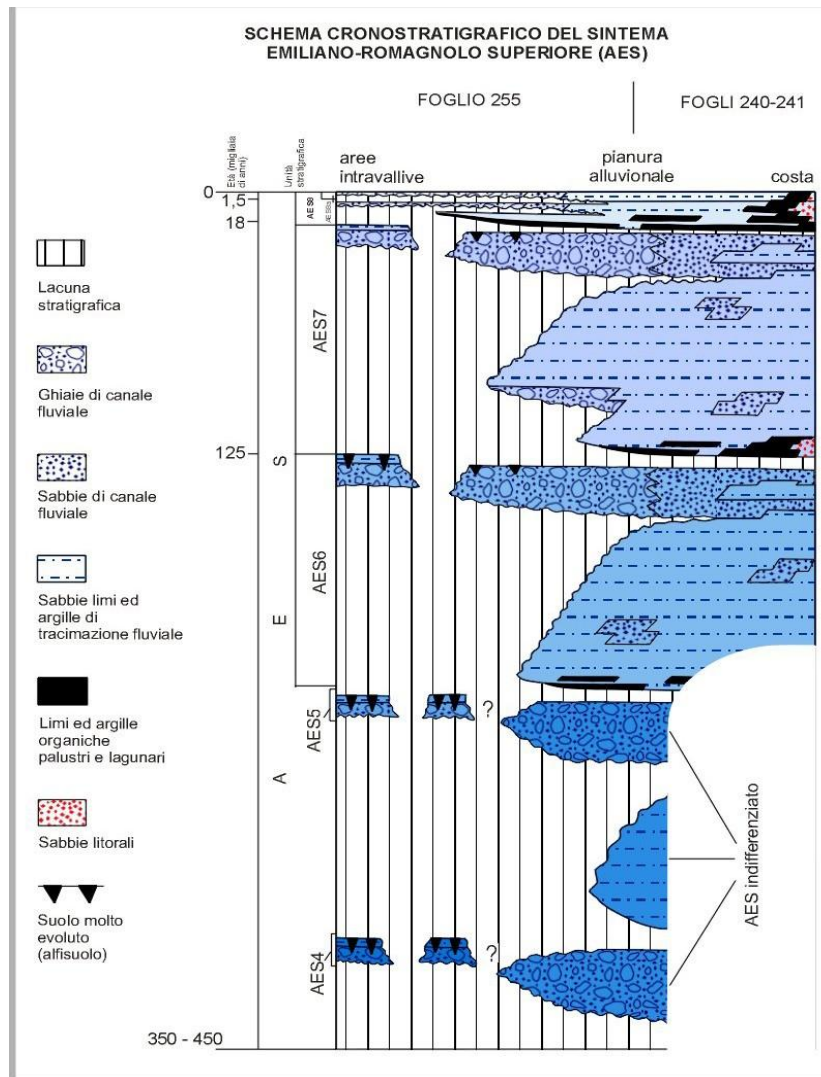


Fig. 3 - Schema del modello stratigrafico adottato per il settore orientale e costiero della pianura emiliano – romagnola.

#### 4.1 DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE (B1)

Questi depositi quaternari sono costituiti da ghiaie, talora embriate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; nella frazione grossolana i clasti risultano eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a sub-arrotondati.

#### 4.2 SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (AES):

Questo sintema è costituito da ghiaie, sabbie, limi ed argille di piana intravalliva, di conoide e di piana alluvionale, inoltre risulta parzialmente suddiviso in Subsintemi limitati, in affioramento, da scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi fini alluvionali e palustri su depositi grossolani di conoide e di piana alluvionale. Il suo spessore massimo in pianura risulta di circa 300 m e l'età è compresa tra Pleistocene medio ed Olocene.

#### 4.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)

Nei settori intravallivi è rappresentato da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale comprende ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti non conformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa.

Età: Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione C14).

##### 4.2.1.1 Unità di Modena (AES8a)

Nei settori intravallivi comprende ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale è rappresentato da ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto netto sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Spessore massimo di 7-10 metri.

Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica)

#### 4.2.2 Subsistema di Villa Verucchio (AES7)

##### 4.2.2.1 Unità di Vignola (AES7b)

Nei settori intravallivi sono costituiti da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno scuro. Negli sbocchi vallivi prevalenti ghiaie caratterizzate da un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro spesso sino a 2 m circa. Limite inferiore erosivo.

## 5 GEOMORFOLOGIA

### 5.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il tracciato autostradale in progetto ricade in una fascia di territorio definita “di cerniera” tra il “margine appenninico-padano”, unità morfologica corrispondente alla zona a cavallo tra il limite morfologico Appennino-Pianura Padana e costituita dalle colline del basso Appennino e dalla fascia pedemontana della Pianura Padana, e la Pianura Padana in senso stretto. Questa fascia di territorio, ad assetto sub-pianeggiante, comprende le conoidi dei principali corsi d’acqua che provengono dall’Appennino (Fig. 4 tratta dalle note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia - Romagna, scala 1.250.000). Si tratta di superfici a pendenza decrescente verso Nord/Nordest, derivate dall’erosione delle litologie competenti (flysch calcareo-marnosi e ofioliti) affioranti nel settore appenninico Emiliano.

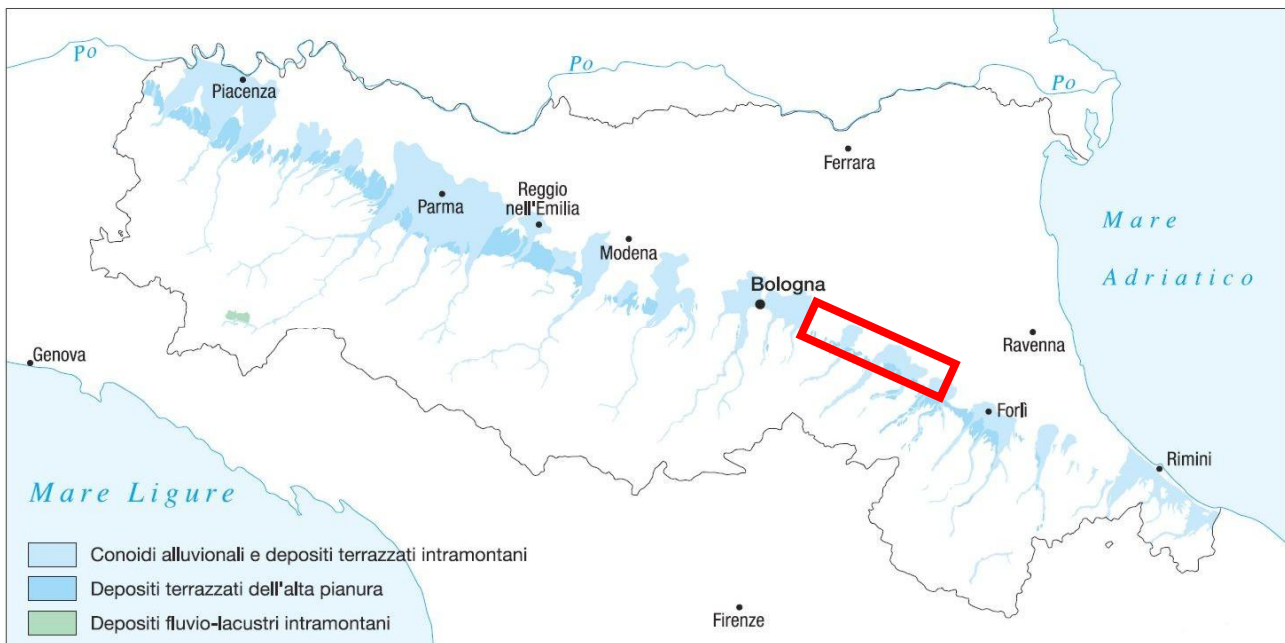


Fig. 4 - Inquadramento geomorfologico della pianura emiliano – romagnola (da Note illustrative alla carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna, scala 1.250.000). In rosso l’area di interesse.

### 5.2 IDROGRAFIA

La zona di interesse risulta a vocazione prettamente agricola ed è caratterizzata da un reticolo idrografico naturale e da una rete di rogge e canali artificiali molto articolata (difatti l’autostrada esistente presenta numerosissime opere minori come ponticelli scatolari). I corsi d’acqua principali interferenti con l’asse autostradale da potenziare sono il torrente Sillaro, il torrente Sellustra e il fiume Santerno.

### 5.3 GEOMORFOLOGIA DI DETTAGLIO

La morfologia di superficie dell’areale oggetto di studio è, di base, il prodotto della dinamica fluviale, a cui si sono aggiunti elementi, anche piuttosto invasivi, di natura antropica. Importante è il reticolo idrografico principale che interseca l’asse stradale e che comprende, a partire da inizio tracciato il T. Gaiana, il T. Sillaro, il Rio Sabbioso, il T. Sellustra, il F. Santerno e, infine, il Rio Sanguinario. Al reticolo principale fa capo un sistema piuttosto complesso di fossi e canali che drenano il territorio, il quale è utilizzato in modo decisamente predominante dalle attività agricole.



Il reticolo idrografico ha un generale andamento SO-NE, secondo il gradiente di pendenza della fascia di territorio in esame; vi sono poi delle eccezioni sia a livello di corsi d'acqua principali, che deviano per brevi tratti dalla direzione principale, sia a livello di reticolo secondario, che spesso segue linee di pendenza differenziate in particolari situazioni morfologiche. Di seguito verranno descritti gli elementi distintivi riprodotti nelle planimetrie geomorfologiche allegate al presente progetto:

### 5.3.1 Macroforme

La fascia in cui ricade il tracciato autostradale è caratterizzata, a livello di area vasta, dalla presenza di macroforme di origine alluvionale: le conoidi dei principali corsi d'acqua. Si tratta di forme non facilmente individuabili alla scala del rilevamento utilizzata per gli scopi di questo lavoro a causa della pendenza minima delle conoidi stesse e del fatto che si tratta di forme sepolte sotto sedimenti più recenti e spesso coalescenti tra di loro. Per questa ragione la posizione delle conoidi è indicata in cartografia sulla base degli elaborati CARG.

La prima di queste forme è la conoide del T. Quaderna, presente tra inizio intervento e pk 32+300 circa. Anche in questo caso la forma è marcata da quote altimetriche lievemente superiori, ma la presenza di zone a quote più basse all'interno della conoide è testimonianza di una minore integrità della stessa.

L'elemento successivo è costituito dal sistema di conoidi dei T. Sillaro e T. Sellustra tra le progressive Km 34+600 e 48+300 circa: si tratta di due conoidi coalescenti, non individuabili in modo chiaro dall'altimetria, che sfumano nella pianura circostante.

Più ad Est, tra la progressiva Km 51+000 c.a. e fine tracciato, si interseca la propaggine terminale dell'ampia conoide del F. Santerno nella quale, a quote inferiori rispetto al livello modale della fascia di territorio circostante, è identificabile l'ambito di divagazione del F. Santerno e del suo affluente Rio Sanguinario. La conoide del Santerno, nella fascia a cavallo dell'asse autostradale, è una forma sepolta e/o degradata al punto che non ha evidenza morfologica tale da poter essere rappresentata come forma morfologica.

Nell'ambito dell'area di studio è inoltre presente, sempre a livello di macroforme, un sistema di terrazzi alluvionali piuttosto complesso che non è stato cartografato in quanto non sono state reperite sufficienti informazioni sia a livello cartografico sia bibliografico. In generale si tratta di forme che si distinguono per l'altimetria con differenze di quote che, nell'ambito della pianura, variano entro intervalli molto contenuti pari a 1-2m. I limiti tra le forme sono inoltre poco individuabili, sia per le modeste differenze di quota sia per l'intenso uso agricolo che ha contribuito molto all'omogeneizzazione delle forme. Per cercare di individuare attraverso strade alternative queste forme è stata consultata anche la Carta dei Suoli dell'Emilia Romagna in scala 1:50.000 in quanto spesso a suoli diversi corrispondono situazioni geomorfologiche differenti. Anche in questo caso però non è stato possibile delineare i terrazzi in quanto, dato il livello di dettaglio, i suoli sono stati raggruppati in complessi o associazioni che includono situazioni geomorfologiche anche differenti (ad es. terrazzi e conoidi).

### 5.3.2 Forme antropiche

L'areale in oggetto è caratterizzato da una elevata pressione antropica. A parte il rilevato autostradale, l'elemento immediatamente percepibile è l'utilizzo agricolo del territorio, esteso praticamente ovunque al netto delle aree urbanizzate. All'uso agricolo sono associate le sistemazioni idraulico-agrarie della pianura, che interessano il reticolo idrografico a partire dai fossi che regimano le acque fino agli affluenti dei corsi d'acqua principali, il cui andamento è spesso rettificato e/o modificato per migliorare il drenaggio superficiale. Interessante è l'osservazione del pattern del sistema di fossi che drena le acque a livello aziendale: in alcuni casi è stato uno degli elementi che ha contribuito ad identificare delle antiche direzioni di scorrimento fluviale.

Il secondo elemento antropico, che in alcuni casi prevale sulle forme naturali o agricole, è rappresentato dalle aree urbanizzate industriali/artigianali e urbane in senso stretto. Le aree industriali/artigianali hanno avuto un notevole incremento di superficie negli ultimi anni, come testimoniato dalla sovrapposizione tra il CTR e le foto aeree disponibili per il presente lavoro. Le aree più estese e che sono state oggetto di una considerevole espansione sono collocate a tergo dell'autostrada tra il Km 36+800 e il Km 38+000 nel Comune di Castel San Pietro Terme, tra il Km 48+200 ed il km 50+000 nel Comune di Imola.

Un altro elemento fortemente caratterizzante è rappresentato dalle aree estrattive. Si tratta di cava per inerti a cielo aperto localizzate in prossimità dei corsi d'acqua principali o in corrispondenza di zone di paleoalveo.

Tra la pk 39+300 – pk 40+100 c.a. la perimetrazione delle zone estrattive lungo il T. Sillaro (Fig. 5) in destra e sinistra idrografica e a monte e valle dell'autostrada è basata sulla fotointerpretazione e sui rilievi di campagna; sono stati inoltre consultati gli elaborati degli SU del Comune di Castel San Pietro Terme ma vi erano alcune discordanze tra quanto rilevato e le perimetrazioni "ufficiali" pertanto si è preferito riportare in cartografia gli esiti dei rilievi. Risulta piuttosto dubbia la situazione dell'area in destra idrografica del F. Sillaro a valle dell'autostrada e compresa tra il T. Sillaro stesso e la via Granara, che funge anche da confine comunale. Le foto aeree ed il rilievo di campo, comprese informazioni reperite sul posto, hanno consentito di perimetrare un'area che è sicuramente stata oggetto di importanti sistemazioni superficiali legate ad un'attività estrattiva della quale però non si conosce la reale estensione. Le uniche tracce ricollegabili ad avvenuti scavi sono le scarpate (fronti di scavo residui) e l'assenza di qualsiasi forma collegabile alla dinamica fluviale all'interno dell'area.



Fig. 5 - Aree estrattive presenti a tergo del T. Sillaro. L'immagine è del 2003 e non sono visibili le aree scavate recentemente.

### 5.3.3 Altre forme di origine fluviale

Oltre alle macroforme, la fascia di territorio oggetto di questo studio è caratterizzata dalla presenza di elementi morfologici minori derivati dalla dinamica fluviale. Si tratta in massima parte di elementi lineari:

- Orli di terrazzo fluviale: scarpate nettamente distinguibili sia in foto aerea che in campagna, in quasi tutti i casi si tratta di forme relitte e discontinue

- 
- Traccia di orlo di terrazzo: raccordi tra superfici poste a quote differenti resi blandi e poco evidenti in quanto obliterati da attività antropiche (agricoltura o urbanizzazione)
  - Antica direzione di scorrimento fluviale/paleoalveo: l'interpretazione delle foto aeree ha consentito di identificare delle forme che potrebbero essere attribuite ad antiche sedi dei corsi d'acqua; il riconoscimento di queste forme in campagna è reso molto difficoltoso sia per la conformazione stessa delle forme, estremamente blande e sfumate nella pianura, sia e soprattutto per l'intenso uso agricolo dell'area che ha ulteriormente "stemperato" le forme nella pianura
  - Superficie di terrazzo residua: si tratta di un'area collocata in corrispondenza del Km 41+900, posta a quota lievemente superiore rispetto al contorno che probabilmente rappresenta il residuo della superficie di un terrazzo ormai completamente rielaborato
  - Erosione di sponda: il rilievo di campo ha consentito di verificare che in alcuni tratti delle principali aste fluviali sono attivi fenomeni di erosione di sponda

## 6 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA DAGLI ENTI

La pianificazione territoriale nelle aree degli interventi è guidata dalle norme dei seguenti Piani vigenti: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) gestito dai Servizi tecnici regionali, Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (PGRA), Distretto Appennino Settentrionale Bacino Reno (UoM ITI021), Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), attualmente in carico alla Città Metropolitana di Bologna, Piano Strutturale (PSC) dei due comuni attraversati.

### 6.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Nell'ambito delle redazioni della Planimetria dei Vincoli sono stati riportati i vincoli di natura idraulica indicati nel PAI dell'Autorità di Bacino del Reno, Stralcio Assetto Idrogeologico, recepiti dai PTCP di Bologna e Ravenna ed indicati negli SU di alcuni comuni.

Il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno è stato:

- adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Reno con delibera n 1/1 del 06.12.2002;
- approvato, per il territorio di competenza, dalla Giunta Regionale Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 07.04.2003. pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia- Romagna n.70 (PII) del 14.05.2003.
- approvato, per il territorio di competenza, dal Consiglio della Regione Toscana con deliberazione n. 114 del 21.09.2004. pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n.43 (PII) del 27.10.2004.

Lo strumento di pianificazione vigente propone per l'intero territorio d'interesse le attività svolte e i risultati per quanto riguarda il rischio da frana e l'assetto dei versanti e distintamente, in riferimento ai bacini dei corsi d'acqua principali per il rischio idraulico e l'assetto della rete idrografica. La normativa è invece unica per ciascuno dei due settori.

Poiché il progetto di intervento ricade nell'ambito di pianura, è stato preso in esame il settore relativo al rischio idraulico e l'assetto della rete idrografica.

Attualmente i piani di bacino hanno in itinere una variante dovuta al recepimento (01/06/2016) del Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni, derivante dalla norma europea conosciuta come Direttiva Alluvioni ed emanata il 2007/60/CE.

La planimetria dei Vincoli allegata al presente progetto riporta la zonazione del PAI:

**Alvei Attivi**, l'insieme degli spazi normalmente occupati, con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5-10 anni, da masse d'acqua in quiete od in movimento, delle superfici che li delimitano, del volume di terreno che circoscrive tali spazi e che interagisce meccanicamente od idraulicamente con le masse d'acqua contenute in essi e di ogni elemento che partecipa alla determinazione del regime idraulico delle masse d'acqua medesime. In tali aree viene prescritto:

1. Al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico elevato o molto elevato e per consentire il libero deflusso delle acque, il piano individua il reticolo idrografico, ossia l'insieme degli alvei attivi. Il reticolo idrografico è riportato nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" come indicazione delle aree occupate dall'alveo attivo oppure come asse del corso d'acqua. In questo secondo caso, quando le condizioni morfologiche non ne consentono la delimitazione, vanno considerate le distanze planimetriche sia in destra che in sinistra dall'asse indicate nel successivo comma 9.

2. All'interno delle aree di cui al comma 1 è consentita esclusivamente, fatto salvo quanto previsto dal successivo comma 4, la realizzazione di opere di regimazione idraulica e di attraversamento trasversale. Può essere consentito inoltre lo svolgimento di attività che non comportino alterazioni morfologiche o funzionali, un apprezzabile pericolo di danno per le persone e le cose, di inquinamento delle acque e di fenomeni franosi. All'interno delle aree in oggetto non può comunque essere consentito, l'impianto di nuove colture agricole, ad

esclusione del prato permanente, nelle aree non coltivate da almeno due anni al 27 Giugno 2001; il taglio o la piantumazione di alberi o cespugli se non autorizzati dall'autorità idraulica competente; lo svolgimento delle attività di campeggio; il transito e la sosta di veicoli se non per lo svolgimento delle attività di controllo e di manutenzione del reticolo idrografico o se non specificatamente autorizzate dall'autorità idraulica competente; lo svolgimento di operazioni di smaltimento e recupero di cui agli allegati b) e c) del Dlgs 22/97 nonché il deposito temporaneo di rifiuti di cui all'art.6, comma 1, lett. m) del medesimo Dlgs 22/97.

3. Gli incentivi per i sostegni agro-ambientali finalizzati alla messa a riposo dei terreni in ambito fluviale vanno prioritariamente destinati alle aree di cui al presente articolo. Le concessioni per l'utilizzo agricolo delle aree demaniali di cui alla presente norma, alla loro scadenza, non possono essere rinnovate o prorogate, ad eccezione, previa regolamentazione specifica dell'Autorità idraulica competente, di quelle relative a prato naturale permanente, a medicaio, a prato stabile polifita, con le rotazioni colturali strettamente necessarie.

4. All'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, possono essere consentiti l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture, comprensive dei relativi 28 manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente piano e con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino espresso seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24.

5. I manufatti e i fabbricati esistenti all'interno delle aree e nelle porzioni di terreno di cui al precedente comma 1, ad esclusione di quelli connessi alla gestione idraulica del corso d'acqua, sono da considerare in condizioni di pericolosità idraulica molto elevata e pertanto le Regioni e i Comuni promuovono e/o adottano provvedimenti per favorire, anche mediante incentivi, la loro rilocalizzazione.

6. Sui manufatti e fabbricati posti all'interno delle aree di cui al comma 1, che sono comunque da considerare a tutti gli effetti esposti a rischio idraulico, sono consentiti soltanto, opere di manutenzione, opere finalizzate ad una sensibile riduzione della vulnerabilità, opere imposte dalle normative vigenti, opere sui fabbricati tutelati dalle normative vigenti.

7. La realizzazione delle opere di cui al precedente comma 6, escluse le opere di manutenzione, è comunque subordinata al parere favorevole dell'Autorità idraulica competente anche sotto il profilo della congruenza con gli obiettivi e con le norme del presente piano.

8. Le aree comprese tra argini continui su entrambi i lati del corso d'acqua sono comunque soggette alla presente normativa. In tali aree sono comunque consentite, opere previste dall'art.18 comma 2 lettera b) del PTPR della Regione Emilia-Romagna, opere di messa in sicurezza dell'abitato di Malacappa. Allo stesso si applicano le normative vigenti ai sensi dell'art.22 del PTPR della Regione Emilia-Romagna e degli strumenti urbanistici vigenti.

9. Quando l'alveo attivo non è arealmente individuato nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" e le condizioni morfologiche non ne consentono la delimitazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica sia in destra che in sinistra dall'asse del corso d'acqua comunque non inferiore a 20 m per il reticolo idrografico principale, a 15 m per quello secondario, a 10 m per quello minore e a 5 m per quello minuto. Nel caso le linee di demarcazione non siano agevolmente individuabili sul terreno e siano sostanzialmente sovrapposte a curve di livello, si può far riferimento alle corrispondenti quote.

10. Al fine di consentire interventi di manutenzione con mezzi meccanici, lungo le reti di scolo di bonifica va comunque mantenuta libera da ogni elemento che ostacoli il passaggio una zona della larghezza di cinque metri esterna a ogni sponda o dal piede dell'argine.

11. Ogni modificazione morfologica, compresi la copertura di tratti appartenenti al reticolo idrografico principale, secondario, minore, minuto e di bonifica, che non deve comunque alterare il regime idraulico delle acque, è subordinata al parere favorevole dell'Autorità idraulica competente e la relativa documentazione deve essere trasmessa all'Autorità di Bacino per l'adeguamento delle perimetrazioni secondo la procedura prevista dal comma 2 dell'art.24.

**Fasce di Pertinenza Fluviale**, insieme delle aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi con tempo di ritorno (TR) fino a 200 anni, mediante opere di regimazione a basso impatto ambientale e interventi necessari a ridurre l'artificialità del corso d'acqua e a recuperare la funzione di corridoio ecologico; fanno inoltre parte della fascia di pertinenza fluviale i terrazzi idrologicamente connessi, le aree da salvaguardare e regolamentare per ridurre i rischi di inquinamento dei corsi d'acqua e/o di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti. In tali aree viene prescritto:

2. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" non può essere prevista la realizzazione di nuovi fabbricati né di nuove infrastrutture, ad esclusione di pertinenze funzionali di fabbricati e di attività esistenti alla data di adozione del piano, di interventi connessi alla gestione idraulica del corso d'acqua e di quanto previsto ai successivi commi 3 e 5.

3. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.V" e "PF.M" sono consentiti: a) la realizzazione di nuove infrastrutture riferite a servizi essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente piano e con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile; b) l'attuazione delle previsioni edificatorie contenute negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del piano; c) la previsione di nuovi fabbricati all'interno del territorio urbanizzato; d) la previsione di nuovi fabbricati strettamente connessi alla conduzione del fondo e alle esigenze abitative di soggetti aventi i requisiti di imprenditori agricoli a titolo principale ai sensi delle vigenti leggi, non diversamente localizzabili.

4. La realizzazione di fabbricati sulle aree di cui alle lettere c) e d) del precedente comma 3 è subordinata, nelle aree contraddistinte dalle sigle "PF.V" e "PF.M", all'adozione di misure di riduzione dell'eventuale rischio idraulico di cui i Comuni competenti per territorio provvedono, nell'ambito del procedimento concessorio, a verificare l'adeguatezza e a prevedere le opportune prescrizioni.

5. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.M" può essere inoltre prevista la realizzazione di nuovi fabbricati costituenti espansioni contermini al territorio urbanizzato non diversamente localizzabili, a condizione che, le aree interessate dagli interventi non siano passibili di inondazione e/o sottoposte ad azioni erosive dei corsi d'acqua in riferimento ad eventi di pioggia con tempo di ritorno 200 anni; -gli interventi non incrementano il pericolo di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti e che le stesse aree interessate dagli interventi non sono soggette a fenomeni di instabilità tali da comportare un non irrilevante rischio idrogeologico; gli interventi non comportano un incremento del pericolo di inquinamento delle acque. 6. Sono sottoposti al parere dell'Autorità di Bacino, che si esprime in merito alla compatibilità e coerenza degli interventi con i contenuti del presente articolo e con gli obiettivi del piano, seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24: a) il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali di cui al comma 3 lettera a) ad esclusione di quelli al servizio degli insediamenti esistenti; b) i provvedimenti di attuazione degli strumenti della pianificazione urbanistica comunale di cui al comma 3 lettera b) ad esclusione di quelli riguardanti nuove occupazioni di suolo in aree già interessate da trasformazione edilizia, o aree i cui piani attuativi preventivi sono stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001 o di opere infrastrutturali e fabbricati i cui provvedimenti concessori sono stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001; c) l'adozione di strumenti della pianificazione urbanistica comunale riguardanti le espansioni di territorio urbanizzato di cui al comma 5; d) le opere che alterino la morfologia del terreno suscettibili di determinare modifiche al regime idraulico.

7. All'interno delle fasce di pertinenza fluviale, individuate nella cartografia o da individuare secondo i criteri indicati al successivo comma 11, i Comuni dettano norme o emanano atti che consentano e/o promuovano, anche mediante incentivi, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità dei fabbricati esistenti in tutti i casi in cui sia dimostrata la presenza di situazioni di rischio idraulico anche non evidenziate negli elaborati di piano.

8. Nelle aree campite come PF.V.RU. sono consentiti solo interventi sui fabbricati esistenti senza aumento di superfici e volumi utili. I Comuni dettano norme o emanano atti che consentono e/o promuovono, anche mediante incentivi, la rilocalizzazione dei fabbricati presenti in tali aree, utilizzando anche le procedure per la realizzazione di opere pubbliche idrauliche, per consentire di realizzare un assetto urbano finalizzato comunque a perseguire gli obiettivi del presente piano ed in riferimento al quale i comuni stessi richiedono, ove necessario, le modifiche delle perimetrazioni.

9. Gli incentivi per le misure agro-ambientali finalizzate alla tutela dell'ambiente vanno prioritariamente destinati alle attività agricole svolte all'interno delle "fasce di pertinenza fluviale" contraddistinte dalla sigla "PF.M".

10. All'interno delle "fasce di pertinenza fluviale contraddistinte dalle sigle "PF.M" e "PF.V" sono vietate le nuove attività di smaltimento dei rifiuti, nonché l'esercizio di nuove attività finalizzate in via esclusiva al recupero degli stessi, ad eccezione di: 33-stoccaggio di rifiuti urbani e di rifiuti speciali derivanti dalle attività di demolizione e costruzioni; riciclo/recupero della frazione dei rifiuti urbani costituita da sfalci e potature mediante trasformazione biologica; smaltimento di rifiuti speciali prodotti da terzi mediante trattamento in impianti di depurazione.

11. Dove non individuato nella cartografia di piano, le presenti norme si applicano anche al reticolo principale, secondario minore e minuto nei quali la "fascia di pertinenza fluviale" viene individuata secondo quanto di seguito indicato: - nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico principale", elencati negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 30 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; - nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico secondario", negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 20 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; - nei corsi d'acqua del "reticolo idrografico minore", indicati negli elaborati di piano del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica" in una fascia planimetricamente di 10 metri posta sia a sinistra che a destra del limite del reticolo idrografico; - nella restante parte del reticolo idrografico, le norme valgono per una fascia di 5 metri sia a sinistra che a destra dell'identificazione del corso d'acqua. Nel caso le linee di demarcazione non siano agevolmente individuabili sul terreno e siano sostanzialmente sovrapposte a curve di livello, si può far riferimento alle corrispondenti quote.

12. Dove non individuato nella cartografia di piano, le presenti norme si applicano anche al reticolo minore vallivo e di bonifica nei quali la "fascia di pertinenza fluviale" viene individuata in una fascia laterale di 10 m dal ciglio più elevato della sponda o dal piede arginale esterno. Nei tratti compresi nel territorio urbanizzato e nei tratti coperti la fascia di pertinenza è ridotta a 5 metri rispettivamente dal ciglio di sponda e dal limite a campagna della infrastruttura. Il presente comma non si applica nei centri storici individuati dagli strumenti urbanistici quando non compatibile con il tessuto urbano consolidato degli stessi.

13. Tutte le limitazioni di cui al presente articolo non si applicano a piste e percorsi ciclabili, viabilità di campagna, manufatti e attrezzature funzionali alla fruibilità pubblica degli ambiti fluviali, manufatti tecnici e opere similari la cui realizzazione è subordinata al parere dell'Autorità idraulica competente.

14. La perimetrazione e la classificazione delle fasce di pertinenza fluviale possono essere modificate in limitate e specifiche situazioni, seguendo la procedura indicata al comma 2 dell'art. 24, nei casi in cui ne sia documentalmente dimostrata la necessità al fine di attuare assetti territoriali maggiormente congruenti con gli obiettivi del piano.

**Aree ad alta probabilità di inondazione**, le aree passibili di inondazione e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua per eventi di pioggia con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni. Gli "elementi antropici" presenti in tali aree e, rispetto ai quali il danno atteso è medio o grave, danno luogo a rischio idraulico elevato e molto elevato. In tali aree viene prescritto:

1. Al fine della individuazione e della mitigazione del rischio idraulico elevato e molto elevato, la cui localizzazione è riportata nelle tavole del "Titolo II Assetto della Rete Idrografica", e della limitazione degli elementi esposti a rischio, il piano individua le "aree ad alta probabilità di inondazione". 2. All'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dai successivi commi 6 e 7, può essere consentita la realizzazione di nuovi fabbricati e manufatti solo nei casi in cui essi siano interni al territorio urbanizzato o espansioni contermini dello stesso e la loro realizzazione non incrementi sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente. 3. All'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dai successivi commi 6 e 7, può essere consentita la realizzazione di nuove infrastrutture, comprensive dei relativi manufatti di servizio, solo nei casi in cui esse siano riferite a servizi essenziali, la loro realizzazione non incrementi sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente e risultino coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile.

4. Sui fabbricati esistenti all'interno delle aree di cui al comma 1, fatto salvo quanto previsto dal successivo comma 7, possono essere consentiti solo ampliamenti, opere o variazioni di destinazione d'uso che non

incrementino sensibilmente il rischio idraulico rispetto al rischio esistente. Possono comunque, previa adozione delle possibili misure di riduzione del rischio, essere consentite: a) opere imposte dalle normative vigenti; b) opere su fabbricati tutelati dalle normative vigenti; c) trasformazioni di fabbricati definite dalle amministrazioni comunali a "rilevante utilità sociale" espressamente dichiarata; d) opere di manutenzione.

5. Nella valutazione dell'incremento di rischio di cui ai precedenti commi 2, 3, e 4 devono essere prese in considerazione le variazioni dei singoli fattori e delle variabili che concorrono alla determinazione del rischio idraulico come definito nell'art. 4 delle presenti norme. 6. Le amministrazioni comunali possono determinare, prescrivendo comunque le possibili misure di riduzione del rischio, di dare attuazione alle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione urbanistica comunale vigenti alla data del 27 giugno 2001 riguardanti aree che dagli elaborati di piano o da successivi approfondimenti conoscitivi non risultino interessate da eventi di piena con tempi di ritorno inferiori od uguali a 30 anni. 7. Può comunque essere attuato quanto previsto da provvedimenti concessori che siano stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001 e, previa adozione delle possibili misure di riduzione del rischio, gli interventi sulle aree i cui provvedimenti attuativi siano stati resi esecutivi prima del 27 giugno 2001.

8. Sono sottoposti al parere dell'Autorità di Bacino che si esprime in merito alla compatibilità e coerenza degli interventi con i contenuti del presente articolo e con gli obiettivi del piano, seguendo la procedura di cui al comma 4 dell'art. 24: a realizzazione dei nuovi fabbricati di cui al comma 2; 30 la realizzazione delle nuove infrastrutture di cui al comma 3 ad eccezione di quelle al servizio degli insediamenti esistenti; gli ampliamenti, le opere o le variazioni di destinazione d'uso di cui al comma 4 ad esclusione delle opere e trasformazioni di cui ai punti a), b), c), d) del medesimo comma 4.

9. Nel caso le caratteristiche morfologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e delle aree di cui al presente articolo subiscano modifiche tali da configurare diversamente il rischio idraulico in specifiche e definite zone, l'Autorità di Bacino può conseguentemente adeguare la perimetrazione delle aree di cui al comma 1, secondo la procedura indicata al comma 2 dell'art. 24, sulla base di studi idraulici, eseguiti da enti od anche da privati interessati, secondo i criteri e le metodologie indicate negli elaborati del presente piano, in cui venga dimostrato che le aree in oggetto non sono passibili di inondazione e/o esposte ad azioni erosive, per eventi di piena con tempi di ritorno di 50 anni, o che il rischio idraulico interessa un'area diversamente configurata.

10. Nelle aree ad alta probabilità di inondazione presenti in tratti non arginati dei corsi d'acqua e dove sono assenti elementi a rischio, la realizzazione di opere di regimazione fluviale è consentita solo nei casi in cui tale fatto non induca un incremento apprezzabile della pericolosità in altre zone.

11. Le porzioni delle aree ad alta probabilità di inondazione comprese nelle fasce di pertinenza fluviale di cui al successivo art.18 fanno comunque parte delle stesse e ad esse si applica anche quanto previsto dal medesimo art. 18. Alle aree ad alta probabilità di inondazione si applica in ogni caso il c. 10 dell'art. 18.

## **6.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP)**

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale è stato approvato con DCP n.19 dell'30/03/04. Il piano è stato modificato a seguito delle seguenti Varianti:

- sistema della mobilità provinciale (DCP n°29 del 31/03/2009),
- materia di insediamenti commerciali (POIC) (DCP n°30 del 07/04/2009),
- recepimento del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione (DCP n°15 del 04/04/2011),
- recepimento dei Piani Stralcio per i Bacini dei Torrenti Samoggia e Senio,
- aggiornamenti-rettifiche di errori materiali (DCP n°27 del 25/06/2012),
- modifica puntuale della perimetrazione delle zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura (DCP n°36 del 24/06/2013) e in materia di riduzione del rischio sismico (DCP del n°57 del 28/10/2013).

Per quel che riguarda gli emungimenti invece della falda acquifera, la normativa vigente (Art. 5.3. PTCP del D.C.P. n.19/2004) identifica una zona di tutela assoluta ricadente in un'area circolare con raggio di 10 m da ogni singolo pozzo; e una zona di rispetto ricadente invece in un'area circolare con raggio di 200 m individuata



geometricamente. Queste informazioni sono state anche confrontate con quelle presenti nei Piani Strutturali Comunali attualmente vigenti.

### **6.3 PIANI STRUTTURALI COMUNALI (PSC)**

La rete idrografica minore “Valliva” e di Bonifica (es. Consorzio di Bonifica Renana) è rappresentata dalla rete scolante minore e dalla rete di bonifica in pianura. Essa non è regolata né dal piano di coordinamento provinciale (PTCP) né dal piano stralcio di assetto idrogeologico (PSAI), ma fa riferimento alle norme contenute nei piani strutturali comunali (PSC) dei comuni interessati dalle opere.

### **6.4 PIANO DI COORDINAMENTO GESTIONE RISCHI ALLUVIONI (PGRA)**

La Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell’ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l’obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale, l’attività economica e le infrastrutture. La Direttiva e il D.lgs. 49/2010 privilegiano un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate. Nella prima fase è prevista la valutazione preliminare del rischio di alluvioni, nella seconda fase vengono elaborate mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, infine viene data la predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

Attualmente I Piani di gestione del rischio di alluvioni (art. 7 Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010) adottati a partire dal 17 dicembre 2015, sono stati approvati il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali.

Il territorio della Regione Emilia-Romagna è interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, del distretto dell’Appennino Settentrionale e del distretto dell’Appennino Centrale; l’area di intervento ricade nell’ambito del distretto dell’Appennino Settentrionale (fig.5).

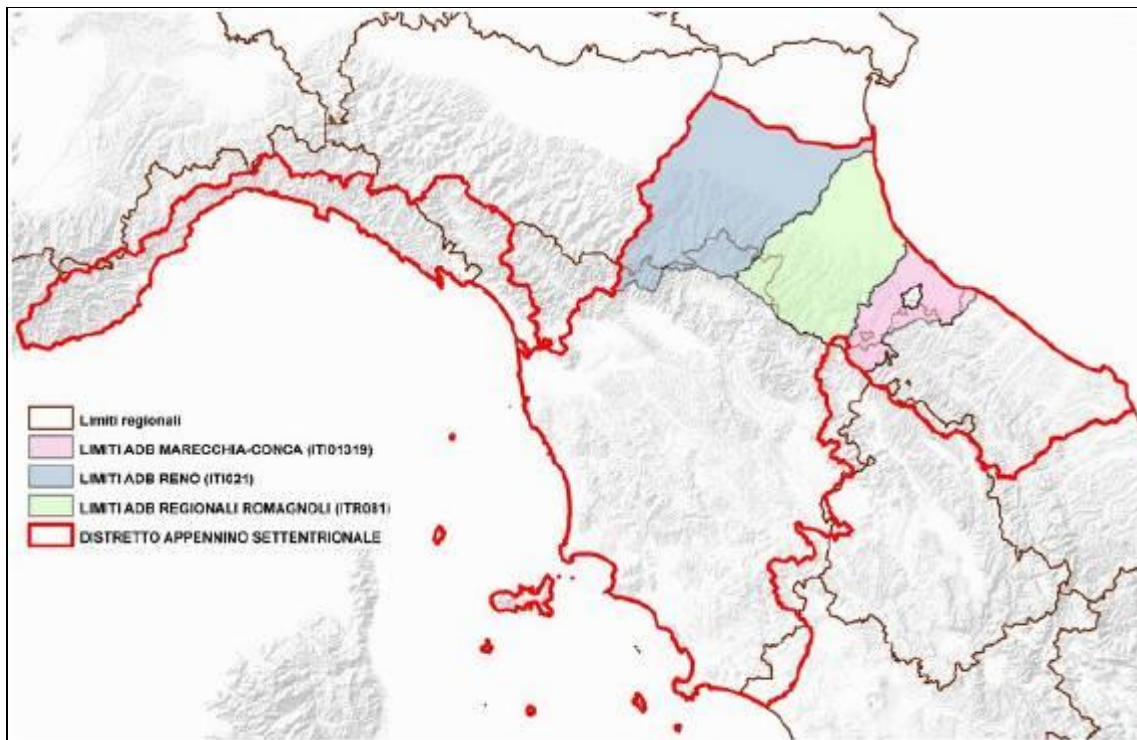


Fig.5 - Distretto Appennino Settentrionale e suddivisione dei bacini di riferimento

Le mappe della pericolosità hanno individuato n°3 *scenari di pericolosità*; si tratta di aree geografiche distinte sulla frequenza delle alluvioni:

- Alluvioni frequenti (P3) con tempo di ritorno compreso tra 20÷50 anni.
- Alluvioni poco frequenti (P2) con tempo di ritorno compreso tra 100÷200 anni;
- Alluvioni rare (P1) con scarsa probabilità di accadimento (fino a 500 anni dall'evento).

Questi scenari derivano dai modelli prodotti per la pericolosità dei singoli PAI di riferimento.

Si sottolinea che il PGRA, nell'ambito dell'area di studio, prevede elaborati cartografici inerenti il "Reticolo naturale principale e secondario" ed il "Reticolo artificiale secondario di pianura".

Nella planimetria della pericolosità idraulica da PGRA sono state riportate le perimetrazioni delle Mappe di Pericolosità derivanti dal Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni relativa al Distretto Appennino Settentrionale (Unit of Management Reno ITI021), con particolare riferimento agli scenari di pericolosità idraulica del Reticolo Principale.

## 7 ALTRI ELEMENTI

### 7.1 SUBSIDENZA

L'ARPA, in collaborazione con l'Università di Bologna, ha centralizzato dal 1997 le informazioni riguardanti la subsidenza. Il monitoraggio della subsidenza fino ad allora era avvenuto, a partire dagli anni '60, ad opera di vari Enti che hanno istituito e misurato, in epoche diverse, reti di livellazione in ambiti locali più o meno limitati. Tali iniziative, se efficaci a livello locale, mostravano i loro limiti se osservate in un contesto regionale evidenziando lacune e disomogeneità tali da rendere, in gran parte dei casi, difficoltosa la definizione organica e univoca del fenomeno.

Nel 1997-1998, a partire dal vasto patrimonio di capisaldi esistenti e sulla scorta delle esperienze precedenti è stata progettata e realizzata una rete regionale di monitoraggio della subsidenza costituita, in particolare, da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2300 capisaldi e una rete di circa 60 punti GPS (Fig. 6).

La rete, nel suo complesso, è stata misurata per la prima volta nel 1999. Il rilievo della rete di livellazione ha permesso di attribuire ad ogni caposaldo, compresi quelli storici, una quota assoluta sul livello medio del mare riferita, in particolare, al caposaldo 5/162" sito nei pressi di Sasso Marconi (Appennino bolognese) e appartenente alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.). Per tale caposaldo è stata adottata la quota determinata nel 1949 dall'Istituto stesso pari a 225.9222 m s.l.m.

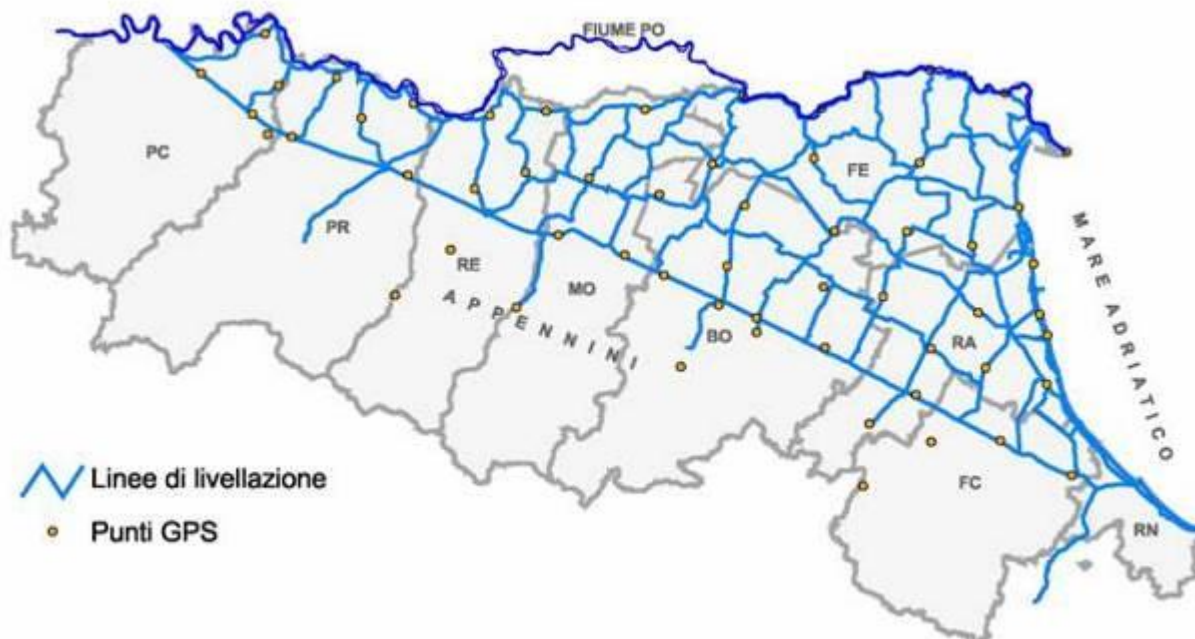


Fig. 6: Rete di monitoraggio ARPA per la subsidenza della pianura emiliano-romagnola.

E' stato così possibile realizzare la prima carta a isolinee di velocità di abbassamento del suolo relativa al periodo 1970/93-1999, che costituisce il primo tentativo di restituire un quadro complessivo dei movimenti verticali del suolo sull'intera area di pianura della regione, già nella fase di rilievo "zero" della Rete. Tale rappresentazione, tuttavia, risulta inevitabilmente lacunosa, relativamente o parzialmente aggiornata e, comunque, fortemente disomogenea data la diversa copertura spaziale e temporale dei dati storici. In virtù di questa disomogeneità, le velocità di movimento indicate sulla carta sono riferite a periodi diversi, a seconda delle linee di livellazione, compresi tra il periodo più lungo 1970-1999 e il periodo più breve 1993-1999.

Le misure sono state ripetute nel 2002 ma solo sulla rete GPS aggiornando così le conoscenze sui movimenti del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai punti della rete stessa.

Nel 2005-07 ARPA ha realizzato l'aggiornamento delle conoscenze geometriche relative al fenomeno della subsidenza, tramite l'interazione di due tecniche:

- la livellazione geometrica di alta precisione di un sottoinsieme della rete regionale (circa il 50% delle linee di livellazione);
- l'analisi interferometrica di dati radar satellitari con tecnica PSInSARTM estesa all'intero territorio di pianura della regione, circa 11.000 km<sup>2</sup>.

I risultati ottenuti, per la prima volta, forniscono un quadro sinottico di dettaglio del fenomeno della subsidenza a scala regionale. In particolare, sulla base della disponibilità dei dati satellitari, sono state realizzate tre diverse cartografie a curve isocinetiche: la prima, relativa al periodo 1992-2000, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti da due satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ERS1 e ERS2 e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 160.000 punti (fig. 7). La seconda riguarda il periodo 2002-2006 e fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti dal satellite ENVISAT (ESA) e RADARSAT (Agenzia Spaziale Canadese) basandosi sulle velocità di movimento relative a circa 140.000 punti (fig. 8).

La terza fa riferimento alla più recente cartografia delle isocinetiche relative al periodo 2006-2011 secondo le classi indicate in legenda (fig. 9).

L'utilizzo del metodo satellitare ha permesso di acquisire un'informazione molto più diffusa e capillare rispetto al rilievo terrestre: un numero di punti di ben due ordini di grandezza superiore al numero dei capisaldi di livellazione sui quali poteva contare la precedente cartografia.

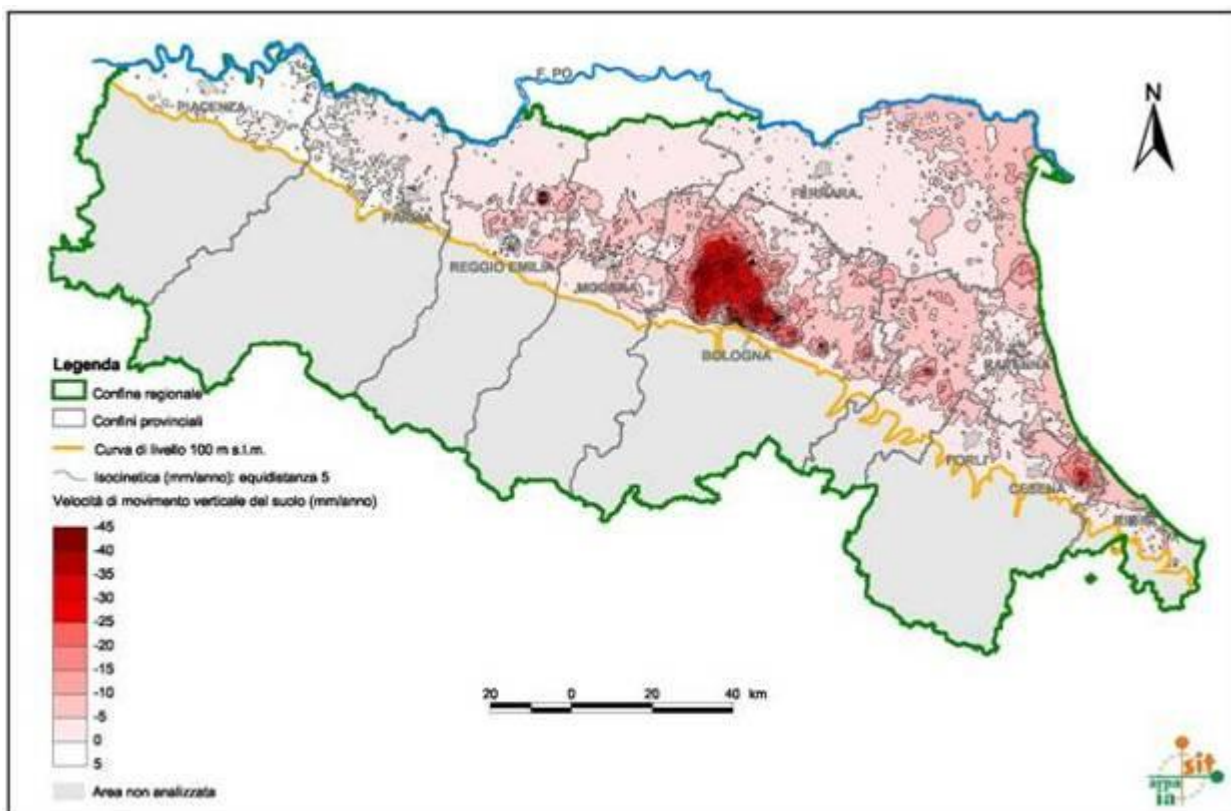


Fig. 7 - Isocinetiche relative al periodo 1992-2000.

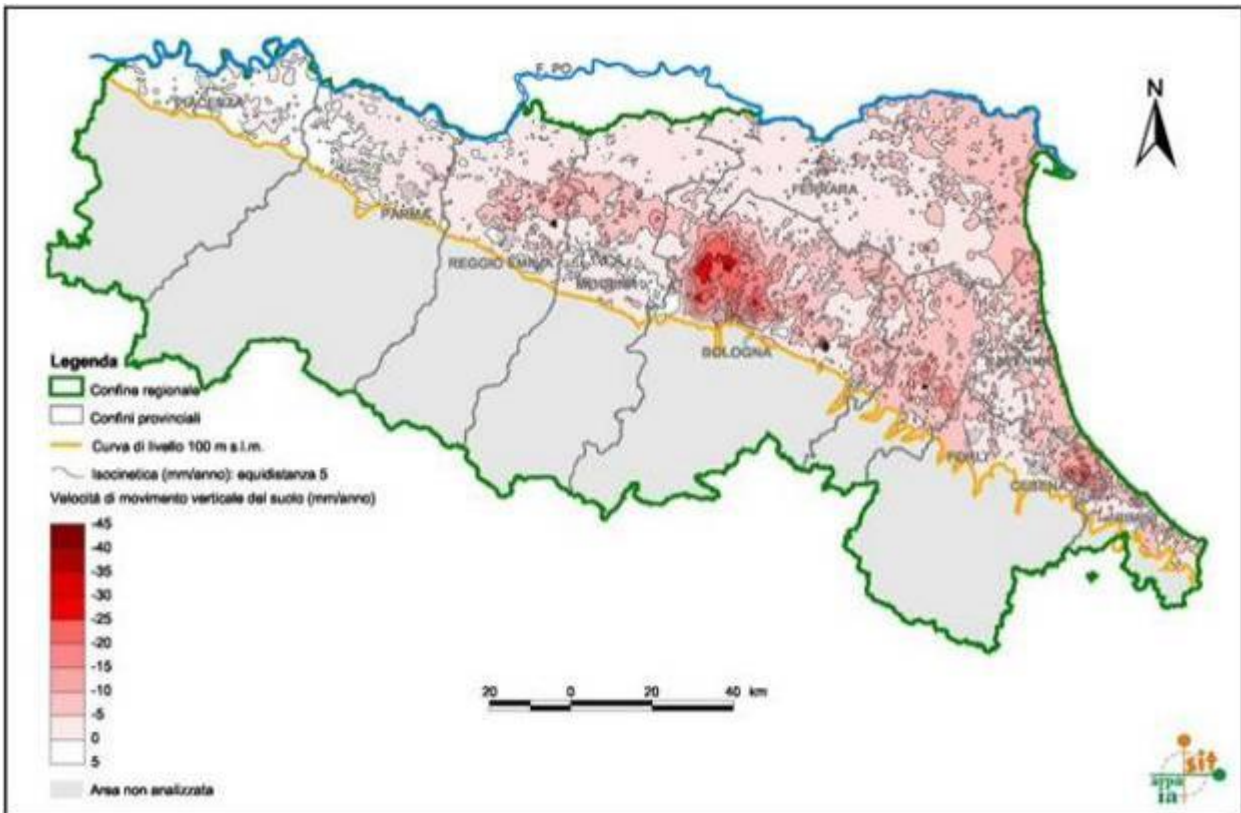


Fig. 8 - Isocinetiche relative al periodo 2002-2006.

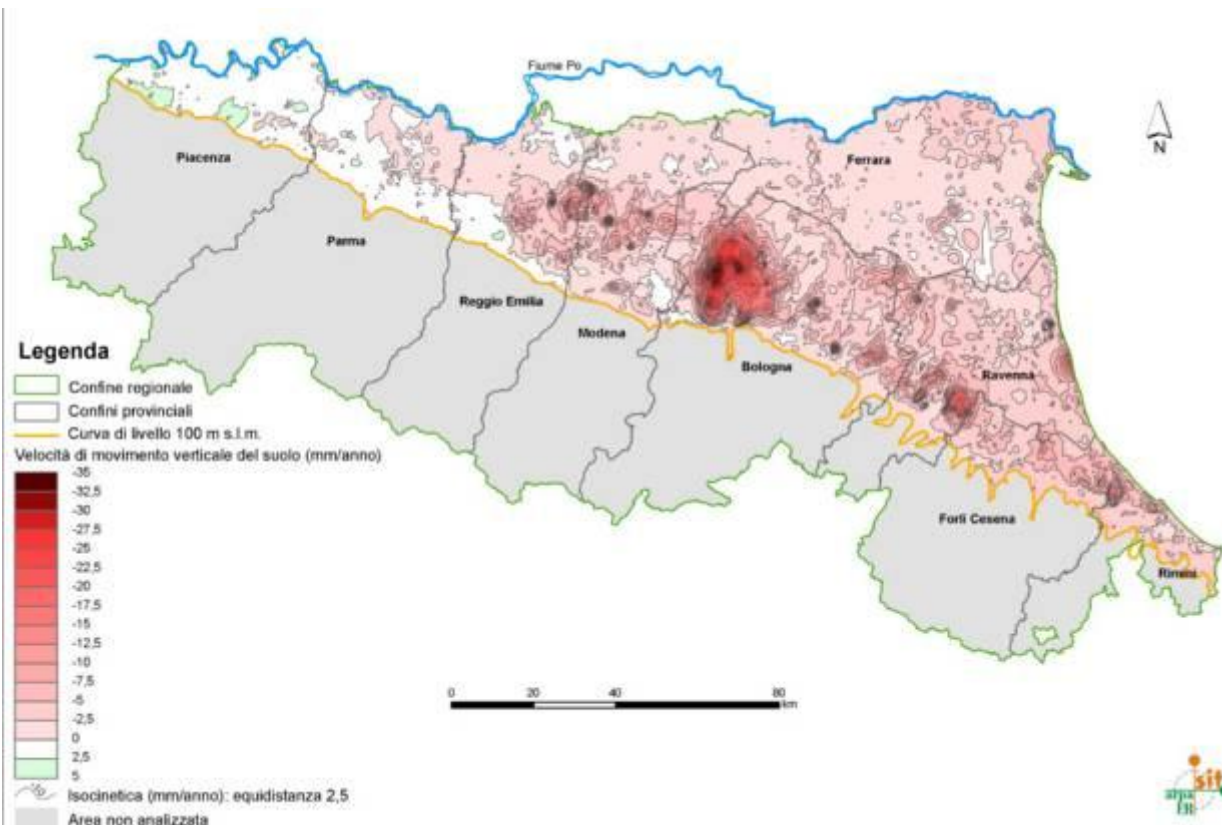


Fig. 9 - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

Accedendo al sito online dell'ARPA è possibile visionare ad una scala di maggior dettaglio alcuni stralci (con relativa legenda) della cartografia più recente, con particolare riferimento all'areale del tracciato in esame:

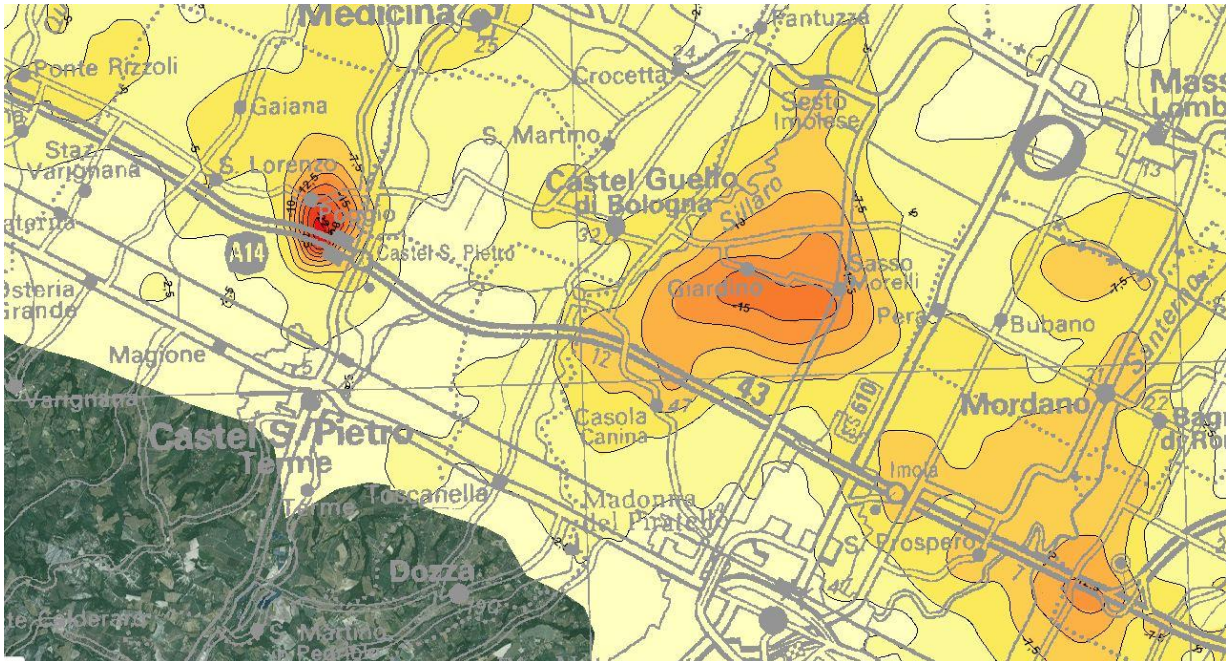


Fig. 10a - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011 (veduta d'insieme).

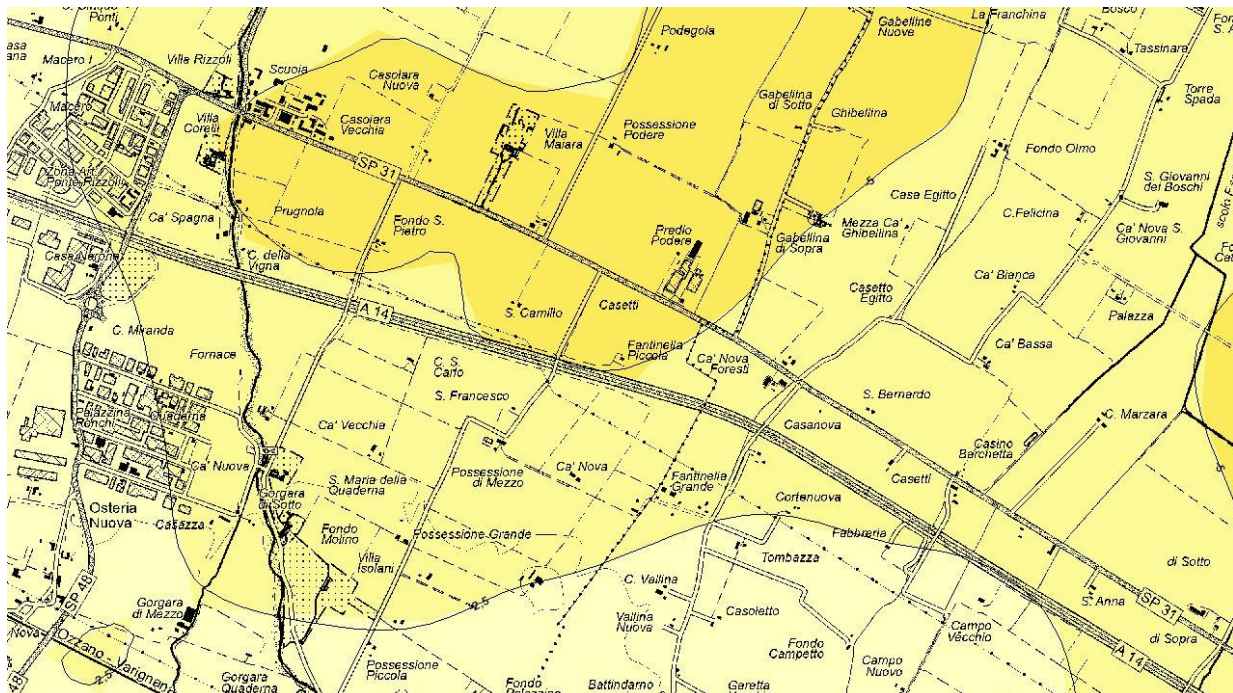


Fig. 10b - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011 (particolare).

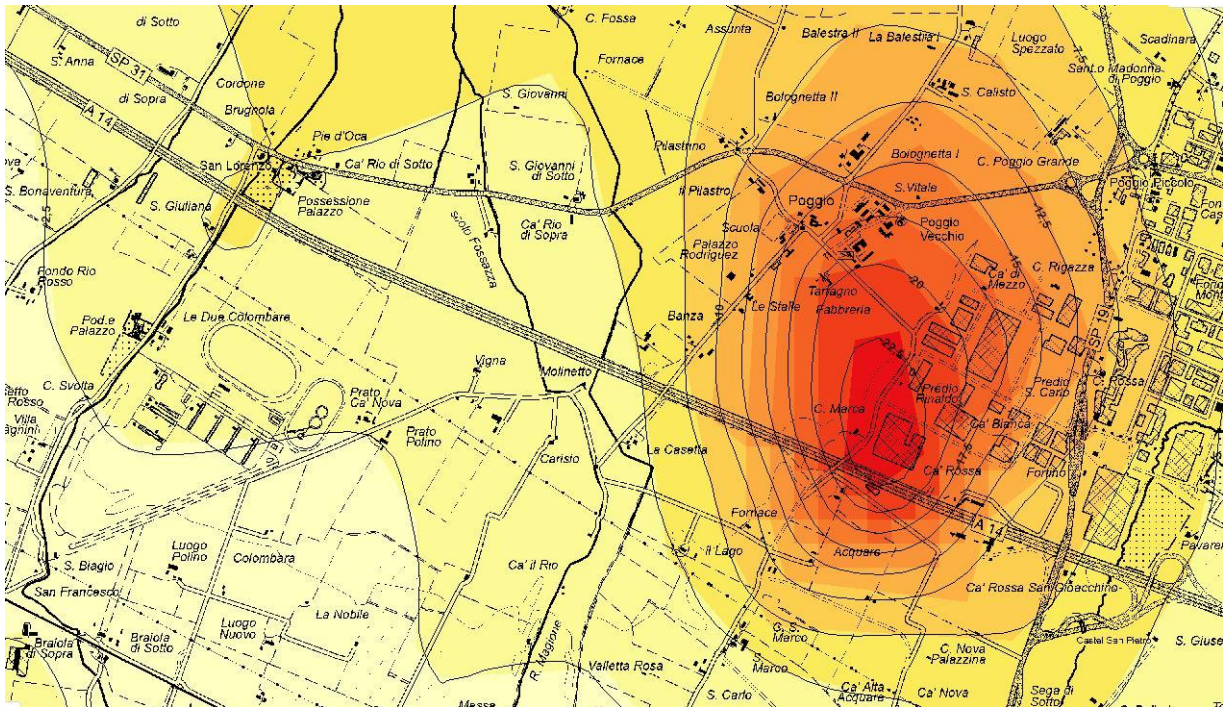


Fig. 10c - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011 (particolare).

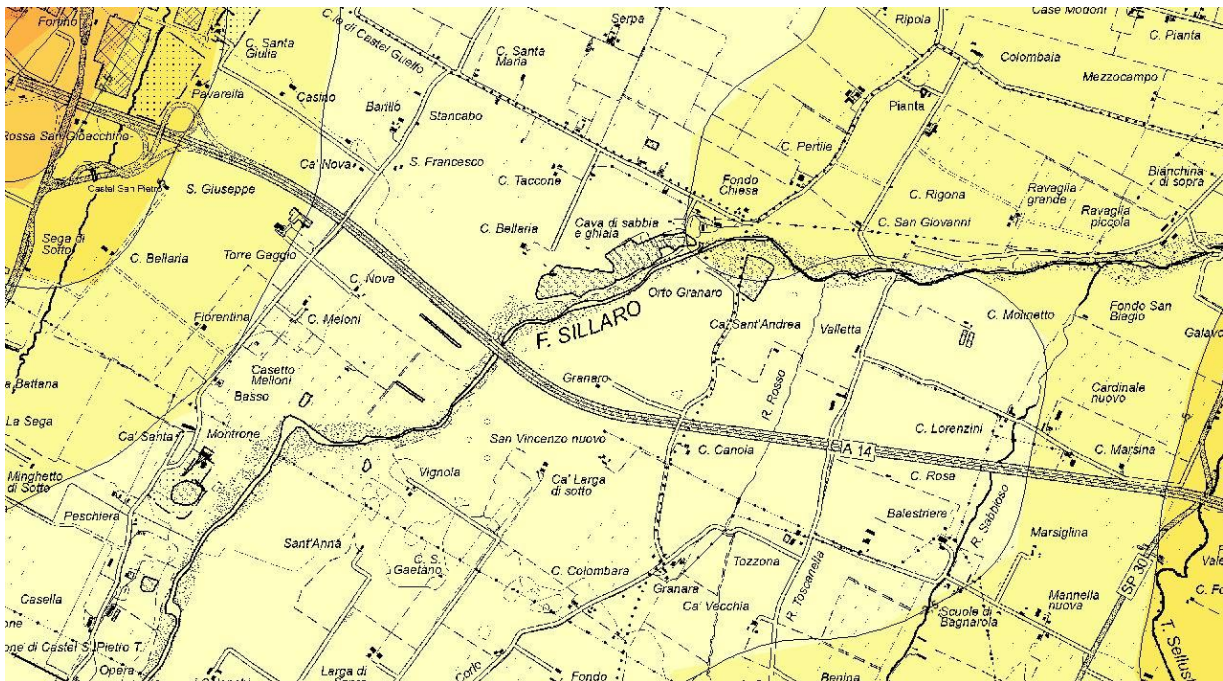


Fig. 10d - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011 (particolare).





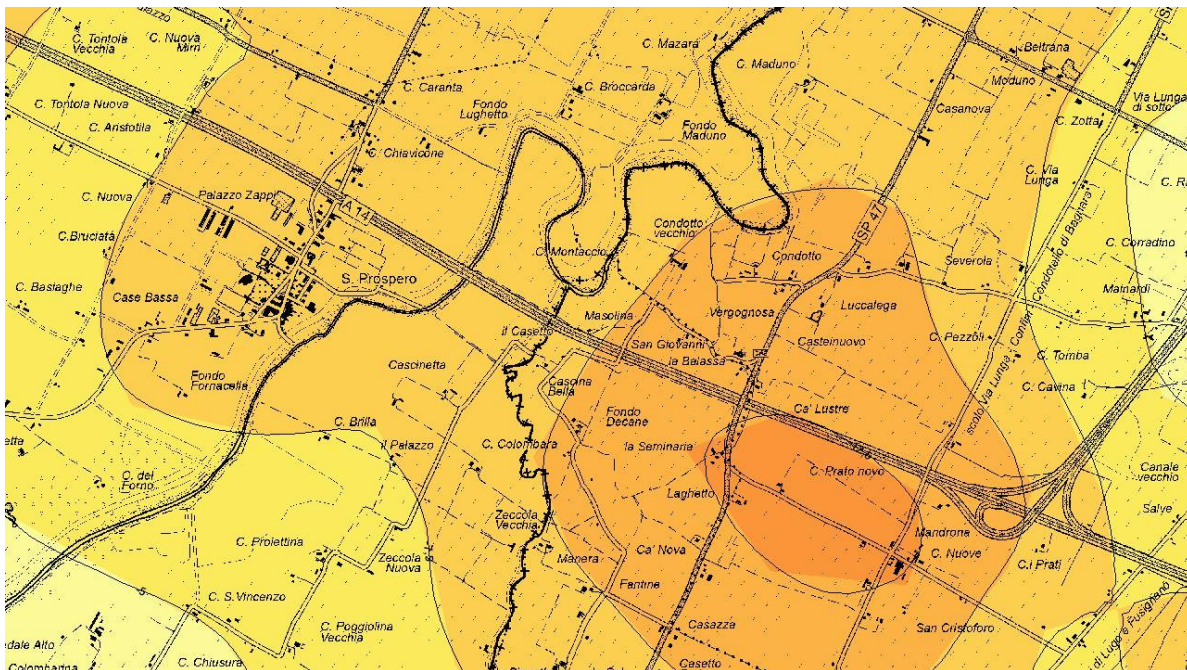


Fig. 10g - Isocinetiche relative al periodo 2006-2011 (particolare).

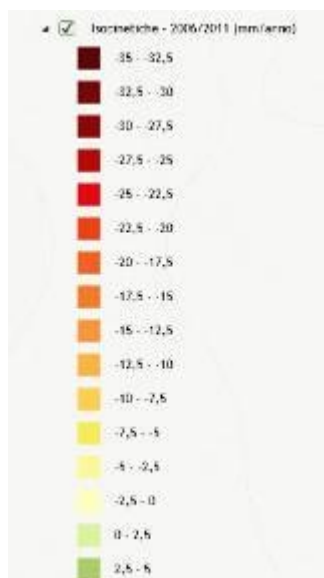


Fig. 10h - Legenda delle Isocinetiche relative al periodo 2006-2011.

In sintesi si può osservare un generale trend di abbassamento per tutta la tratta, con tre principali aree subsidenti, ed in particolare si registra uno sprofondamento compreso tra -22.5mm/anno e -25mm/anno appena prima dell'Area di Servizio "Sillaro", uno sprofondamento compreso tra -10mm/anno e -12.5mm/anno nella tratta da pk 45+200 c.a. e pk 45+700 c.a., ed uno sprofondamento compreso tra -10 mm/anno e -15mm/anno nella tratta da pk 54+650 c.a. e fine intervento.

## 7.2 LIQUEFAZIONE

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici (liquefazione ciclica, mobilità ciclica, fluidificazione), osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ( $M > 5.5$ ), che hanno come elemento comune il fatto che, per effetto dell'instaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento ed un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno.

Gli eventi sismici di maggio 2012 (magnitudo 5.9) hanno causato vistosi effetti di liquefazione in alcune località del settore occidentale della provincia di Ferrara, localizzate in corrispondenza del paleo-alveo del Reno, e, in minor misura, in alcune aree della provincia di Modena, localizzate lungo rami abbandonati del Panaro; la Regione Emilia Romagna ha introdotto aggiornamenti normativi e tecnici ed istituito, insieme al Dipartimento della Protezione Civile, un gruppo di lavoro interdisciplinare ("Gruppo di lavoro Liquefazione") per programmare ed avviare indagini geotecniche e geofisiche di approfondimento, al fine di individuare le aree suscettibili di amplificazione e quelle in cui si ritiene necessario verificare la presenza di condizioni predisponenti alla liquefazione.

Le condizioni predisponenti del terreno sono:

- profondità dello strato potenzialmente liquefabile  $< 15-20$  m dal p.c.
- profondità della falda  $< 5$  m
- densità relativa  $D_r < 60\%$
- diametro medio  $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$
- frazione di fini (diametro  $< 0.005 \text{ mm}$ )  $< 15\%$

Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica sono:

- magnitudo  $> 5.5$
- $PGA > 0.15 \text{ g}$
- durata  $> 15-20 \text{ sec}$

Tra i fattori geologici e geotecnici risultano fondamentali, oltre alla profondità della falda ( $< 5$  m), la presenza e lo spessore degli strati non liquefabili superficiali, l'assenza di cementazione fra i grani, l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefabile, la morfologia; per quanto riguarda la natura geologica dei siti le zone a più alto rischio sono: letti di fiume antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, argini, pianure di esondazione, spiagge, zone dunari e interdunari.

## 7.3 GAS

In Emilia Romagna da decenni si estraggono gas naturale e petrolio in profondità (fig.12 e 13, tratte dal sito del Ministero dello sviluppo economico, Direzione generale per la sicurezza anche ambientale delle attività minerarie ed energetiche, Ufficio nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse).

Considerato che da letteratura sono stati registrati casi di rinvenimento di gas nelle sabbie a poca profondità, non si può pertanto escludere che vi siano accumuli di gas in livelli localizzati del sottosuolo ed interferenti con le opere di fondazione; ciò è probabilmente legato alla presenza di considerevole materiale organico accumulatosi anche nei livelli più superficiali dei sedimenti.

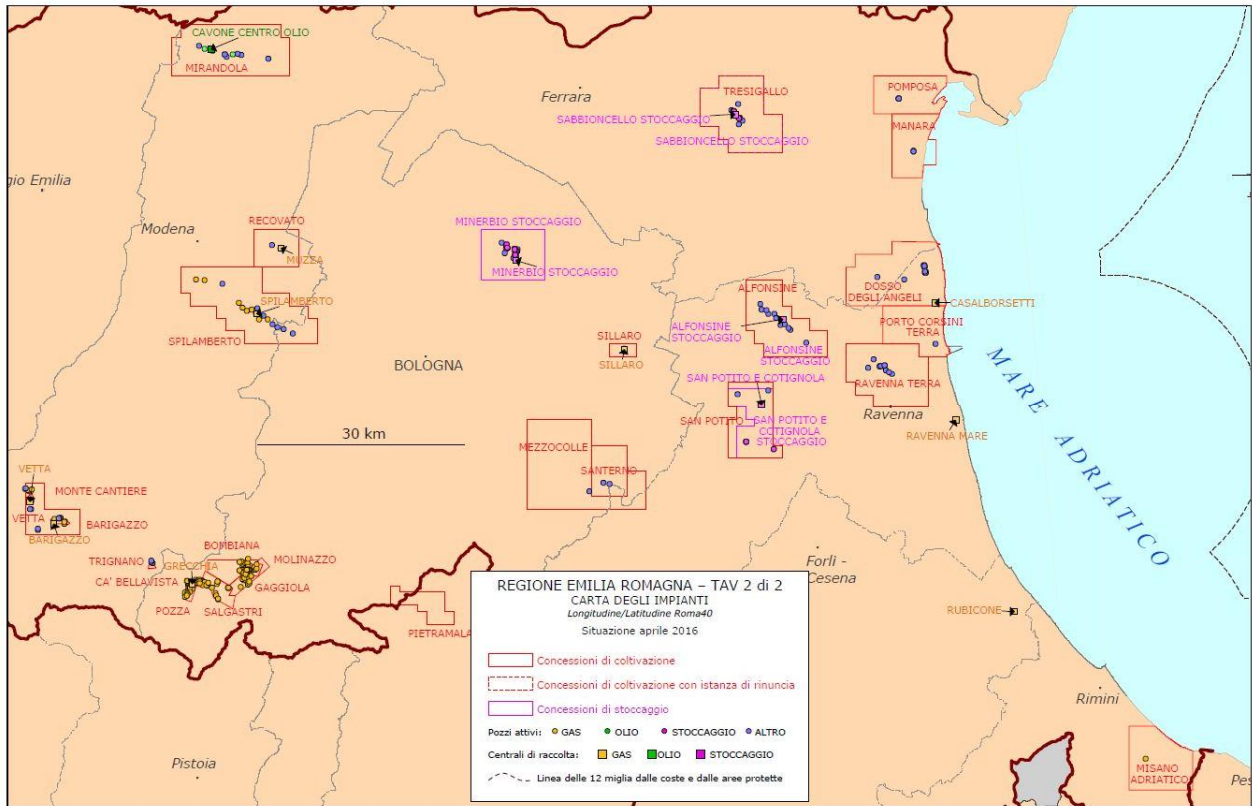


Fig. 12 - Carta impianti olio-gas (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/dgrme/dgrme.asp>)

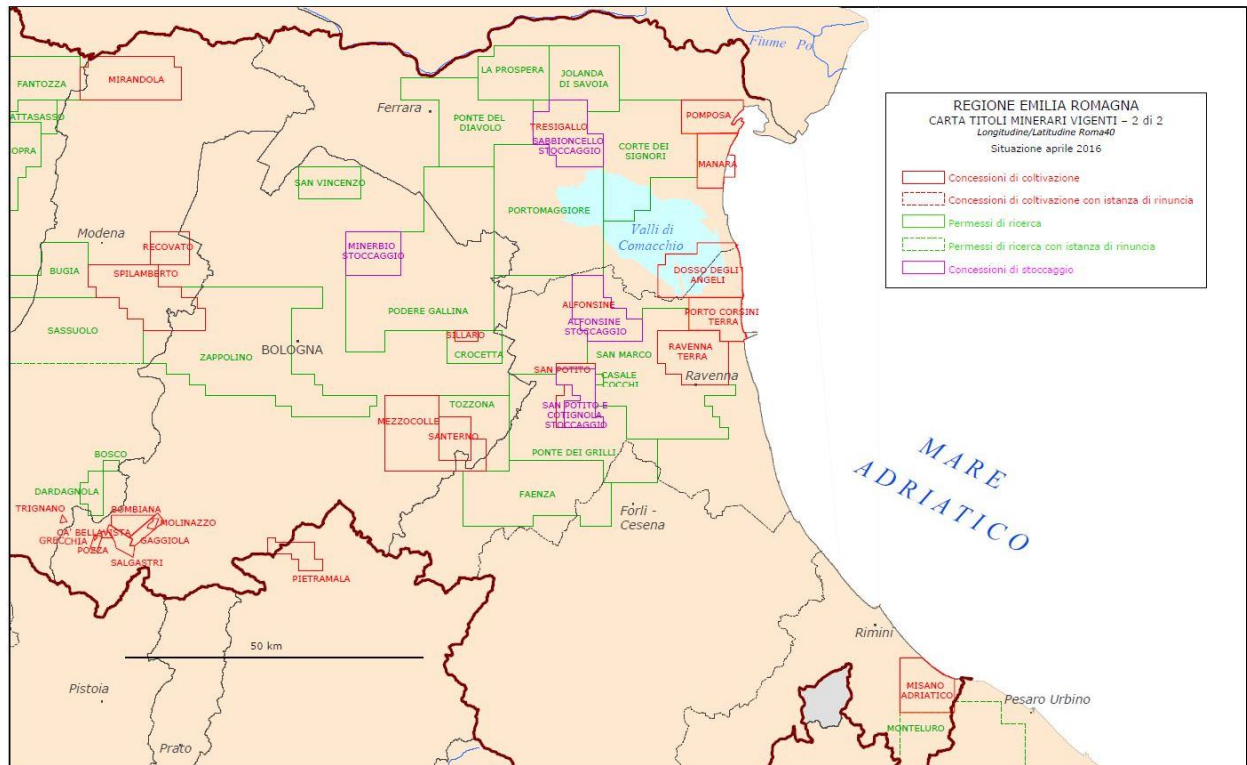


Fig. 13 - Carta titoli minerari vigenti (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/dgrme/dgrme.asp>)

## 8 CARTOGRAFIA TEMATICA E LEGENDE

La collocazione di tutti gli elementi bibliografici acquisiti e l'analisi delle stratigrafie disponibili ha portato alla compilazione di documenti di sintesi, in particolare è stata redatta una planimetria geologica in scala 1:5.000 con profilo geologico longitudinale in scala 1:5000/500 (eseguito 38m a dx dell'asse di progetto SUD), una planimetria geomorfologica in scala 1:5.000, una planimetria dei Vincoli in scala 1:5.000 (quest'ultima contenete gli elementi così come riportati nel PAI dell'AdB del Reno) ed una planimetria della pericolosità idraulica da PGRA.

### 8.1 GEOLOGIA

Per quanto concerne gli elementi geologici, sono state riportate in planimetria le successioni stratigrafiche e le distinzioni granulometriche dei terreni superficiali (mediante appositi soprassegni) proposte dalla Regione Emilia-Romagna (cartografia regionale progetto CARG). Inoltre è stato riportato il reticolo idrografico ed i principali riporti antropici.

#### 8.1.1 Redazione del profilo geologico longitudinale

Al fine di evidenziare le caratteristiche litologiche dei terreni afferenti l'area oggetto di studio, è stato redatto un profilo geologico longitudinale in scala 1:5000/500, derivato dall'interpretazione critica delle carte tematiche CARG e delle risultanze della geognostica. Si specifica che per il CARG i limiti tra subsistemi sono marker temporali basati sull'analisi di carotaggi profondi specificatamente concepiti, su datazioni al carbonio 14 e sul contenuto/tipo di pollini imprigionati nel sedimento, pertanto per il presente progetto si è preferito optare per una distinzione tra corpi a diversa granulometria che assumono grande importanza dal punto di vista geotecnico.

Nel profilo geologico non viene riportata un'unica successione bensì una ricostruzione litostratigrafia del sottosuolo attraversato distinta in tre classi principali di terreni, suddivise in funzione della composizione granulometrica prevalente:

- argille e/o limi prevalenti (terreni prettamente coesivi)
- sabbie, sabbie limose, sabbie limoso-argillose (terreni sabbiosi con contenuto di matrice fine variabile)
- ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose (terreni prettamente granulari)

Dal punto di vista granulometrico l'asse di progetto risulta diffusamente interessato da terreni compressibili (granulometria prevalentemente fine), di natura limoso - argillosa, all'interno dei quali sono presenti lenti di sabbia e ghiaia (anche grossolana) di spessore variabile, che costituiscono corpi lenticolari depositati dai principali corsi d'acqua appenninici (ambiente di conoide alluvionale). Un elemento tipico di questo ambiente di sedimentazione è rappresentato dalla diffusa variabilità sia in senso verticale, per il succedersi nel tempo degli eventi alluvionali, sia in senso orizzontale, per la divagazione laterale dei canali principali di scorrimento delle acque di piena.

A causa della natura fortemente eteropica, la forma e l'estensione delle lenti sabbioso-ghiaiose riportate in profilo longitudinale deve essere assunta come indicativa, in quanto numerose verticali di indagine risultano proiettate sulla linea di sezione (il profilo geologico è stato eseguito 38m a dx dell'asse di progetto SUD).

Appare significativo dal punto di vista progettuale sottolineare la presenza di livelli e/o concrezioni torbose, nonché resti lignei rinvenuti sia nei terreni prettamente coesivi che nelle sabbie fini: per ottenere informazioni dettagliate circa i livelli organici è possibile fare riferimento a quanto riportato nelle singole stratigrafie. Ad ogni buon conto, si è provveduto a segnalare in profilo i principali livelli con presenza di torba e/o resti lignei.

Il presente studio ha consentito di verificare la buona congruenza tra la granulometria dei terreni superficiali riportata nella cartografia CARG ed i dati geognostici acquisiti direttamente in sito, infatti si segnalano discrepanze solamente in alcuni tratti di limitata estensione ed in particolare:

- tra la Km. 42+300 c.a. e la Km. 42+650 c.a.: la planimetria geologica CARG riporta terreni superficiali prevalentemente granulari, tuttavia il sondaggio OC1-S1 (anche se abbondantemente proiettato) evidenzia terreni superficiali prevalentemente coesivi;
- tra la Km. 48+500 c.a. e la Km. 48+800 c.a.: la planimetria geologica CARG riporta terreni superficiali prevalentemente coesivi, mentre il pozzetto esplorativo PZ-B19 evidenzia terreni superficiali prevalentemente granulari;
- tra la Km. 51+100 c.a. e la Km. 55+400 c.a. la planimetria geologica CARG riporta terreni superficiali prevalentemente granulari mentre le verticali di indagine evidenziano terreni superficiali prevalentemente coesivi.

## 8.2 GEOMORFOLOGIA

L'area in esame è pianeggiante, con quote che decrescono dolcemente da ovest verso est da c.a. 44 m. s.l.m. a inizio intervento a c.a. 26 m s.l.m. nella zona di diramazione autostradale per Ravenna. L'ambito è stato analizzato sotto il profilo geomorfologico al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano avere interesse pratico nei confronti della realizzazione della 4<sup>a</sup> corsia.

Per quanto attiene agli elementi geomorfologici, in legenda sono state riportate forme legate allo scorrimento delle acque, forme legate all'azione antropica ed altri elementi.

### 8.2.1 Forme e depositi dovute a processi fluviali

In questa classe sono stati compresi i seguenti elementi:

- Orlo di terrazzo: forma di tipo lineare denotante la presenza evidente dell'orlo di un terrazzo fluviale integro o poco degradato
- Traccia di orlo di terrazzo: forma di tipo lineare denotante la presenza dell'orlo di un terrazzo fluviale degradato e poco riconoscibile
- Antica direzione di scorrimento fluviale/paleoalveo: forma riferita alla presenza o possibile presenza di tracce di antiche sedi fluviali
- Superficie di terrazzo residua: traccia superstite di superficie di terrazzo alluvionale
- Erosione di sponda: presenza di fenomeni di erosione di sponda rilevati lungo i principali corsi d'acqua
- Limiti di dossi fluviali, ovvero argini naturali costruiti dai corsi d'acqua prima della loro arginatura artificiale (a partire dal XVIII secolo): in particolare sono stati riportati in carta i dossi fluviali poco pronunciati o a forte pendenza longitudinale (da Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250000)
- Conoidi alluvionali (da CARG): traccia delle grandi conoidi riferite ai corsi d'acqua principali, con pendenza inferiore al 10‰ (da Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250000)

### 8.2.2 Forme e strutture di origine antropica

In questa classe sono stati compresi i seguenti elementi:

- Struttura antropica: aree urbanizzate (residenziali/industriali/artigianali), cantieri, ed ogni altra forma areale di origine antropica tale da non rendere riconoscibili le forme originali del paesaggio
- Terreno di riporto/ rilevato stradale principale

- Scarpata: forma lineare associata alla presenza evidente di scarpate collegate a scavi antropici
- Argine
- Cava di inerti dismessa e ripristinata con riporto
- Cava di inerti dismessa in fase di ripristino
- Cava di inerti attiva
- Scavo riempito
- Laghi e specchi d'acqua artificiali
- Fosso intubato

### 8.2.3 Altri elementi

Sono state inclusi in questa classe le aree esondate dal Fiume Santerno nel periodo compreso tra il 1966 ed il 1999 (come riportato nel PRG del Comune di Imola).

## 8.3 VINCOLI DA PAI

Nell'ambito delle redazioni della Planimetria dei Vincoli sono stati riportati i vincoli di natura idraulica indicati nel PAI dell'Autorità di Bacino del Reno, Stralcio Assetto Idrogeologico, recepiti dai PTCP di Bologna e Ravenna ed indicati negli SU di alcuni comuni.

Lo strumento di pianificazione vigente propone per l'intero territorio d'interesse le attività svolte e i risultati, in riferimento ai bacini dei corsi d'acqua principali Sillaro, Sellustra e Santerno per quanto riguarda il rischio idraulico e l'assetto della rete idrografica.

Sulla base degli studi idraulici condotti sulle aste principali, la planimetria dei Vincoli riporta gli elementi presenti nel Progetto di Piano, che ha individuato le aree ad elevata probabilità di inondazione, cioè inondabili con eventi con tempi di ritorno di 50 anni, e le fasce di pertinenza fluviale, come risultano combinando i criteri: idraulico (aree inondabili per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni), morfologico (i terrazzi idrologicamente connessi) e naturalistico ambientale. Ad entrambe le situazioni sono state associate norme d'uso del territorio ed un programma di interventi nelle situazioni a rischio idraulico elevato o molto elevato.

Il PAI identifica:

- nei pressi di inizio intervento (appena prima dell'attraversamento del Torrente Quaderna un'area (limitata) ad alta probabilità di inondazione nonché una (limitata) area esondabile per tempi di ritorno di 200 anni;
- in corrispondenza del Torrente Gaiana (km 34+050 c.a.) un'area ad alta probabilità di inondazione nonché un'area esondabile per tempi di ritorno di 200 anni;
- in corrispondenza del Torrente Sillaro (km 39+800 c.a.) un'area area esondabile per tempi di ritorno di 200 anni;
- in corrispondenza del Torrente Sellustra (km 42+850 c.a.) un'area area esondabile per tempi di ritorno di 200 anni;
- nei pressi del Fiume Santerno e del Rio Sanguinario (tra km 53+300 c.a. e km 55+000) un'estesa area ad alta probabilità di inondazione nonché un'area esondabile per tempi di ritorno di 200 anni.

## 8.4 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA PGRA

Le mappe della pericolosità riportate nella specifica planimetria rappresentano n°3 scenari di pericolosità; si tratta di aree geografiche distinte sulla frequenza delle alluvioni:

- Alluvioni frequenti (P3) con tempo di ritorno compreso tra 20÷50 anni.
- Alluvioni poco frequenti (P2) con tempo di ritorno compreso tra 100÷200 anni;
- Alluvioni rare (P1) con scarsa probabilità di accadimento (fino a 500 anni dall'evento).

Nella planimetria della pericolosità idraulica da P.G.R.A sono state riportate le perimetrazioni delle Mappe di Pericolosità derivanti dal Piano di Coordinamento Gestione Rischi Alluvioni (PGRA) relativa al Distretto Appennino Settentrionale (Unit of Management Reno ITI021), con particolare riferimento agli scenari di pericolosità idraulica del Reticolo Principale.

Secondo il PGRA il tracciato oggetto di ampliamento ricade in estesi ambiti caratterizzati da alluvioni poco frequenti (pericolosità media - P2), mentre per alcuni tratti (in corrispondenza dell'attraversamento sul Torrente Gaiana, sul Torrente Sillaro, sul Rio Sabbioso e sul Torrente Sellustra) il progetto interferisce con porzioni di territorio frequentemente alluvionabili (pericolosità elevata - P3); in particolare tra la km 53+650 c.a. e la km 54+750 c.a. il progetto interferisce con un esteso areale frequentemente alluvionabile (pericolosità elevata - P3).

Anche se non direttamente interferente con il progetto, si evidenzia che nei pressi di inizio intervento (in corrispondenza del Torrente Quaderna) il PGRA cartografa un'area frequentemente alluvionabile (pericolosità elevata - P3).

## 9 CENNI DI IDROGEOLOGIA

Lo schema stratigrafico dei depositi quaternari del margine appenninico e della pianura emiliano - romagnola (Fig. 2) definisce tre unità stratigrafiche, riconoscibili sia in superficie, sia nel sottosuolo, suddivisibili a loro volta in unità di rango minore.

La principale partizione verticale delle unità sepolte ha portato all'identificazione di tre gruppi acquiferi (A,B,C); in particolare il gruppo acquifero A è rappresentato dal Sintema emiliano - romagnolo Superiore (AES), costituito da complessi idrogeologici in cui si concentrano i prelievi idrici nella pianura emiliano - romagnola e riconducibili a:

- conoidi alluvionali appenniniche;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale padana.

Nella seguente figura viene riportata la distribuzione areale di queste unità e vengono rappresentate anche alcune suddivisioni interne delle conoidi alluvionali appenniniche, definite come zone in cui i depositi grossolani (ghiaie e sabbie) di canale fluviale sono amalgamati tra loro a formare dei corpi tabulari coalescenti:

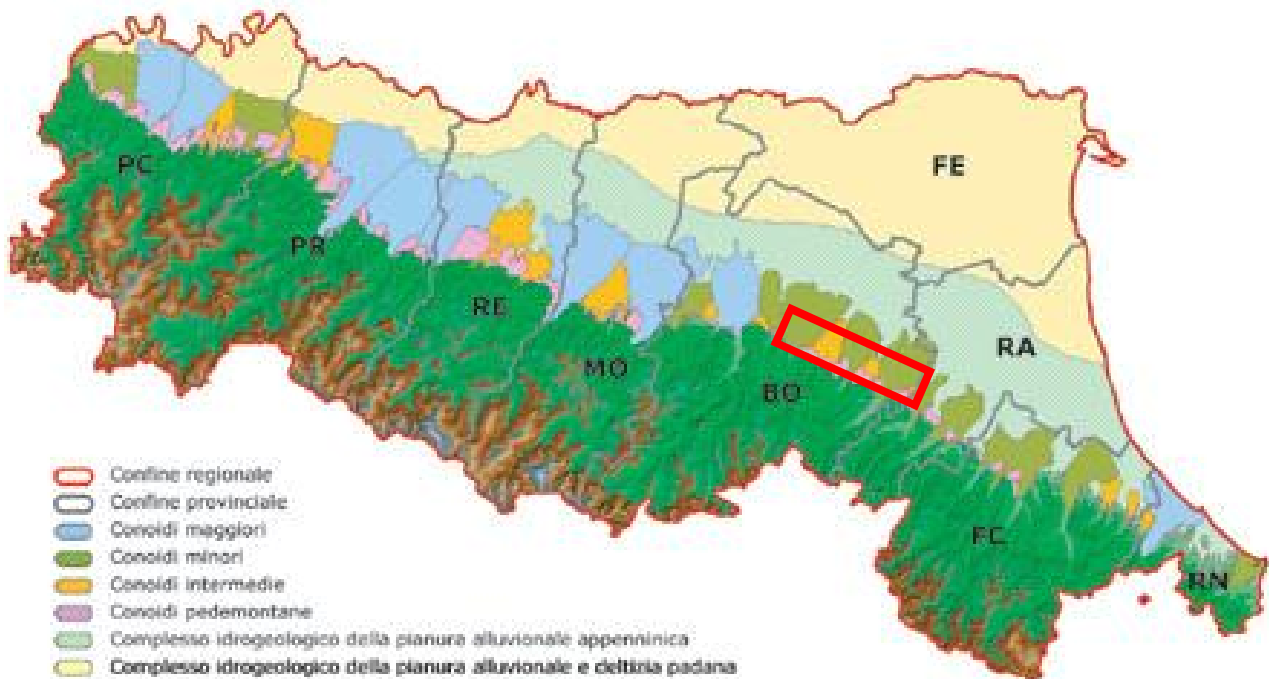


Fig. 14 - Distribuzione delle conoidi e dei complessi idrogeologici all'interno del gruppo acquifero A (in rosso l'area di interesse).

Le conoidi si possono differenziare sulla base del volume dei depositi grossolani presenti, suddividendole in: conoidi maggiori, conoidi intermedie e conoidi minori. Pertanto è possibile individuare le conoidi intermedie ricadenti nell'area oggetto del presente studio: conoidi alluvionali dei fiumi **Sillaro e Santerno**. Queste ultime, rispetto a quelle maggiori (come ad es. quelle del fiume Reno), presentano un minore spessore, una minore continuità laterale dei corpi grossolani (decrementi in modo più rapido a favore di un analogo aumento dei corpi fini) ed una minore presenza di depositi ghiaiosi tabulari.

Le zone apicali delle conoidi sono sede di un acquifero monostrato in condizioni di falda libera, caratterizzato da frequenti ed elevati scambi idrici falda – fiume, in cui il fiume rappresenta la fonte di alimentazione delle falde. Procedendo verso valle i sedimenti fini si interpongono e separano tra loro i corpi ghiaiosi di conoide, seppellendo le ghiaie più superficiali. Si costituisce pertanto un sistema acquifero multi falda,



progressivamente compartimentato, caratterizzato da falde confinate e in alcune zone, da falda libera collocata nella porzione di acquifero più superficiale.

I complessi idrogeologici di piana alluvionale vengono suddivisi (in riferimento alla litologia prevalente, alle condizioni di flusso e di contenuto idrochimico) in:

- Pianura alluvionale appenninica;
- Pianura alluvionale e deltizia padana.

Al fine di ottenere un inquadramento a scala regionale dell'andamento piezometrico si riporta di seguito uno stralcio planimetrico estratto dalla pubblicazione "Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia-Romagna – Report 2003".

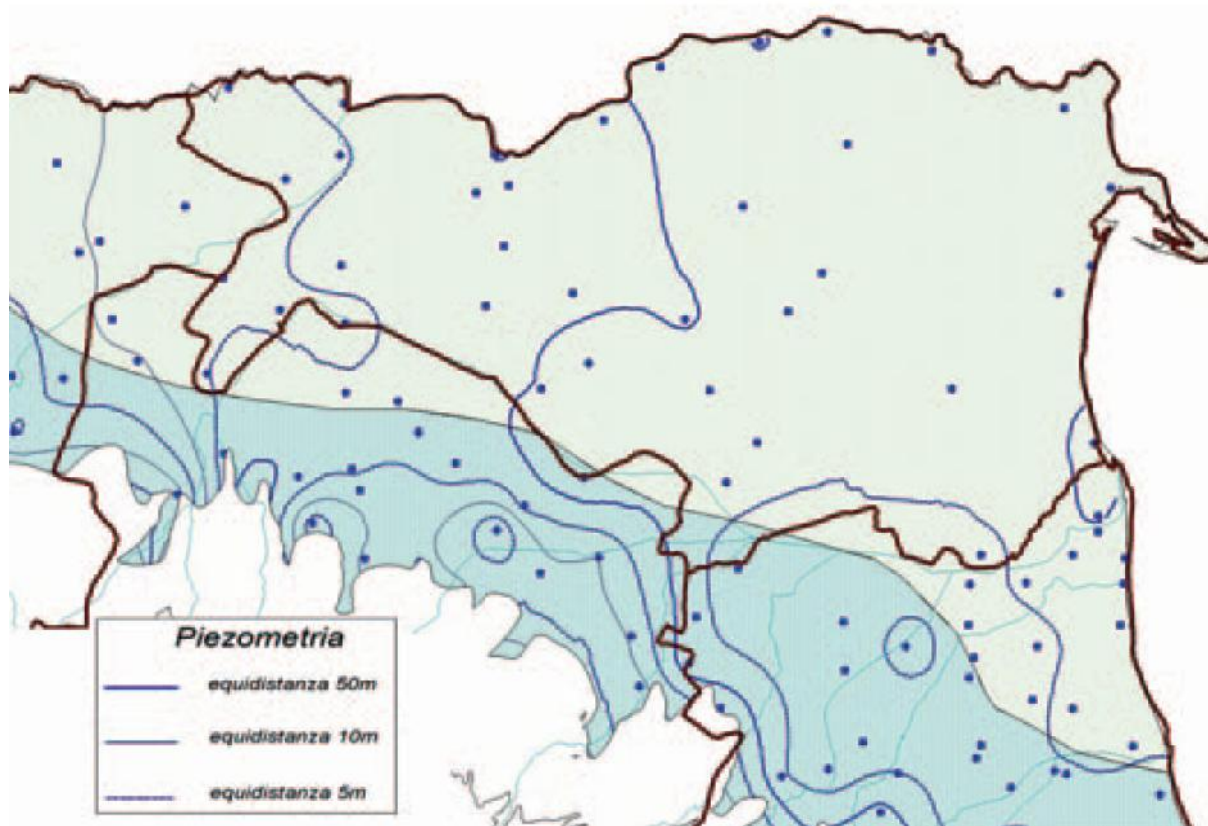


Fig. 14 - Carta della piezometria – media anno 2003 (da "Le Caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia Romagna- report 2003")

Di seguito viene riportata una planimetria schematica inerente l'andamento piezometrico generale dell'area in oggetto (media dati ARPA anno 2003) e la distribuzione dei pozzi monitorati da ARPA ricadenti nell'ambito della medesima area.

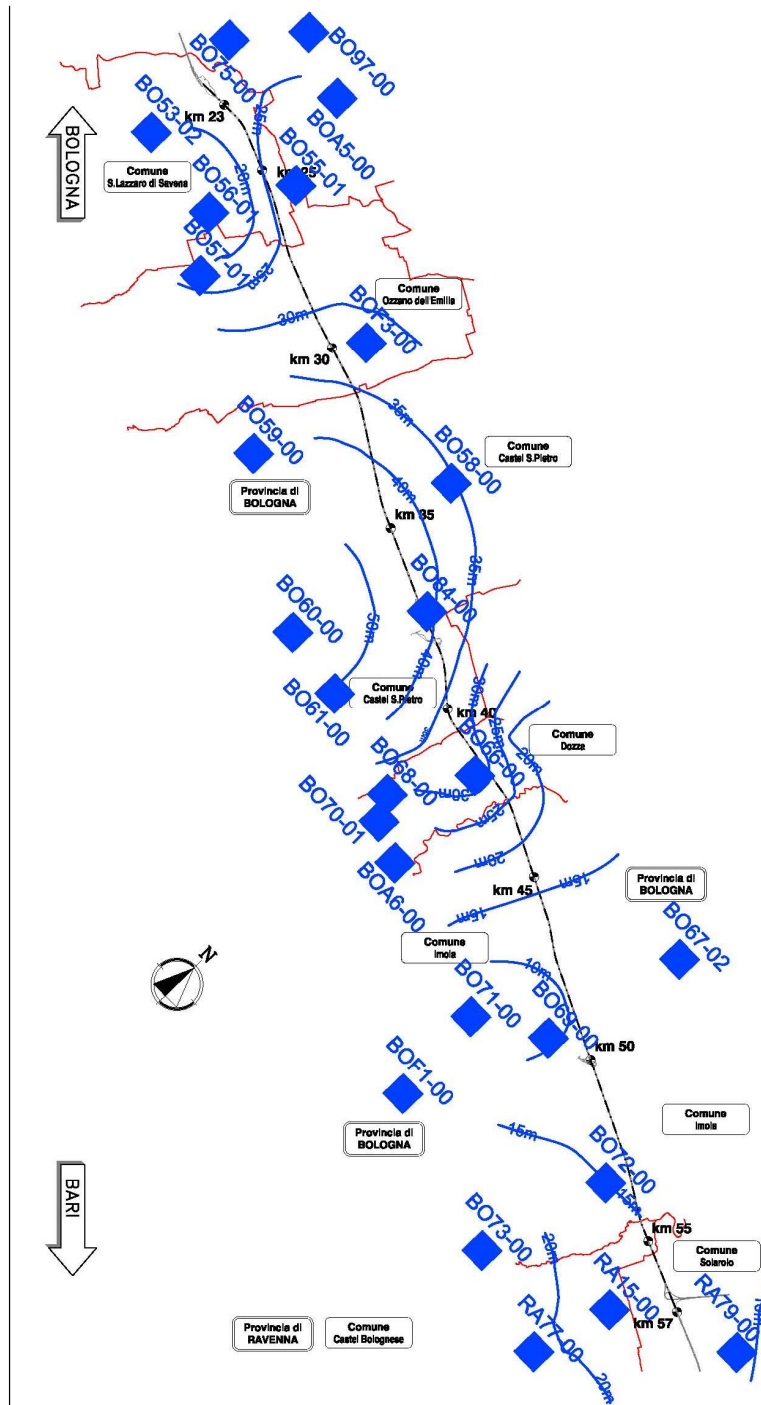


Fig. 15 - Planimetria schematica delle curve isopiezometriche relative alla media dei dati ARPA dell'anno 2003 (linee blu con relativa quota in m s.l.m.) con l'ubicazione dei pozzi monitorati da ARPA ricadenti nei pressi del tracciato.

Per i dettagli relativi ai tematismi idrogeologici si rimanda alla specifica relazione allegata al presente progetto.

## 10 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE

Il presente paragrafo descrive la sismicità storica del territorio esaminato e presenta un inquadramento sismico riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale sono stati ricavati dai seguenti documenti e/o siti internet:

- Sismicità storica dal 1000 al 2014: Database DMI 2015 (*Database Macrosismico Italiano*) dell' Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2015. *DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna*) disponibile on-line all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>
- Sismicità recente (dal 1985 al 2017): Database ISIDE (*Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE*) dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (*ITaly HAZard from Capable faults*) dell' Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale, disponibile on-line all'indirizzo <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3 (*Database of Individual Seismogenitic Sources*) disponibile on-line all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Classificazione sismica nazionale: disponibile on-line all'indirizzo <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>
- Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna (dal sito della Regione Emilia Romagna, ultima modifica 08/05/2013)

### 10.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2014)

Con riferimento all'analisi della sismica storica sono stati esaminati i dati riportati nel database DMI 2015, che contiene 86.071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1.684 terremoti il cui epicentro ricade all'interno dell'area CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015); i dati sono riferiti a 15.416 località di cui 14.150 in territorio italiano. In particolare si riportano di seguito alcune tabelle inerenti le intensità macrosismiche registrate dal 1000 al 2005 relativamente ai Comuni di Ozzano dell'Emilia, Castel San Pietro Terme, Dozza, Imola, Castel Bolognese, Solarolo.

Per il Comune di Imola (meglio rappresentato) viene riportato nella seguente tabella l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5, i valori relativi alla intensità al sito ( $I_s$ ), il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo (nP), l'intensità epicentrale ( $I_0$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ); si specifica che l'Intensità macrosismica (IS) misura gli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli; l'intensità non è quindi una misura dell'energia di un terremoto, ma del grado di danneggiamento, perché le conseguenze dipendono dalla violenza dello scuotimento ma anche da come sono state costruite le case e da quante persone vivono nell'area colpita.

Per gli altri comuni si riporta una rappresentazione grafica dei terremoti registrati.

**Seismic history of Imola**  
**[44.453, 11.714]**  
 Total number of earthquakes: 82

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nP	Io	Mw
4-5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05
4	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59
7-8	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
F	1725 10 29 17 40	Appennino tosco-emiliano	28	8	5.67
6	1732 08 09	Romagna	3	6	4.63
4	1756 10 06 20	Costa pesarese	7	4-5	3.93
F	1756 10 22	Golfo di Manfredonia	4	5-6	4.40
3	1779 06 01 23 55	Bolognese	8		
5	1779 06 04 07	Bolognese	12	7	5.22
5	1779 06 10 08 35	Bolognese	10		
F	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
5	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4.70
6-7	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12
6	1781 07 17 09 40	Faentino	46	8	5.61
5	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
7	1813 09 21 07 45	Romagna	12	7	5.28
F	1828 10 08 22 30	Romagna	8	5-6	4.57
6	1854 06 16 13 25	Imola	9	5	4.57
6	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
2-3	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
3	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
5	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
4	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
F	1878 06 04 14 40	Bolognese	13	5	4.52
5	1880 07 23 01 50	Imola	3	5	4.16
4	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
4-5	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
4	1887 09 30 15 55	Faenza	10	5	4.12
3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
F	1891 08 01 13 32 2	Lugo	15	4-5	4.36
NF	1892 12 29 13 47 4	Castel del Rio	36	5-6	4.37
2-3	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
2	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59

2	1899 06 26 23 17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
6	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7	5.26
F	1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6	5.09
NF	1911 09 13 22 29 0	Chianti	115	7	5.08
3-4	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
2-3	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
2-3	1917 12 02 17 39	Appennino forlivese	32	6-7	5.09
5	1918 11 10 15 12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
5	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
F	1924 01 02 08 55 1	Senigallia	76	7-8	5.48
5	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
3-4	1929 04 11 00 56	Bolognese	10	4	4.72
3	1929 04 12 00 32	Bolognese	7	4	4.82
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4-5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6	4.61
3	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4-5	1929 05 01 21 13	Imolese	3	4	4.57
4-5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
3	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4.96
2	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1931 04 05 13 34	Faentino	14	6	4.40
4-5	1931 04 11 01 26	Faentino	19	4-5	4.81
2-3	1931 09 05 01 25 5	Mugello	28	6	4.88
2	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4.62
SF	1934 05 28 21 09	Faentino	10	4	3.94
3	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1952 07 04 20 35 1	Appennino forlivese	64	7	4.94
NF	1953 12 14 07 11 0	Appennino forlivese	48	5-6	4.70
3	1956 04 26 03 00 0	Appennino bolognese	89	6	4.74
NF	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
4-5	1965 12 18 09 22 2	Pianura romagnola	11	5	4.54
5	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05

4	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3-4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
2-3	1999 01 25 22 45 5	Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	2002 11 02 10 57 4	Ferrarese	79	4	4.21
4	2003 01 26 19 57 0	Appennino forlivese	35	6	4.66
5	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24

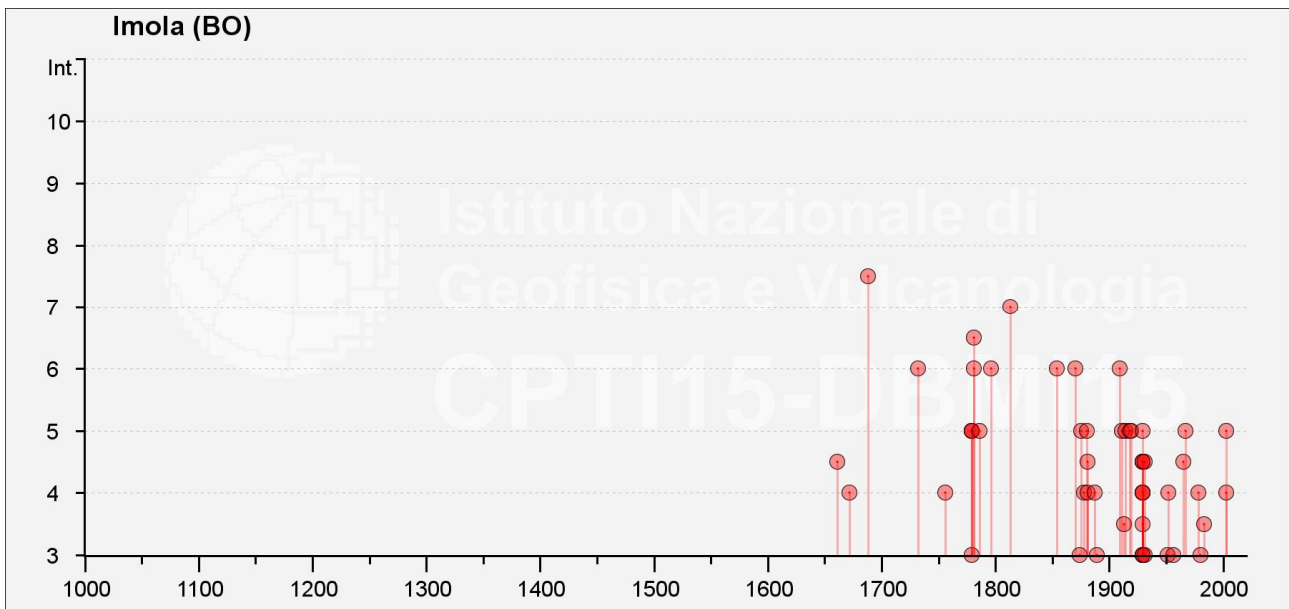


Fig. 18 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Imola

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Imola hanno raggiunto IS=7-8 per l'evento del 1688. Le aree epicentrali sono collocate direttamente nell'area della pianura Emiliana-Romagnola o nell'Appennino Tosco-Emiliano.

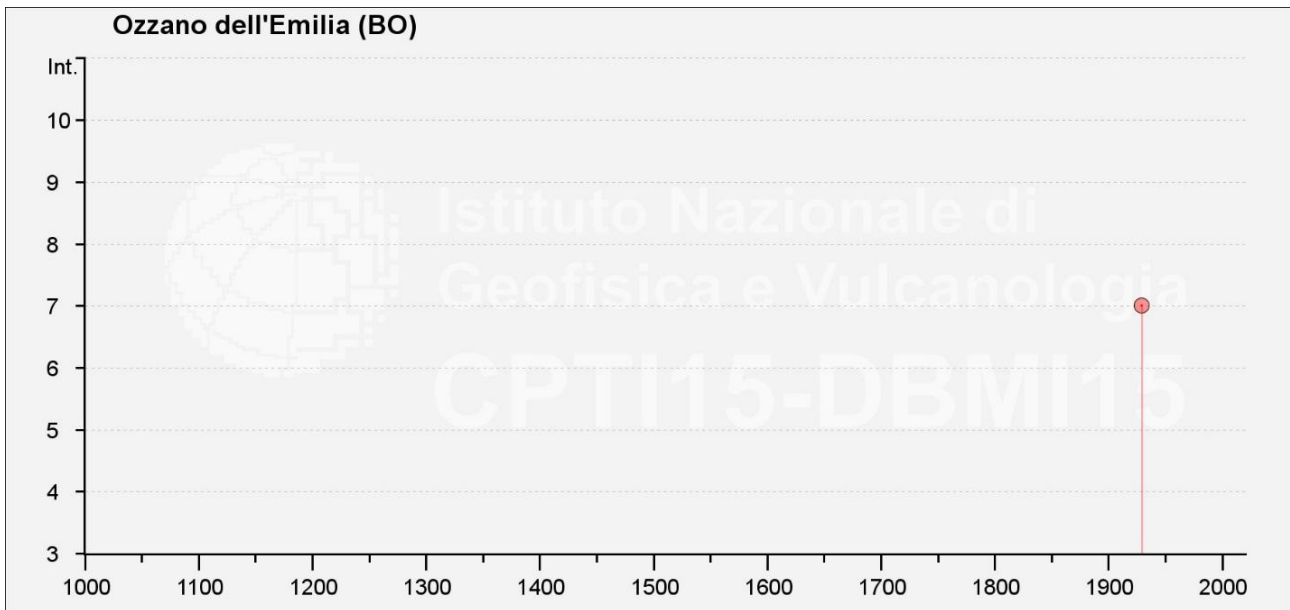


Fig. 20 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Ozzano dell'Emilia

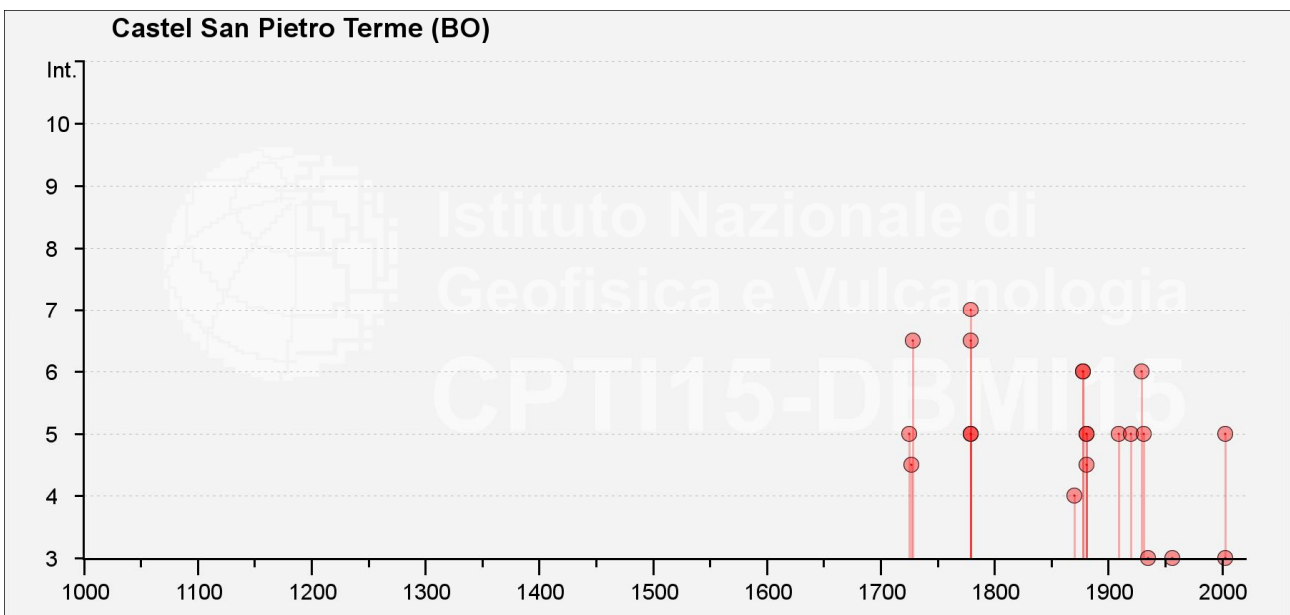


Fig. 21 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Castel San Pietro Terme

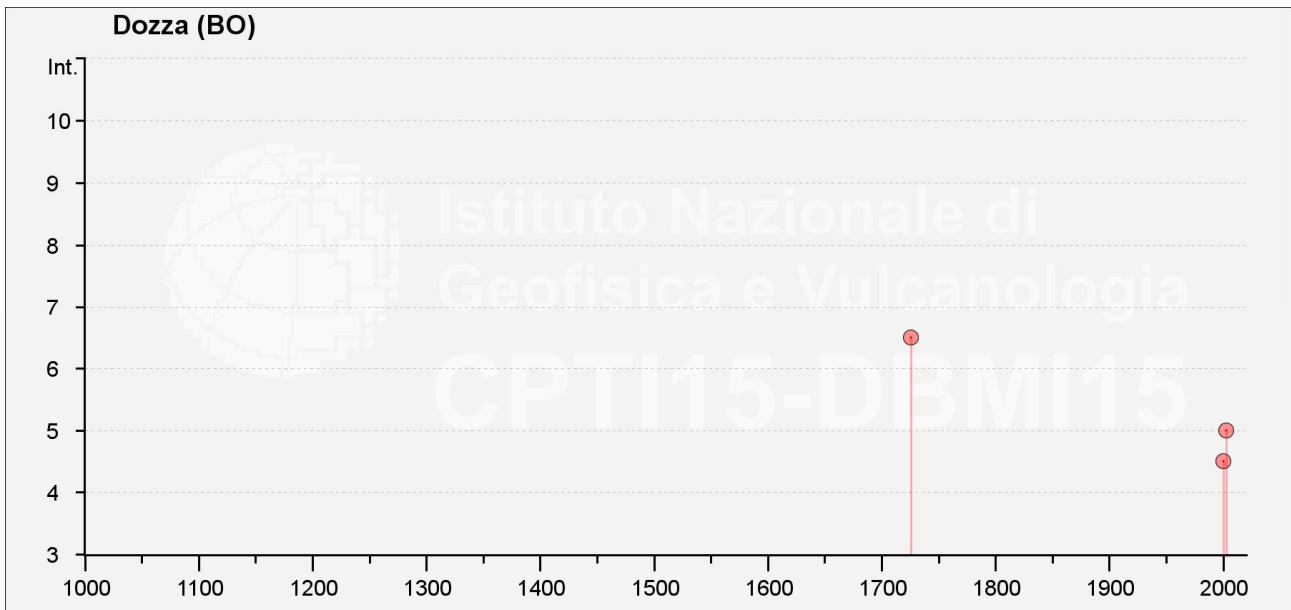


Fig. 22 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Dozza

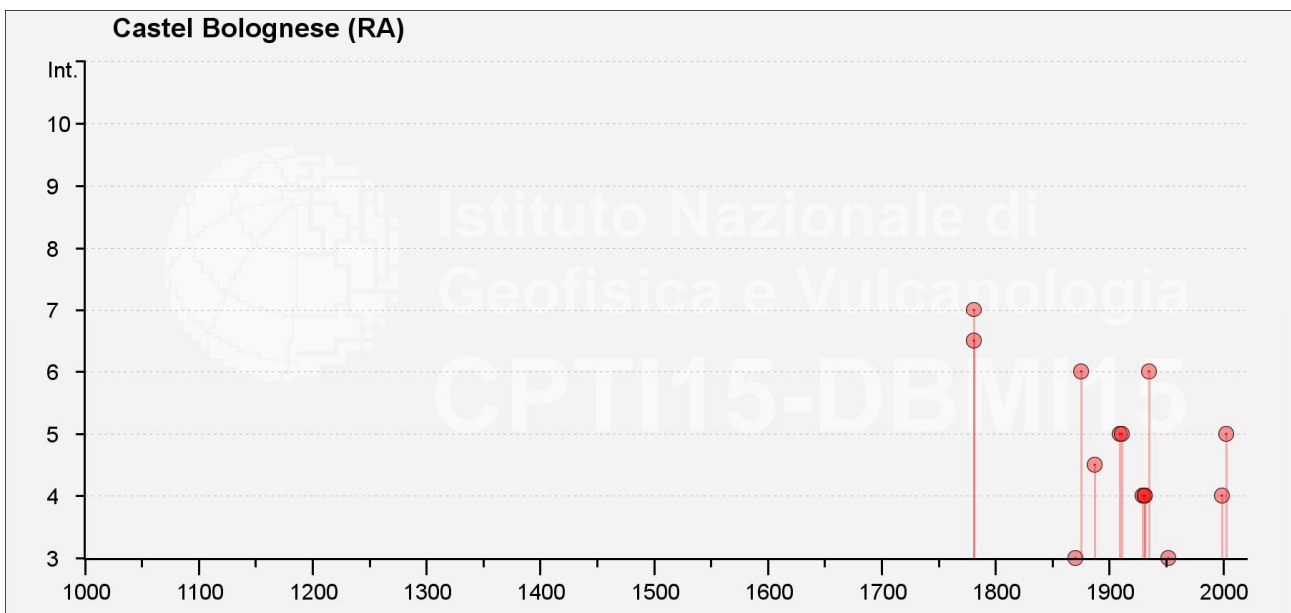


Fig. 23 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Castel Bolognese



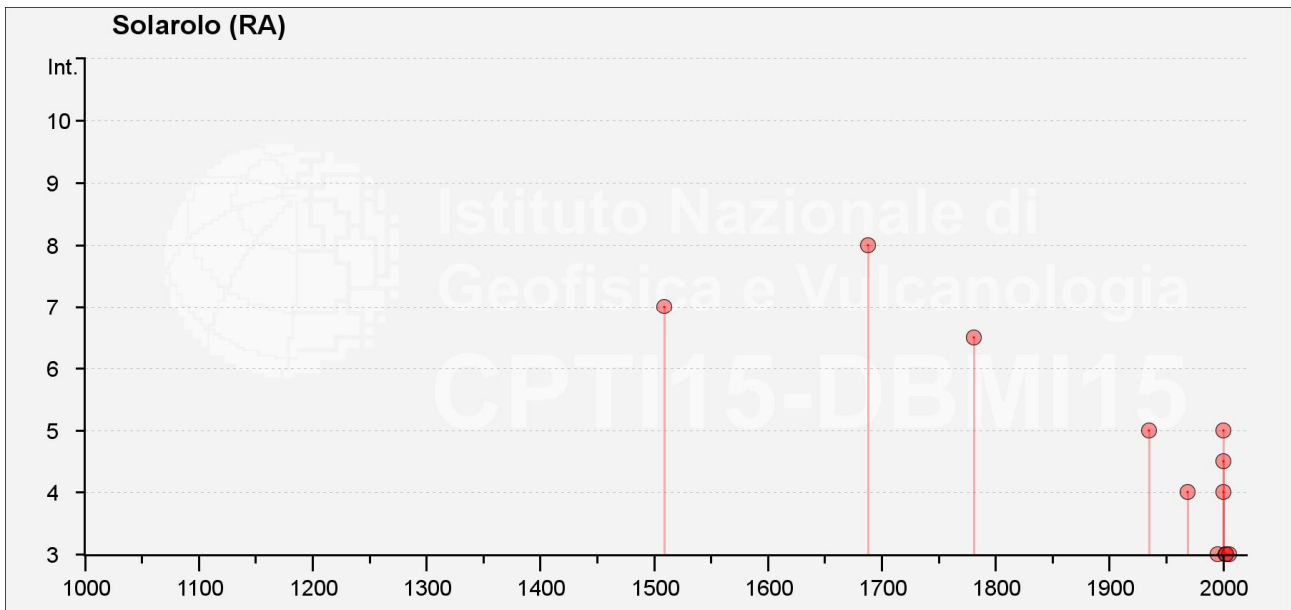
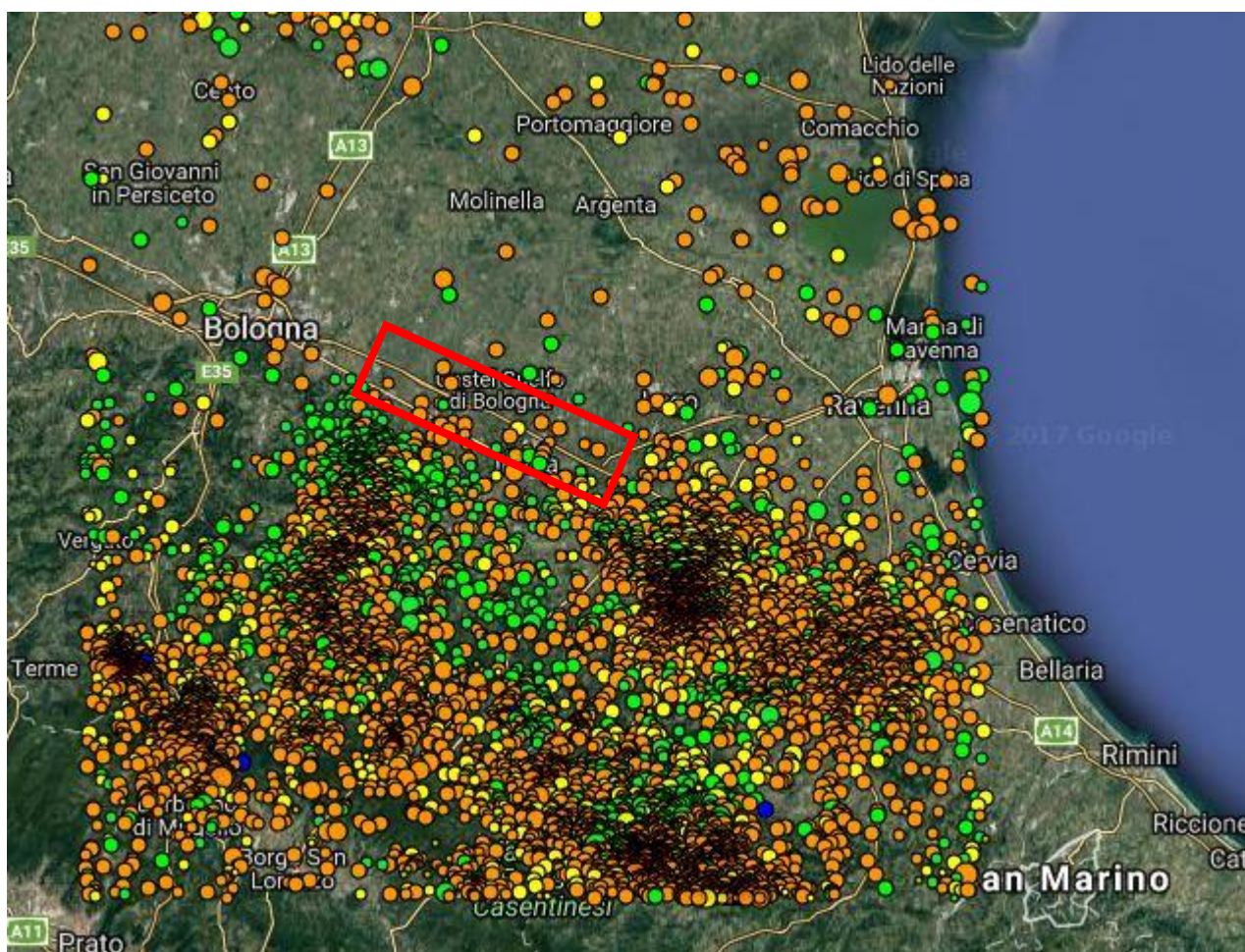


Fig. 24 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2005 nel Comune di Solarolo

## 10.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 AL 2016)

Per quanto concerne i sismi che hanno interessato l'area di Bologna dal 13 gennaio 1985 al 25 novembre 2017, i dati sono stati recuperati dal database ISIDE dell'INGV considerando un'area di raggio 50 km (che include le aree epicentrali dei terremoti più intensi di cui al paragrafo precedente) dal Comune di Imola. Nel periodo sopra menzionato sono stati registrati n° 7415 terremoti.



Depth (km)		Magnitude	
Orange circle	0 - 10	☆	M >= 5.0
Yellow circle	10 - 20	○	M < 5.0
Green circle	20 - 60	○	M <= 4.0
Blue circle	60 - 300	○	M <= 3.0
Purple circle	300 - 500	○	M <= 2.0
Red circle	500 - 800	○	M <= 1.0

Fig. 25 – Database ISIDE - periodo 1985-2017

In generale le profondità sono per la maggior parte entro i 10 km e le magnitudini più rappresentate variano tra 1.0 e 2.0.

Nella seguente immagine sono evidenziati i terremoti avvenuti dal 1985 ad oggi nelle aree più prossime al tracciato di progetto:

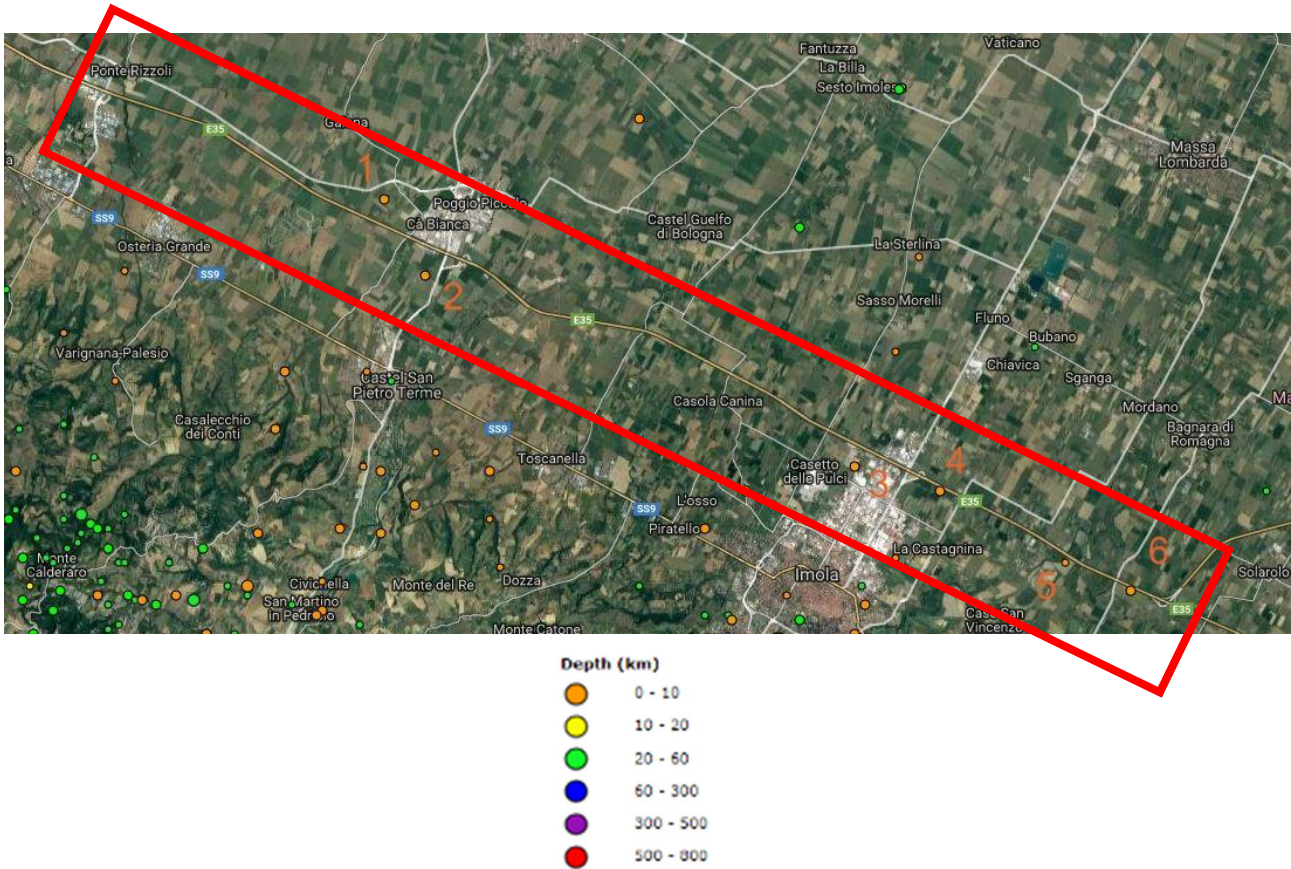


Fig. 26- Database ISIDE: dettaglio distribuzione terremoti periodo 1985-2017 (in rosso l'area di intervento).

Gli eventi segnalati più prossimi all'area di intervento hanno le seguenti caratteristiche:

ID	Magnitudo	Profondità (km)	Data (UTC)
1	1.9	23.4	28/05/1992
2	2.2	10.0	30/05/1992
3	2.0	10.0	17/02/2008
4	2.3	5.0	24/09/200
5	1.1	10.0	10/07/2008
6	2.3	10.0	10/08/1991

### 10.3 FAGLIE CAPACI

Il termine “faglie capaci” viene utilizzato per descrivere le faglie “sismiche” con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni e pertanto potenzialmente “capaci” di produrre deformazioni in superficie.

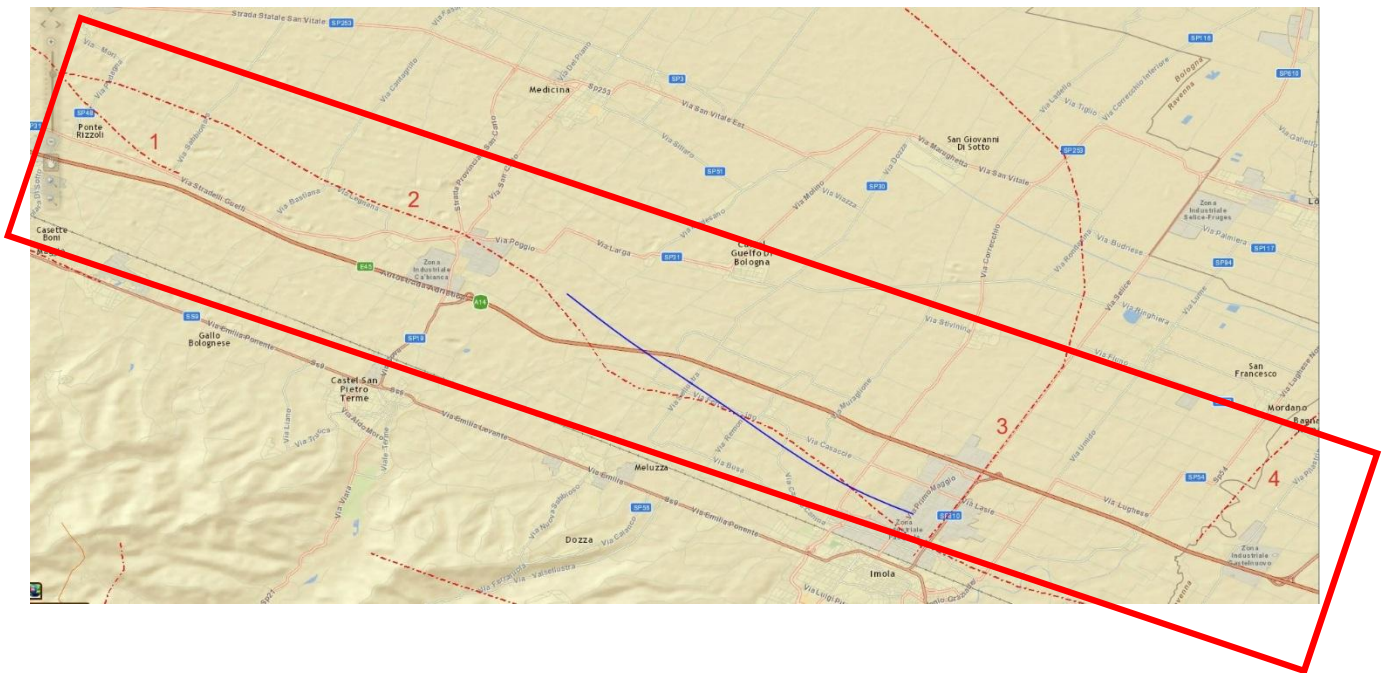
La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere  $\geq$  VIII-IX grado della scala ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly HAZard from CAPable faults”, disponibile on-line all’indirizzo:

<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali; la fonte del dato del Progetto ITHACA è la "Neotectonic Map of Italy a scala 1:500.000.

Nella seguente figura si riporta uno stralcio planimetrico della distribuzione delle faglie capaci del Progetto ITHACA relativamente all'areale contenente la tratta in oggetto:



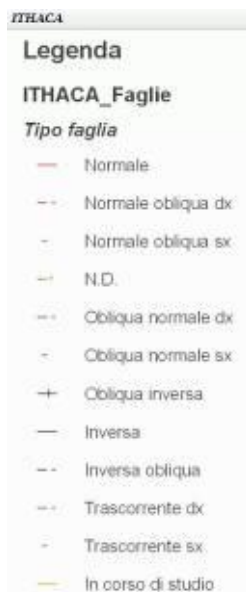


Fig. 27 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" e relativa legenda (in rosso l'area di intervento)

Dalla figura 27 si evince che il tracciato è lambito da due faglie capaci ed è intersecato da altre due faglie, le cui principali caratteristiche vengono di seguito riassunte:

	1	2	3	4
<b>FAULT NAME</b>	S. Lazzaro - Bologna	Imola	Lugo - Ravenna	Faenza - Ravenna
<b>FAULT CODE</b>	90588	92400	90606	93779
<b>MACROZONE</b>	3	3	3	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Bologna arc	Bologna - Ravenna thrust system	Bologna - Ravenna thrust system	Bologna - Ravenna thrust system
<b>KINEMATICS</b>	Reverse	Reverse	Reverse	Reverse
<b>RANK</b>	Primary	Primary	Primary	Primary
<b>AVERAGE STRIKE</b>	150	305	90	280
<b>DIP</b>	-	0	0	-
<b>LENGTH (Km)</b>	19	15	27	15
<b>DEPTH (Km)</b>	0	0	0	0
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability	Low reliability	Low reliability	Low reliability
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW	LOW	LOW	LOW

## 10.4 STRUTTURE SISMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta; ciò dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità dello scivolamento, ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica, ma derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

L'identificazione delle sorgenti che sono state definite silenti permette di riconoscere le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

La seguente figura evidenzia le aree sismogenetiche (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenute attive, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni):

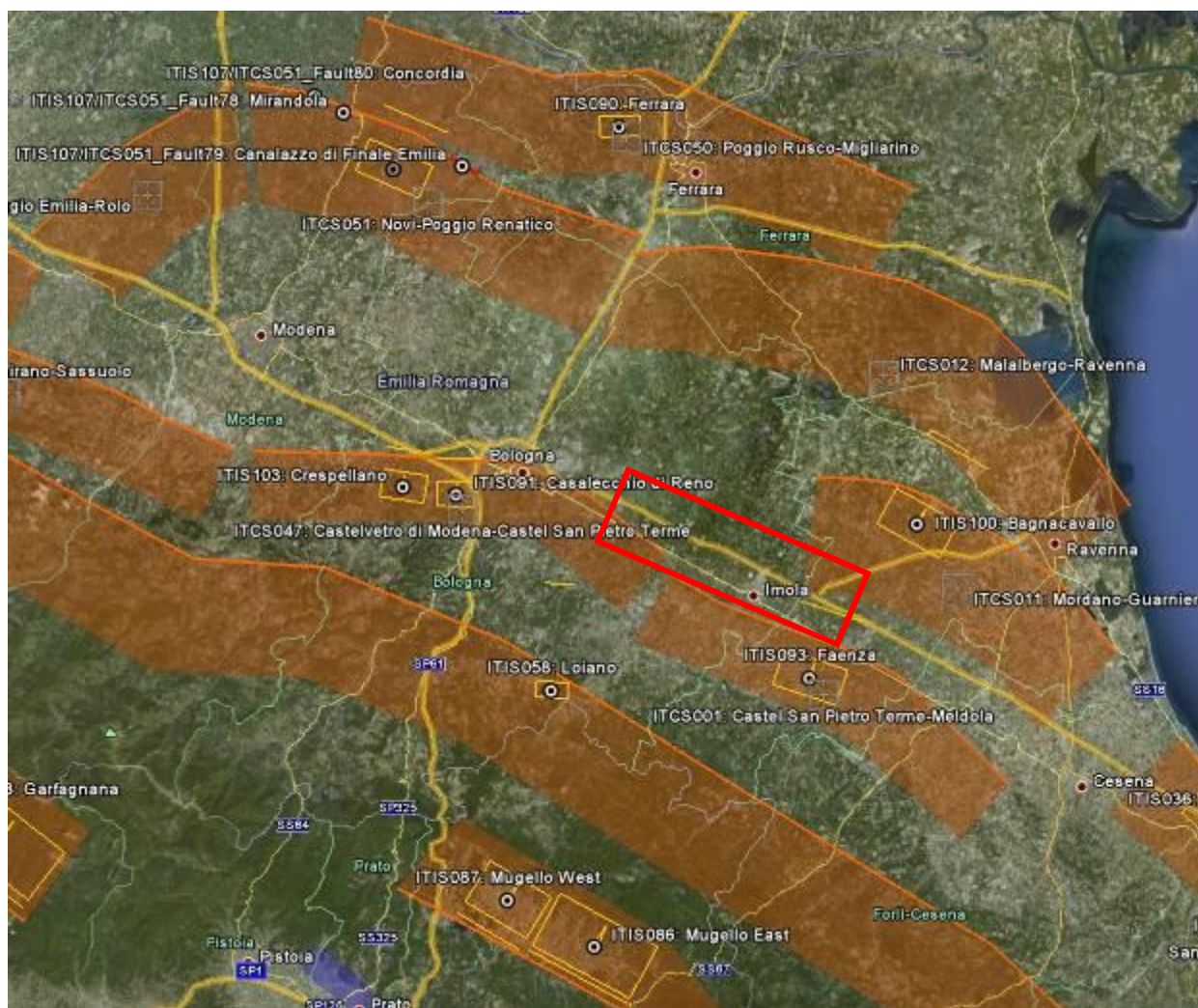


Fig. 28 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3.

La codifica utilizzata nel database per identificare le strutture include 4 caratteri e 3 numeri:

1. i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia);
2. gli altri due caratteri identificano il tipo di dati:

- IS per Individual Seismogenic Source
- CS per Composite Seismogenic Source
- DS per Debated Seismogenic Source

Con riferimento al “Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3”, si osserva che il tracciato in progetto lambisce un'area sismogenetica composta denominata ITCS047 Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme e ricade al bordo dell'area sismogenetica composta denominata ITCS011 Mordano – Guarniera.

Vale la pena ricordare che il 20 e 29 Maggio 2012 due terremoti di magnitudo 5.9 e 5.8 seguiti da molte repliche hanno colpito la Pianura Padana a circa 40 km a nord di Bologna. I due terremoti principali sono stati generati dalle faglie sepolte dell'Arco Ferrarese-Romagnolo appartenenti al fronte più esterno dell'appennino settentrionale, attivandolo per una lunghezza di circa 50 km. L'attività geologica recente di queste strutture è testimoniata dal controllo sull'andamento del drenaggio, ed è stata quantificata utilizzando dati geologici e geofisici di sottosuolo: le dorsali di Ferrara (ITCS050) e Mirandola (ITCS051), associate hanno causato la diversione del corso dei fiumi Po, Secchia, Panáro e Reno. La deformazione cosismica del suolo, sollevamento e subsidenza, generata dai due terremoti è congruente con le anomalie del drenaggio descritte.

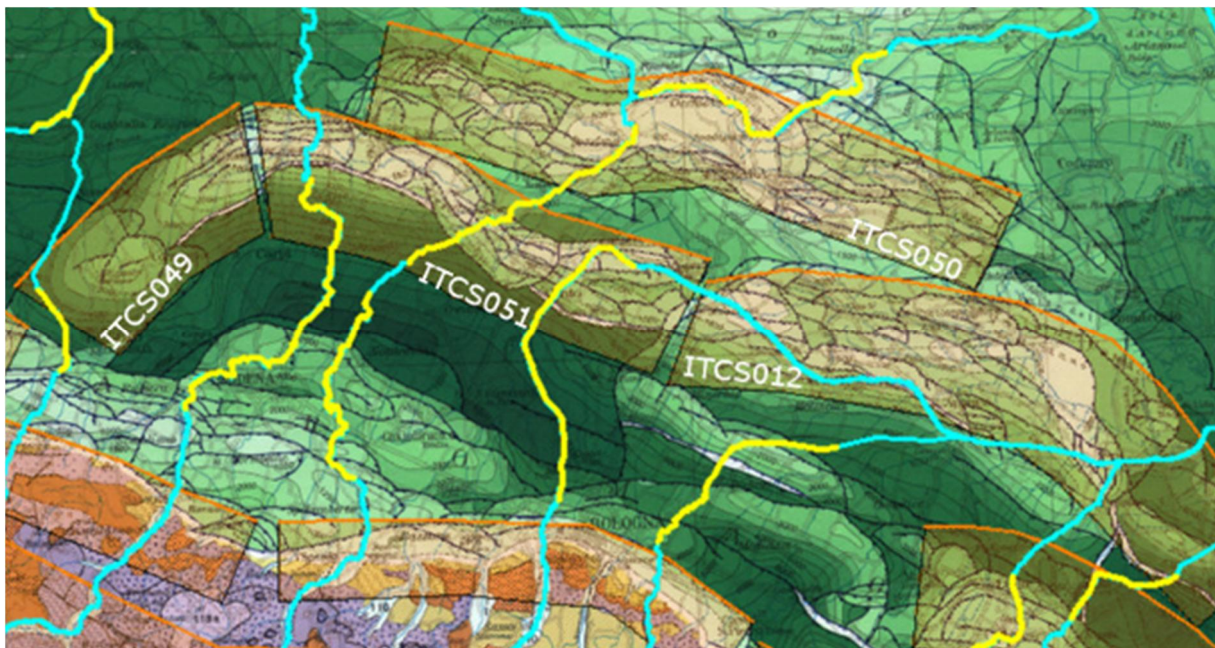


Fig. 29 - Modello strutturale con evidenziati in giallo i tratti che evidenziano le anomalie del drenaggio ed in azzurro i corsi d'acqua regolari, in arancione le aree sismogenetiche

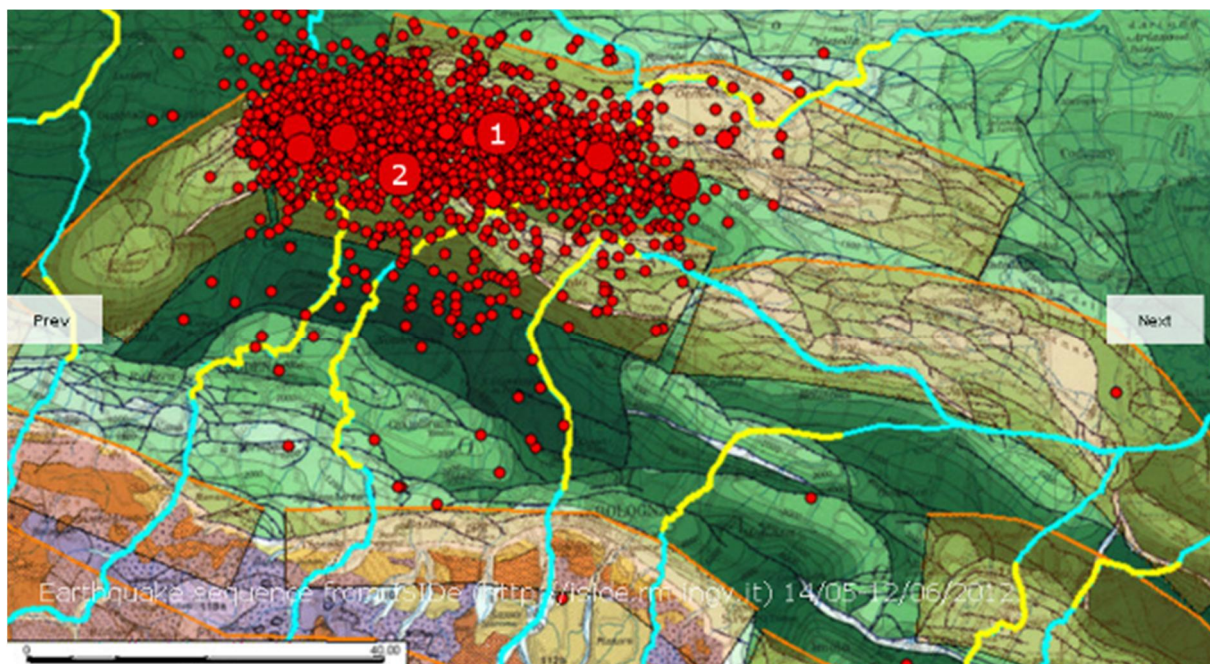


Fig. 30 - Sequenza sismica 14 maggio - 12 giugno 2012



Fig. 31 - Spostamento della superficie causato dalle due faglie (riquadri neri) che generano le scosse di magnitudo 5.9 e 5.8



## 10.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
<b>Zona 1</b>	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g > 0.25$
<b>Zona 2</b>	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < a_g \leq 0.25$
<b>Zona 3</b>	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < a_g \leq 0.15$
<b>Zona 4</b>	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g \leq 0.05$

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro  $a_g$  secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ).

Allo stato attuale, tale valore di pericolosità di base non ha diretta influenza sulla progettazione. Infatti, con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) avviene direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel

reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B delle stesse NTC), indipendentemente dai limiti amministrativi comunali.

L'allegato A di tali Norme prevede inoltre che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dall'INGV, utilizzati per determinare la forma dello spettro di risposta elastico di riferimento. L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa.

In quest'ottica la precedente zonazione dei territori comunali mantiene la propria utilità, dal punto amministrativo, per la gestione delle attività di pianificazione e controllo.

### Classificazione sismica al 2015

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Atti di recepimento al 1° giugno 2014. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 19/11/10, n. 1362. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 2/8/06, n. 1171. Piemonte: DGR 12/12/11, n. 4-3084. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 878. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603

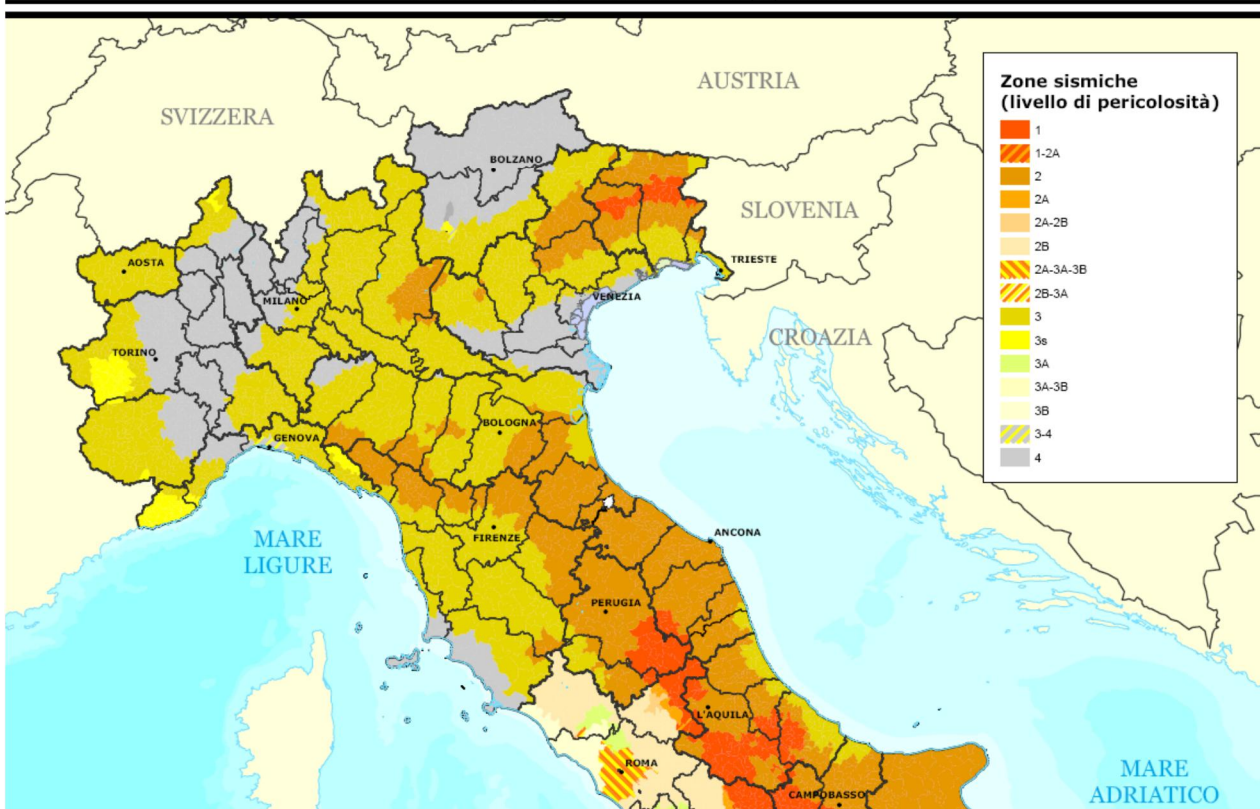


Fig. 32 - Classificazione Sismica al 2015 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico - Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274).

## 10.6 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO

La normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Emilia con Delibera della Giunta Regionale n. 1677/2005.

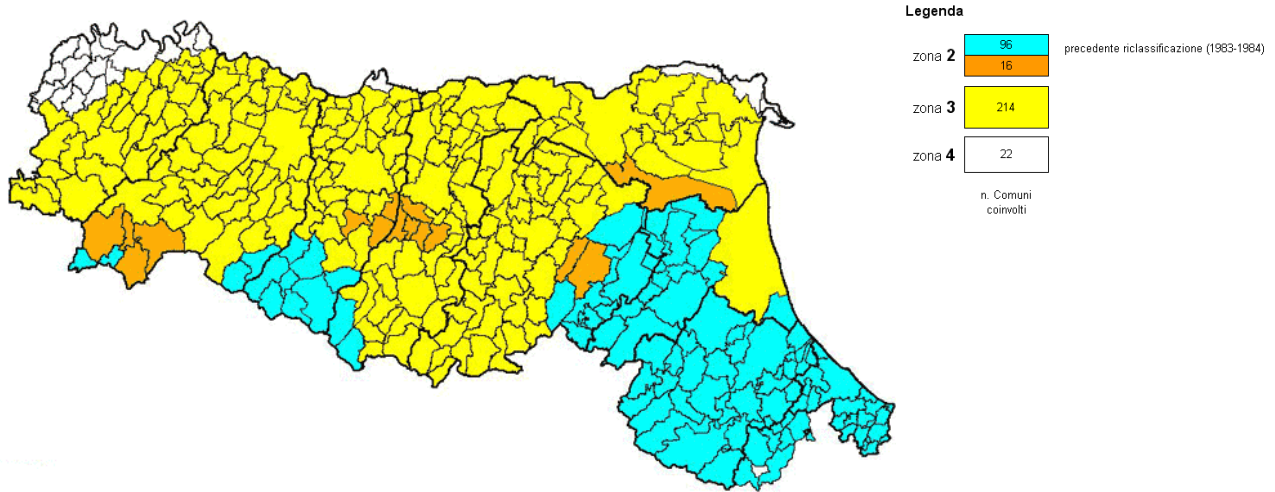


Fig. 33 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna - Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione")

In conformità alle normative, i comuni interessati dal progetto ricadono nella seguente zona sismica:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2015
Emilia Romagna	Bologna	8037046	Ozzano dell'Emilia	2
Emilia Romagna	Bologna	8037020	Castel San Pietro Terme	2
Emilia Romagna	Bologna	8037025	Dozza	2
Emilia Romagna	Bologna	8037032	Imola	2
Emilia Romagna	Ravenna	8039006	Castel Bolognese	2
Emilia Romagna	Ravenna	8039018	Solarolo	2

La definizione dell'accelerazione di riferimento non è oggetto della presente relazione.

## 11 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nell'ambito del presente capitolo si descrivono, da inizio intervento (località Ponte Rizzoli, km 29+600) a fine intervento (diramazione per Ravenna, km 56+444.92) gli elementi geologici – geomorfologici dell'area di progetto e si riportano considerazioni utili nell'ambito della progettazione di ampliamento previsto per la tratta autostradale in oggetto.

Dal punto di vista granulometrico l'areale di progetto risulta diffusamente interessato da terreni compressibili (granulometria prevalentemente fine), di natura limoso - argillosa, all'interno dei quali sono presenti lenti di sabbia e ghiaia (anche grossolana) di spessore variabile, che costituiscono corpi lenticolari depositati dai principali corsi d'acqua appenninici (ambiente di conoide alluvionale). Un elemento tipico di questo ambiente di sedimentazione è rappresentato dalla diffusa variabilità (natura fortemente eteropica) sia in senso verticale, per il succedersi nel tempo degli eventi alluvionali, sia in senso orizzontale, per la divagazione laterale dei canali principali di scorrimento delle acque di piena, pertanto la forma e l'estensione delle lenti sabbioso-ghiaiose riportate in profilo longitudinale deve essere assunta come indicativa.

L'intero tracciato si sviluppa sui terreni afferenti al subsistema di Ravenna (AES8) ed all'Unità di Modena (AES8a), che è contenuta in AES8 secondo limiti non conformi e che ne costituisce il tetto stratigrafico.

### 11.1 DA INIZIO INTERVENTO (KM 29+600) ALLA PROGR. KM 36+600 C.A.

I terreni attraversati risultano prevalentemente compressibili; i sondaggi geognostici hanno intercettato rare e sottilissime lenti di materiale granulare (sabbie e ghiaie).

Dal punto di vista geomorfologico, all'altezza del Km 31+400 è presente una forma che è stata classificata come "traccia di orlo di terrazzo"; come già accennato, in questa categoria sono state inserite delle fasce di territorio che formano dei raccordi molto blandi tra superfici poste a quote differenti. Con grande probabilità si tratta di residui di orli di terrazzo che sono stati erosi e poi resi ulteriormente blandi dall'azione antropica. Nel tratto successivo il tracciato continua in ambito di pianura, sempre dominata dal paesaggio agricolo ma nella quale sono state individuate forme riconducibili a paleoalvei o antiche linee di scorrimento fluviale che intersecano il tracciato stesso ai Km 34+100, Km 35+350 e Km 35+500. Una peculiarità di questo tratto è la direzione del reticolo dei fossi campestri che in alcuni casi si discosta dal generale allineamento SO-NE per seguire paleoforme (individuate anche con fotointerpretazione).

### 11.2 DALLA PROGR. KM 36+600 C.A. ALLA PROGR. KM 43+900 C.A.

Le lenti di materiale granulare rinvenute in profondità aumentano di spessore. All'interno di questo tratto, in particolare da progr. Km 37+100 c.a. a progr. Km 37+620, si rinviene un esteso riempimento costituito da materiale di riporto di origine antropica collocato in corrispondenza delle Aree di Servizio Sillaro Est ed Ovest, mentre da progr. Km 39+300 c.a. a progr. Km 40+100 c.a. è possibile ascrivere i depositi attraversati alle alluvionali del Torrente Sillaro, caratterizzati da un alternanza eteropica di granulometrie fini e medio - grossolane (sondaggi SA-1/86 ed SA-2/86). Si evidenzia che in corrispondenza dei sondaggi S-B3 e S9-DX si intercettano livelli importanti di materiale sabbioso-ghiaioso prevalente: si può ipotizzare in questa zona un'antica divagazione del Torrente Sillaro a costituire un paleo alveo. Tale affermazione può essere suffragata dal rinvenimento in S-B3 di un resto ligneo decimetrico da 25,20m a quota 25,70m da p.c., e da argilla torbosa da 26,70 a 27,40m da p.c. (Foto 1).

Dalla progr. Km 42+000 c.a. alla progr. Km 43+900 c.a. si riscontrano in profondità ampie lenti di sabbie e/o ghiaie riferibili al Torrente Sellustra, che in passato può avere divagato e lasciato cospicue lenti prevalentemente granulari (si vedano i sondaggi S11-SX ed S11-BIS, che comunque in superficie attraversano terreni argilloso - limosi).

Si osserva che tra la Km. 42+300 c.a. e la Km. 42+650 c.a. la planimetria geologica CARG riporta terreni superficiali prevalentemente granulari, tuttavia il sondaggio OC1-S1 (anche se abbondantemente proiettato) evidenzia terreni superficiali prevalentemente coesivi.



Foto 1 - Particolare del materiale ligneo catalogato nella cassetta n° 6 del sondaggio S-B3.

Dopo l'attraversamento della zona industriale/artigianale tra il Km 36+800 e 38+000, che è stata oggetto di una recente importante espansione, al Km 39+300 il tracciato, dal punto di vista geomorfologico, interseca un orlo di terrazzo che marca il passaggio alla pianura di divagazione del T. Sillaro; essa è caratterizzata dalla presenza di una estesa area residua da attività estrattiva in destra e sinistra idraulica e a monte e valle dell'autostrada. Le aree estrattive incalzano il rilevato autostradale nel tratto fino al Km 40+500; in particolare, come già accennato in precedenza, vi sono alcuni dubbi circa la reale estensione dell'area in destra idrografica lato valle. Si tratta di una vasta area risistemata nella quale il confronto tra le quote del CTR e le quote del rilievo fotogrammetrico mostrano differenze anche di 3-4m, a testimonianza di una intensa attività estrattiva. Il rilievo di campagna e l'esame delle foto aeree ha messo in evidenza che vi è una scarpata più o meno evidente ad una distanza compresa tra 20 e 50m dal rilevato autostradale, ma non vi è conferma che la scarpata corrisponda effettivamente con il limite dell'area scavata.

Il tracciato riprende in ambito di livello modale intersecando paleoalvei alle progressive km 41+050, 41+150, 41+650, 42+550 fino all'attraversamento del T. Sellustra (km 42+850) la cui presenza è sottolineata da due orli di terrazzo rispettivamente in destra e sinistra. Al Km 41+900 è presente una forma che è stata classificata come "residuo di terrazzo": come nella maggior parte dei casi si tratta di una forma molto blanda appena visibile da foto aerea.

#### Nuovo Svincolo di Toscanella di Dozza (prog. Km 42+555):

Il Nuovo svincolo di Toscanella di Dozza si sviluppa sui terreni afferenti all'Unità di Modena (AES8a), che è contenuta in AES8 (subsistema di Ravenna) secondo limiti non conformi e che ne costituisce il tetto stratigrafico.

I terreni attraversati dalle verticali di indagine eseguite a fine 2010 risultano nel primo sottosuolo appartenenti alla classe granulometrica prevalentemente coesiva, cioè comprendente principalmente frazioni fini come argille e limi, pertanto corrispondenti a terreni compressibili, anche per locali contenuti torbosi; in profondità, i sondaggi geognostici evidenziano la presenza di lenti di materiale più grossolano (sabbie e ghiaie prevalenti).

In sintesi:

OC1-S1:

- 0-19m c.a. terreni prevalentemente coesivi (argille limose)
- 19-25m c.a. terreni prevalentemente granulari (ghiaie in matrice limoso-sabbiosa)
- 25-35m terreni prevalentemente coesivi (argille limoso-sabbiose e con ghiaia)

OC1-S2:

- 0-20m c.a. terreni prevalentemente coesivi (argille limoso-sabbiose)
- 20-25m c.a. terreni prevalentemente granulari (ghiaie in matrice limoso-sabbiosa)
- 25-35m terreni prevalentemente coesivi (argille limose)

OC1-PZ1:

- 0-4m terreni prevalentemente coesivi (limi argillosi)

**11.3 DALLA PROGR. KM 43+900 C.A. ALLA PROGR. KM 46+700 C.A.**

I terreni attraversati risultano prevalentemente fini sia in superficie sia in profondità (con localizzate lenti sabbioso-ghiaiose). In questo tratto il paesaggio è decisamente agricolo e non vi sono forme morfologiche peculiari, eccezion fatta per un paleoalveo che interseca l'asse stradale ( progr. 44+850 c.a.).

**11.4 DALLA PROGR. KM 46+700 C.A. ALLA PROGR. KM 51+000 C.A.**

I terreni superficiali risultano compressibili ed in profondità si rinvergono cospicui livelli di sabbie e ghiaie prevalenti (ciò confermato anche dalle risultanze dei recenti sondaggi S-B13 ed S-B14).

Si nota che tra la Km. 48+500 c.a. e la Km. 48+800 c.a. la planimetria geologica CARG riporta terreni superficiali prevalentemente coesivi, mentre il pozzetto esplorativo PZ-B19 evidenzia terreni superficiali prevalentemente granulari: probabilmente tale difformità assume carattere strettamente locale.

Dal punto di vista geomorfologico si segnala la presenza di due paleoalvei che intersecano l'asse stradale al Km 46+850 c.a. e Km 47+300 c.a.

**11.5 DALLA PROGR. KM 51+000 C.A. A FINE INTERVENTO (KM 56+444.92)**

In questa tratta risultano preponderanti i depositi compressibili, che tuttavia possono contenere ampie lenti di materiale granulare

Si segnala che tra la Km. 51+100 c.a. e la Km. 55+400 c.a. è presente una incongruenza nella definizione dei terreni superficiali tra quanto evidenziato nelle verticali di indagine disponibili (terreni prevalentemente coesivi) e quanto riportato nella planimetria di derivazione CARG (terreni superficiali prevalentemente granulari).

In corrispondenza del Km 55+000 è prevista la realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Solarolo: il nuovo cavalcavia sull'autostrada si imposterà su terreni granulari fino ad una profondità di 12-14m (sondaggi proiettati S-B15, S-B16), mentre l'area di esazione potrebbe appoggiarsi su terreni compressibili, considerata la forte eteropia dei depositi granulari/fini ed il contesto deposizionale preminentemente coesivo.

Geomorfologicamente, fino al Fiume Santerno (Km 54+000 c.a.) non vi sono forme peculiari e, anche in questo caso, il paesaggio è decisamente agricolo, fatta salva la zona industriale in prossimità dello svincolo di Imola (km 50+100).

Nell'ambito di divagazione del F. Santerno e del suo affluente Rio Sanguinario (tra le progr. Km 54+000 e 55+400 c.a.) le uniche evidenze geomorfologiche rilevabili sono relative al reticolo di drenaggio il cui pattern si discosta da quello della pianura modale, assumendo un andamento più irregolare e discontinuo.

Nuovo Svincolo di Solarolo (prog. Km 54+999):

Il Nuovo svincolo di Solarolo si sviluppa sui terreni afferenti all'Unità di Modena (AES8a), che è contenuta in AES8 (subsistema di Ravenna) secondo limiti non conformi e che ne costituisce il tetto stratigrafico.

I terreni attraversati dalle verticali di indagine eseguite nel 2010 risultano nel primissimo sottosuolo appartenenti alla classe granulometrica prevalentemente coesiva, cioè comprendente principalmente frazioni fini come argille e limi, pertanto corrispondenti a terreni compressibili; poco più in profondità, i sondaggi geognostici evidenziano la presenza di lenti di materiale più grossolano (sabbie e ghiaie prevalenti).

In sintesi:

SB-15:

- 0-4m c.a. terreni di riporto seguiti da terreni prevalentemente coesivi (limo sabbioso-argilloso)
- 4-14.7m c.a. terreni prevalentemente granulari (sabbie più o meno ghiaiose)
- 14.7-35m terreni prevalentemente coesivi (argille e limi sabbiosi) con interlivelli granulari (sabbie e sabbie limose)

SB16:

- 0-1.4m c.a. terreni di riporto seguiti da terreni prevalentemente coesivi (limi)
- 1.4-13m c.a. terreni prevalentemente granulari (sabbie)
- 13-35m terreni prevalentemente coesivi (argille limoso-sabbiose) con interlivelli granulari anche cospicui verso il basso(sabbie e sabbie ghiaiose)

In corrispondenza dell'area di esazione è stato eseguito nel passato un pozzo per acqua che ha attraversato prevalenti terreni compressibili (granulometria prevalentemente fine), di natura limosa ed argillosa, all'interno dei quali risultano presenti un esiguo interlivello sabbioso superficiale ed una lente di ghiaia di spessore di qualche metro più in profondità (dopo c.a. 30m).

Da ultimo si menziona il rischio potenziale riferibile all'intero tracciato in relazione a fenomeni di esondazione delle principali aste fluviali interferenti (si vedano gli elementi rappresentati nella Planimetria dei Vincoli così come riportati nel P.A.I dell'Autorità di Bacino del Reno. In cartografia geomorfologica si evidenziano tra l'altro le aree esondate dal Fiume Santerno (ad andamento spiccatamente meandriforme) registrate dal 1966 al 1999 ed inserite nel P.R.G. del Comune di Imola.

La definizione delle caratteristiche delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico finalizzato alla progettazione degli interventi di stabilizzazione, di ripristino di opere d'arte e di sostegno, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere, non sono oggetto della presente relazione.

## 12 PRINCIPALI ASPETTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

Di seguito si ribadiscono alcuni aspetti che, a giudizio del geologo, sono i più rilevanti nella progettazione delle opere, ed in particolare:

- diffusa variabilità granulometrica sia in senso verticale sia in senso orizzontale; è possibile affermare che la caratteristica peculiare dei terreni interessati dal nuovo progetto è proprio la diffusa eteropia tra granulometrie fini e grossolane;
- presenza lungo tutto il tracciato di depositi/livelli compressibili anche torbosi/resti e lignei, il che rende necessaria un'attenta verifica dei cedimenti delle nuove opere e delle preesistenze, perché una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni alle strutture preesistenti;
- le litologie a prevalente componente sabbiosa sono potenzialmente compatibili con i fenomeni di liquefazione che potrebbero verificarsi in occasione di eventi sismici di particolare intensità; pertanto, si raccomanda l'esecuzione delle opportune verifiche ingegneristiche;
- presenza di una falda freatica contraddistinta da oscillazioni stagionali sufficienti a farla interferire con le opere. Si segnala che un'eventuale variazione del regime di sfruttamento degli acquiferi (diminuzione dei pompaggi) potrebbe ridurre ulteriormente le soggiacenze;
- fenomeno di subsidenza naturale a cui è soggetta la pianura emiliano – romagnola (nella tratta di intervento risultano presenti almeno tre aree ad elevata subsidenza) ed alla quale si sovrappone la subsidenza di origine antropica determinata dai prelievi di fluidi dal sottosuolo;
- possibile presenza di sacche di gas in sacche localizzate;
- secondo gli elementi riportati nel P.A.I., risultano interferenti con il tracciato alcune aree ad alta probabilità di inondazione nonché aree esondabili per tempi di ritorno di 200 anni;
- secondo il PGRA il tracciato oggetto di ampliamento interferisce per alcuni tratti (in corrispondenza dell'attraversamento sul Torrente Gaiana, sul Torrente Sillaro, sul Rio Sabbioso e sul Torrente Sellustra) con porzioni di territorio frequentemente alluvionabili (pericolosità elevata - P3); in particolare tra la km 53+650 c.a. e la km 54+750 c.a. il progetto interferisce con un esteso areale frequentemente alluvionabile (pericolosità elevata - P3);
- secondo l'INGV, nell'areale studiato sono presenti quattro strutture tettoniche (due che lambiscono il tracciato e due interferenti) identificate come "faglie capaci", ossia come faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni che potrebbero produrre deformazioni anche in superficie.
- Secondo il database ISIDE dell'INGV, lungo il tracciato si sono registrati in passato almeno 6 eventi sismici di rilievo.