

COMUNE DI SAN FELICE s/P



## **QUADRO CONOSCITIVO AGGIORNAMENTO**

Ufficio di Piano

Ing. Daniele Castellazzi - Geom. Lorena Ferrari

Responsabile di progetto:

Arch. Carla Ferrari

Consulenti e collaboratori:

Dott. Geol. Valeriano Franchi, Dott. Geol. Stefania Asti, Dott. Alessandro Ghinai

Documento: QC	<b>Sistema naturale e ambientale</b>	doc. QC.5/R.agg
ottobre 2006 agg. sett. 2017	<b>SUOLO-SOTTOSUOLO-ACQUE</b>	



## COMUNE DI SAN FELICE SUL PANARO

# PSC

---

## Variante al Piano Strutturale Comunale

### QC.5/R.agg

SUOLO - SOTTOSUOLO - ACQUE

RELAZIONE

AGGIORNAMENTO QUADRO CONOSCITIVO

---

### INDICE

1.	SUOLO E SOTTOSUOLO.....	3
1.1	Evoluzione geologica e paleogeografica.....	3
1.1.1	<i>Lineamenti geologici generali</i> .....	3
1.1.2	<i>Assetto morfologico</i> .....	3
1.1.3	<i>Evoluzione geografica</i> .....	4
1.2	Litologia di superficie.....	4
1.3	Geomorfologia.....	4
1.3.1	<i>Esondabilità del territorio</i> .....	4
1.4	Il fenomeno della subsidenza.....	6
1.5	Neotettonica e sismicità.....	14
1.5.1	<i>Aspetti normativi</i> .....	14
1.5.2	<i>Sismicità storica</i> .....	17
1.5.3	<i>Pericolosità sismica di base</i> .....	19
1.5.4	<i>Pericolosità sismica locale e microzonazione sismica</i> .....	20
1.6	Resistenza meccanica dei terreni.....	44
1.6.1	<i>Campagna geognostica 2008 - Indagini CPT</i> .....	44

1.7	Limiti e condizioni alla trasformazione.....	50
2.	ACQUE.....	52
2.1	Acque superficiali.....	52
2.1.1	<i>Il sistema idrografico.....</i>	52
2.1.2	<i>Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati.....</i>	52
2.1.2.1	<i>Scenari di pericolosità definiti dalla Pianificazione sovraordinata.....</i>	55
2.1.2.2	<i>Restituzione cartografica delle aree interessate da criticità idraulica.....</i>	63
2.1.3	<i>Aspetti qualitativi.....</i>	65
2.1.4	<i>Carico idraulico sui bacini urbani ed extraurbani.....</i>	68
2.1.5	<i>Considerazioni sul sistema fognario e depurativo.....</i>	68
2.2	Acque sotterranee.....	72
2.2.1	<i>Struttura idrogeologica.....</i>	72
2.2.2	<i>Qualità delle acque sotterranee.....</i>	73
2.2.3	<i>Piezometria.....</i>	75
2.2.4	<i>Vulnerabilità naturale dell'acquifero.....</i>	75
2.2.5	<i>Centri di potenziale pericolo d'inquinamento delle acque sotterranee.....</i>	75
2.3	Limiti e condizioni alla trasformazione.....	75

## **PREMESSA**

Il PSC del Comune di San Felice sul Panaro, elaborato ai sensi dell'art. 28 della LR 20/2000, è stato approvato con Del. C.C. n. 25 del 22/04/2009 e successivamente modificato:

- con variante al PSC, approvata con Del. C.C. n. 17 del 26/04/2011.
- con il 1° stralcio del Piano della Ricostruzione, approvato con Del. C.C. n. 30 del 28/04/2014,
- con il 2° stralcio del Piano della Ricostruzione, approvato con Del. C.C. n. 82 del 12/04/2014,
- con una variante al Piano della Ricostruzione, approvata con Del. C.C. n. 42 del 23/05/2016.

Il presente QC.5 "Suolo-sottosuolo-acque" del Documento Preliminare della Variante al PSC, assume il Quadro Conoscitivo del PSC originario, aggiornando alcune componenti alla luce degli eventi sismici del maggio 2012, dell'evento alluvionale del gennaio 2014 e delle più recenti normative in materia sismica e di tutela delle acque; in particolare sono stati aggiornati (agg.) e/o inseriti (new) i seguenti paragrafi:

- 1.3.1 Esondabilità del territorio (agg.)
- 1.4 Il fenomeno della subsidenza (agg.)
- 1.5 Neotettonica e sismicità (agg. + new)
- 1.6 Resistenza meccanica dei terreni (agg.)
- 1.7 Limiti e condizioni alla trasformazione (agg.)
- 2.1.2 Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati (agg.)
- 2.1.3 Aspetti qualitativi (agg.)
- 2.1.5 Considerazioni sul sistema fognario e depurativo (new)
- 2.2.2 Qualità delle acque sotterranee (agg.)
- 2.3 Limiti e condizioni alla trasformazione (agg.)

Per i restanti capitoli della presente relazione si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC originario; vengono inoltre confermati i seguenti allegati cartografici prodotti nel QC.5 del PSC originario:

- Tav. QC.5/t1 - Litologia di superficie
- Tav. QC.5/t2 - Geomorfologia
- Tav. QC.5/t3 - Idrografia
- Tav. QC.5/t4 - Resistenza meccanica dei terreni
- Tav. QC.5/t6 - Piezometria della falda acquifera superficiale
- Tav. QC.5/t7 - Soggiacenza della falda acquifera superficiale
- Tav. QC.5/t8 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero

L'elaborato cartografico Tav. QC.5/t5 - Pericolosità sismica locale - effetti di sito, è stato eliminato avendo assunto le nuove elaborazioni della RER riguardanti la microzonazione sismica. Gli elaborati cartografici QC.5/T1 - Vincoli e tutele esistenti e QC.5/T2 - Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni, sono stati aggiornati.

## **1. SUOLO E SOTTOSUOLO**

### **1.1 Evoluzione geologica e paleogeografica**

#### **1.1.1 Lineamenti geologici generali**

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

#### **1.1.2 Assetto morfologico**

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

### 1.1.3 Evoluzione geografica

Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.

### 1.2 Litologia di superficie

Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.

### 1.3 Geomorfologia

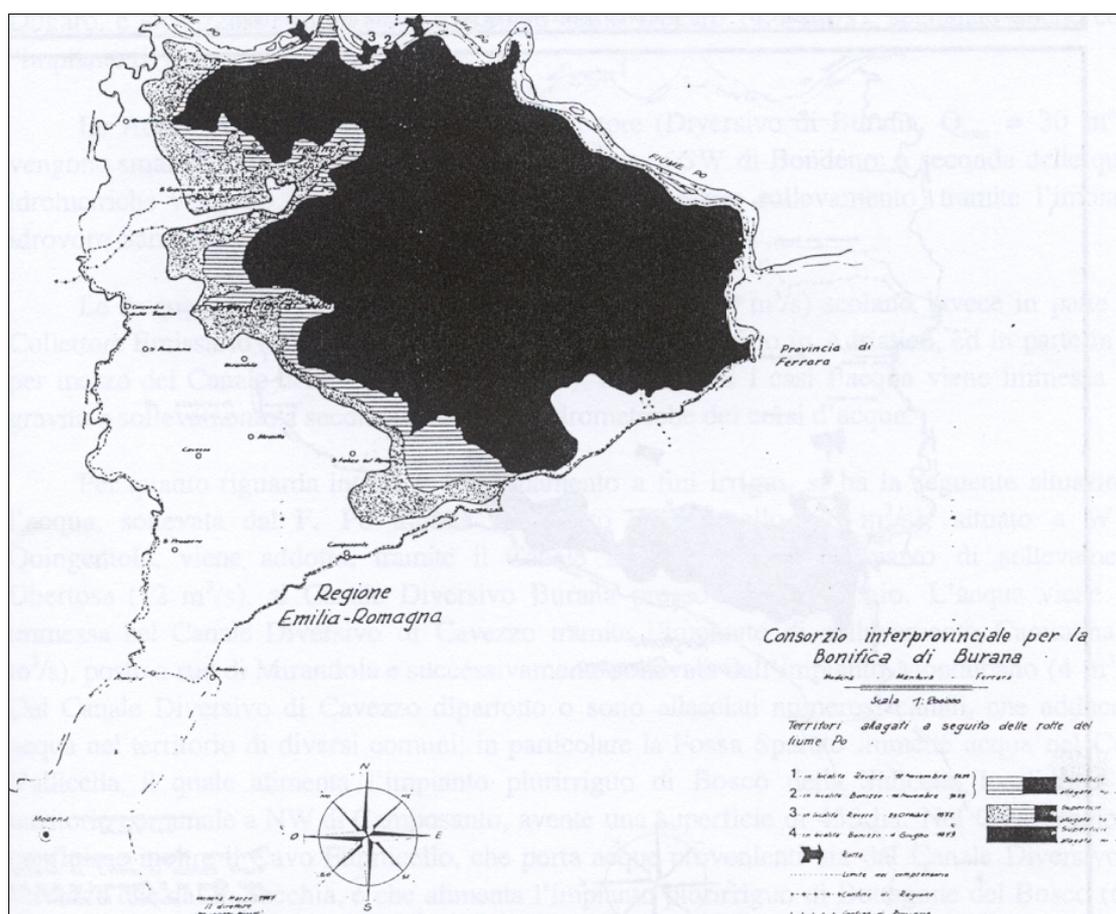
Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.

#### 1.3.1 Esondabilità del territorio

Gli eventi di esondazione che hanno interessato il territorio comunale hanno avuto origine da rotte dei fiumi Panaro e Secchia, oltre che nel secolo scorso, del fiume Po.

L'individuazione delle aree inondate è rappresentata nella carta delle "Geomorfologia" (tavola QC.5/t2), redatta sulla base della documentazione del Consorzio della Bonifica di Burana e dei dati, riportati nello studio di M. Pellegrini sulla "Pianura del Secchia e del Panaro"<sup>1</sup>.

Come si può osservare in Fig. 8, i territori allagati a seguito delle rotte del fiume Po, interessarono il territorio comunale di San Felice in occasione degli eventi alluvionali del secolo scorso (1839, 1872, 1879).



fuori scala

Fig. 8 - Territori allagati in seguito alle rotte del fiume Po (CONSORZIO DI BONIFICA DI BURANA - 1987)

<sup>1</sup> PELLEGRINI M. (1970) - *La pianura del Secchia e del Panaro* - S.T.E.M. - MUCCHI

In tempi recenti il territorio comunale è stato interessato dalle esondazioni in seguito alla rotta del fiume Secchia del 20 aprile 1960 e a quelle del fiume Panaro del 19-20 Novembre 1952. E' inoltre stato interessato da "microallagamenti" circoscritti a piccole aree in occasione dell'evento del maggio 1996, imputabili a difficoltà di smaltimento, per eccessivo carico, dei corsi d'acqua di bonifica.

Nella tabella seguente viene riportata l'estensione e la percentuale riferita al territorio comunale delle aree che hanno subito allagamenti, almeno una, due e tre volte, come si può osservare, circa il 65% del territorio di San Felice risulta essere stato interessato da eventi alluvionali; la perimetrazione di tali aree è riportata nella tavola della "Geomorfologia" (tavola QC.5/t2)

AREE ALLAGATE	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	% SU TERRITORIO COMUNALE
AREE ALLAGATE ALMENO 1 VOLTA	33.925.986	65,8
AREE ALLAGATE ALMENO 2 VOLTE	23.379.706	45,3
AREE ALLAGATE ALMENO 3 VOLTE	14.147.289	27,4
TERRITORIO COMUNALE	51.556.849	100,0

tab. 2 - Superfici del territorio comunale allagate in occasione di alluvioni storiche.

Non disponendo del modello numerico del territorio comunale e quindi non potendo analizzare una carta del microrilievo di dettaglio per l'individuazione di aree "deprese" a deflusso delle acque difficoltoso o soggette a ristagni d'acqua, per le considerazioni circa il rischio idraulico a cui sono soggette le varie porzioni del territorio, si sono presi a riferimento i dati storici, ovvero sono state considerate soggette a rischio idraulico le aree allagate almeno tre volte in occasione di eventi alluvionali, per la cui individuazione e perimetrazione si è fatto riferimento a dati bibliografici.

Tale semplificazione consente comunque di individuare le aree che per morfologia e collocazione nella pianura potenzialmente interessata da tracimazioni o rotte fluviali, potrebbero risentire maggiormente degli effetti negativi di un evento alluvionale; buona parte di tali aree coincide con le "Aree A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B" di cui alla Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena, che perimetra le aree situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche rispetto alle "Aree A2" perimetrate dal medesimo piano e caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento.

Sono inoltre considerate aree a maggior grado di criticità le "Aree A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A" con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m", perimetrate nella Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena.

Il 19 gennaio 2014, un collasso arginale lungo la sponda destra del fiume Secchia, avvenuto in località San Matteo, in Comune di Modena, ha provocato un'estesa inondazione che ha coinvolto circa 10.000 ettari di territorio, due paesi - Bastiglia e Bomporto -, sott'acqua per più di 48 ore e complessivamente otto comuni colpiti; oltre a Bastiglia e Bomporto, sono stati interessati dalle acque esondate anche i territori comunali di Modena, Medolla, Camposanto, San Prospero, Finale Emilia e San Felice sul Panaro, dove le acque sono arrivate a lambire il centro abitato.

L'onda di esondazione (poligono rosso in figura 9) si è inizialmente propagata seguendo il percorso che si estende lungo il Canale Levata e la Strada Statale 12 in direzione Nord, ripartendosi poi, a monte dell'abitato di Bastiglia, secondo due percorsi principali. Il primo percorso di Drenaggio ha convogliato le acque di esondazione verso l'abitato di Bastiglia, proseguendo poi verso la Zona Industriale di Bomporto, gli abitati di Solara e Gorghetto, il Bosco della Saliceta in territorio comunale di San Felice sul Panaro. Le acque sono state in definitiva drenate dal reticolo di canali

del Consorzio di Bonifica di Burana quali il Canale Dogaro ed il Canale Vallicella. Tali acque sono state infine smaltite, in parte per sollevamento meccanico e in parte per gravità, dalla Centrale di Santa Bianca. Il secondo percorso di drenaggio si è sviluppato attraverso il sormonto degli argini del Canale Naviglio, a monte dell'abitato di Bastiglia, in direzione Est e ha convogliato le acque di esondazione verso un comparto chiuso a Nord dalle arginature del Canale Naviglio e a Est dalle arginature del fiume Panaro.



**Fig. 9 - Territori allagati in seguito alla rotta del fiume Secchia del 19 Gennaio 2014** (da Relazione tecnico - scientifica sulle cause del collasso dell'argine del fiume Secchia avvenuto il giorno 19 gennaio 2014 presso la frazione San Matteo - D'Alpaos et al. 2014)

Le cause delle esondazioni sono da imputare principalmente, oltre che all'eccezionalità degli eventi pluviometrici, alla fragilità generale dell'equilibrio idraulico, dovuta sia alle profonde modificazioni avvenute nei sistemi agro-culturali collinare e montano, sia agli effetti indotti dall'aumento delle aree urbanizzate sulla velocità di deflusso delle acque superficiali e di conseguenza sulla concentrazione degli effetti di piena; tuttavia con le sistemazioni idrauliche realizzate negli ultimi decenni, si verificano attualmente solamente problemi in ordine al deflusso delle acque in eccesso in punti localizzati ad estensione limitata.

#### 1.4 Il fenomeno della subsidenza

Per la stesura del seguente paragrafo, data la complessità del tema e la necessità di dati a più vasta scala, peraltro rilevabili solamente con misure protratte nel tempo e con sistemi sofisticati, si è fatto ampio riferimento a quanto reperito in bibliografia ed a quanto pubblicato e disponibile in rete sull'argomento.

In questa sede ci si è limitati ad eseguire alcune considerazioni sui dati esistenti sul fenomeno "subsidenza" messi a disposizione dai siti web della Regione Emilia Romagna<sup>2</sup>, dell'ARPA - Dipartimento d'Ingegneria Ambientale e del PTCP della Provincia di Modena (aggiornamento al 2009).

Innanzitutto cos'è la subsidenza? La subsidenza indica il progressivo abbassamento del terreno dovuto a cause naturali ed artificiali; il fenomeno di *subsidenza naturale* è caratterizzato sia dal costipamento provocato dal peso dei carichi sovrastanti sui sedimenti incoerenti (limo, argilla e torba), che dal movimento del substrato roccioso. Il fenomeno di *subsidenza artificiale* è imputabile all'azione dell'uomo, in relazione all'estrazione di acqua dal sottosuolo, allo sfruttamento dei livelli contenenti metano, alla bonifica di valli e di terreni paludosi, all'alterazione, spesso dovuta ad inquinamento, delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.

L'azione di costipamento indotta dal prelievo delle risorse idriche del sottosuolo si verifica in seguito alla diminuzione della pressione neutra presente nei pori.

La presenza dell'acqua, all'interno degli spazi intergranulari dei terreni, esercita infatti una pressione "neutra" che si sviluppa in tutte le direzioni; l'allontanamento dell'acqua determina una diminuzione della pressione neutra, con conseguente depressurizzazione del terreno ed aumento della tensione effettiva, quella cioè collegata al "peso" dei granuli che compongono il terreno: ne deriva una compattazione e deformazione del terreno stesso.

Gli effetti di un abbondante emungimento idrico si estendono a tutto il sistema di acquiferi ed acquitardi, essendo l'acqua presente in tutti i mezzi permeabili; il fenomeno assume ritmi lenti, con effetti notevolmente ritardati nel tempo.

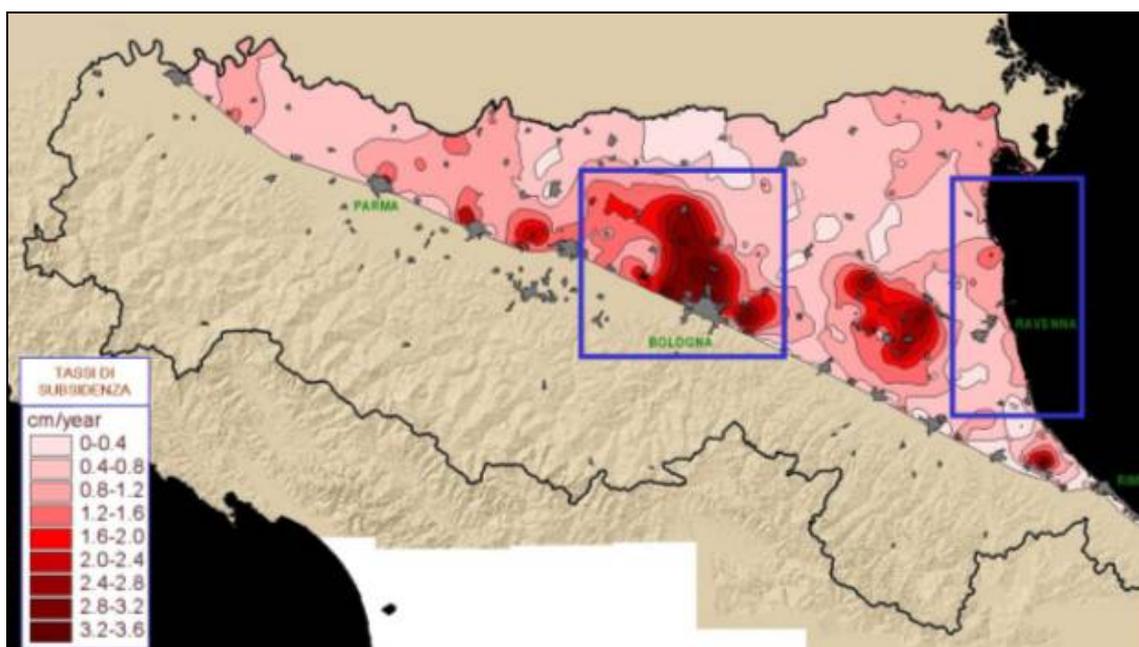
I terreni a granulometria più grossolana risentono in misura inferiore dell'azione del costipamento rispetto a quelli fini.

Costipamento e subsidenza sono causati anche dall'estrazione di idrocarburi dal sottosuolo, sia liquidi che gassosi; tuttavia, in questo caso, i terreni "serbatoio" degli idrocarburi subiscono un abbassamento pressoché immediato, limitato nello spazio, essendo solitamente confinati arealmente.

Come risulta evidente dalla figura che segue, in cui le colorazioni più accese rappresentano i maggiori abbassamenti del suolo, le zone maggiormente colpite dal fenomeno, nel periodo di osservazione 1973/93-1999, sono quelle dell'area bolognese e romagnola.

---

<sup>2</sup> <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/subsidenza>



**Fig. 10 - Distribuzione della subsidenza nella pianura emiliano romagnola nel periodo 1973/93-1999 e delimitazione di due aree critiche oggetto di studi specifici** (da Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna)

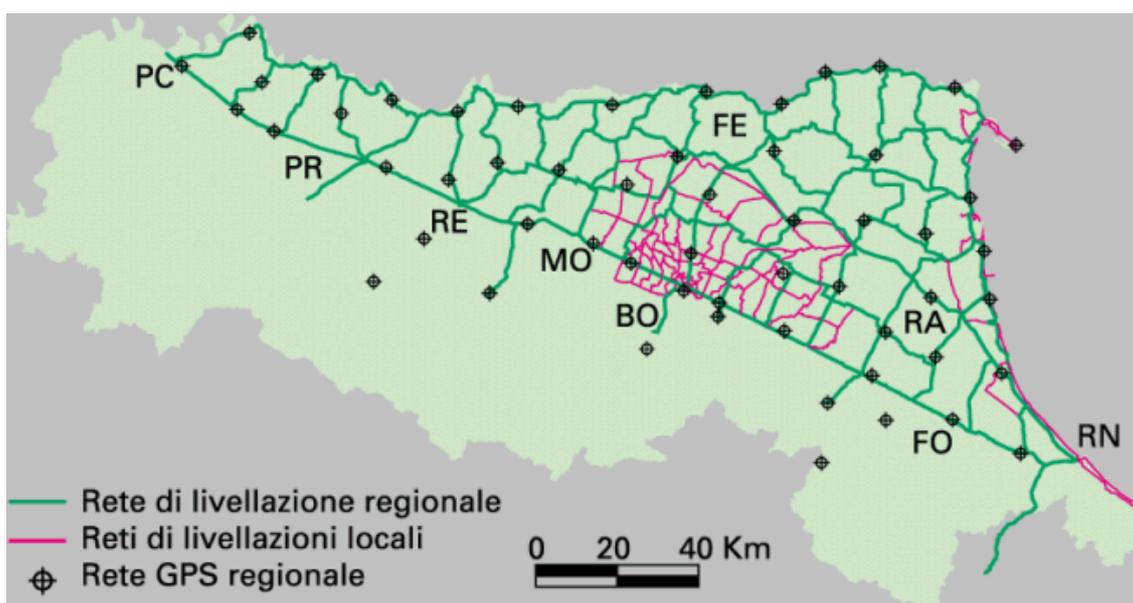
Nella Provincia di Modena, gli effetti più rilevanti della subsidenza si sono manifestati nel capoluogo fra gli anni '60 e '70 e sono imputabili al forte prelievo idrico dalle falde seguito all'industrializzazione della città. In particolare, già a partire dai primi anni '70 erano evidenti gli effetti negativi sugli edifici storici (Accademia Militare) e perdite di pendenza significative sia nella rete idrica di approvvigionamento che in quella fognaria. Grazie a normative tese a diminuire gli emungimenti, nei decenni a seguire i livelli piezometrici tornarono ad aumentare, con parziali ricadute, ma mai di intensità paragonabili a quelle degli anni '60 e '70.

La *subsidenza antropica* è oggetto di monitoraggio in Emilia-Romagna da oltre 50 anni ad opera di Enti diversi che hanno istituito e misurato, in epoche diverse, reti di livellazione in ambiti locali più o meno limitati. Tali iniziative, osservate in un contesto regionale, rivelavano tuttavia sovrapposizioni, disomogeneità e lacune tali da rendere estremamente difficoltosa la definizione di un quadro organico del fenomeno.

Al fine di superare tali difficoltà ARPA, su incarico della Regione e in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna, ha progettato ed istituito nel 1997-1998 una Rete Regionale di Monitoraggio della Subsidenza, costituita, in particolare, da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2.300 capisaldi e una rete di circa 60 punti GPS. Entrambe le reti sono state progettate a partire dal vasto patrimonio di capisaldi esistenti in un'ottica di ottimizzazione e valorizzazione delle precedenti esperienze, selezionate ed integrate in funzione di un progetto a scala regionale.

Nel 1999 si è reso possibile, grazie ai finanziamenti della Regione Emilia-Romagna e del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica, pervenire alla realizzazione della prima misura della rete. Già in questa fase di primo rilievo della rete si è cercato di pervenire ad una quantificazione del fenomeno della subsidenza attraverso il confronto fra le quote rilevate nel 1999 e le quote storiche, laddove presenti, opportunamente omogeneizzate. I risultati sono stati evidenziati attraverso profili di abbassamento costruiti lungo direttrici principali, diagrammi quota-tempo di capisaldi rappresentativi ed una carta a curve di ugual velocità di abbassamento a livello regionale. Si trattava, tuttavia, di risultati parziali, non risultando ancora possibile realizzare un confronto a tappeto sull'intera rete, bensì solo su circa il 50% dei capisaldi, distribuiti neppure uniformemente.

Parallelamente è stato realizzato un sistema informativo che si è rivelato, sin dalle prime fasi di istituzione della Rete, uno strumento gestionale di fondamentale importanza. Le potenzialità di tale sistema sono state successivamente incrementate rispetto alla sua versione iniziale al fine di gestire anche l'enorme patrimonio storico che la Rete, costituita in gran parte da capisaldi preesistenti, possiede. Ulteriori aggiornamenti sono stati realizzati in seguito alla prima misura della Rete nel 1999. Nel periodo successivo è andato via via aumentando l'interesse nei confronti della Rete (livellazione e GPS) da parte di diverse categorie di operatori (professionisti, Società, Enti Pubblici ed Università) che hanno trovato in essa uno strumento aggiornato utile per svariate finalità o compiti istituzionali. Al fine, quindi, di migliorare la fruibilità di tali dati, è stato realizzato un sito web<sup>3</sup>, operativo dalla fine del 2002, in cui è possibile visualizzare e scaricare gli elementi fondamentali della Rete ovvero le monografie dei capisaldi di livellazione e dei punti GPS.



Nel 2001-02 è stata anche effettuata una ricognizione generale su tutta la rete al fine di provvedere sia alla sua manutenzione - attraverso il ripristino dei capisaldi scomparsi - sia all'aggiornamento del sistema informativo. In tale occasione la rete è stata ampliata procedendo ad un raffittimento nell'area litoranea con l'inserimento di oltre 200 capisaldi già appartenenti ad altre reti e già oggetto di misura durante la campagna del 1999. Il sistema informativo così aggiornato viene ora reso disponibile in rete per quanto riguarda i suoi elementi costitutivi fondamentali ovvero le monografie dei capisaldi di livellazione e dei punti GPS complete della quota rilevata nel 1999.

Nel 2002, su incarico della Regione, è stato ripetuto il rilievo della sola rete GPS aggiornando così le conoscenze sui movimenti del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai punti della rete stessa.

Nel 2005 ARPA, su incarico della Regione, ha avviato il progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola", che si è sviluppato attraverso 5 successivi stralci finalizzati all'aggiornamento delle conoscenze geometriche relative al fenomeno della subsidenza; obiettivo principale del lavoro è stato quello di fornire un quadro conoscitivo, da un punto di vista geometrico, sull'andamento del fenomeno della subsidenza, relativamente all'intero territorio regionale (circa 11.000 Km<sup>2</sup>). L'indagine si è quindi configurata come l'aggiornamento del primo rilievo della Rete Regionale di Controllo della Subsidenza (1999), che aveva permesso di realizzare la prima carta regionale a curve di ugual velocità di abbassamento del suolo.

<sup>3</sup> <http://goo.gl/bJ2cOK>

L'aggiornamento al 2006 della prima carta è stato realizzato affiancando al metodo classico della livellazione geometrica di alta precisione, il metodo satellitare dell'analisi interferometrica di dati radar S.A.R. (Synthetic Aperture Radar) estesa all'intero territorio di pianura della regione.

La prima tecnica ha come scopo principale quello di prestare un supporto topografico alla seconda tecnica, di tipo satellitare, la quale evidenzia le velocità di movimento verticale del suolo con un grado di discretizzazione molto superiore rispetto alle livellazioni (oltre 100.000 punti).

A tal fine quindi, nel 2005 è stata realizzata la misura di una rete di livellazione - sottoinsieme della Rete Regionale - di circa 1000 Km di sviluppo con oltre 1000 capisaldi.

La rete del 2005 interessa la Provincia di Modena con due direttrici:

- 1) da Reggio Emilia a Ravenna (profilo 5);
- 2) Via Emilia - da Reggio Emilia a Rimini (profilo 4)

Con tratto grigio vengono riportate le linee della rete regionale rilevate nel 1999 e non ripetute nel 2005.

Come si evince dalla figura seguente non ci sono profili di studio che interessino il territorio di San Felice sul Panaro; quello che maggiormente si avvicina e può in qualche modo darci delle indicazioni, è certamente il profilo di abbassamento sulla direttrice da Reggio Emilia a Ravenna (profilo 5), che si colloca grosso modo tra la media e la bassa pianura ed evidenzia abbassamenti marcati in corrispondenza di Carpi - fino a 9 mm/anno nell'area compresa tra Carpi e Limidi; questi abbassamenti risultano paragonabili con la tendenza desumibile dai dati disponibili per il periodo 1992 - 1999. A Limidi gli abbassamenti tornano su valori naturali per poi iniziare a crescere progressivamente: Bomporto (10 mm/anno) in diminuzione, Ravarino (15 mm/anno) in sostanziale continuità rispetto al precedente periodo (1985-1999).

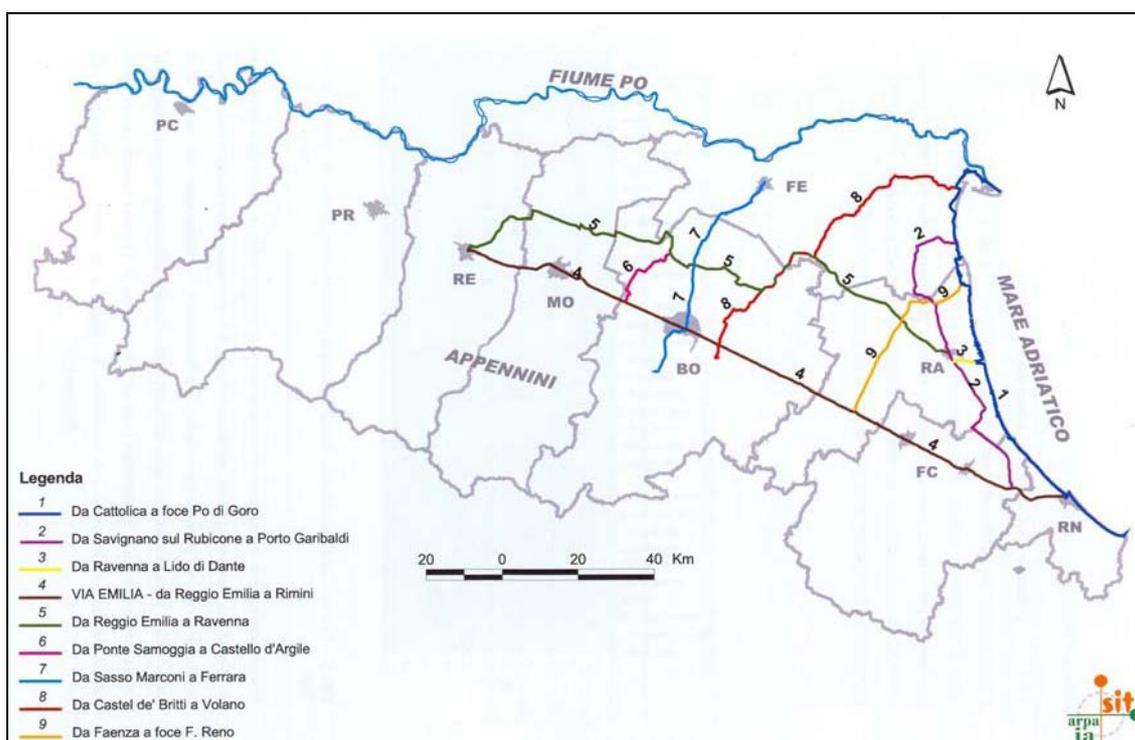


Fig. 11 - Quadro d'unione dei profili di abbassamento (Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna)

Nel 2006 è stata realizzata infine l'analisi interferometrica<sup>4</sup> e sono state compiute, in collaborazione con il DISTART della facoltà d'Ingegneria di Bologna, le operazioni necessarie per la validazione e la messa a punto dei dati radar, al fine del loro concreto utilizzo per la redazione della nuova carta delle velocità di movimento verticale del suolo.

<sup>4</sup> in collaborazione con: TRE-Telerilevamento Europa, spin-off del Politecnico di Milano

In particolare, sulla base della disponibilità dei dati satellitari, sono state realizzate due diverse cartografie a curve isocinetiche: la prima relativa al periodo 1992-2000 (Fig. 12) e la seconda relativa al periodo 2002-2006 (Fig. 13).

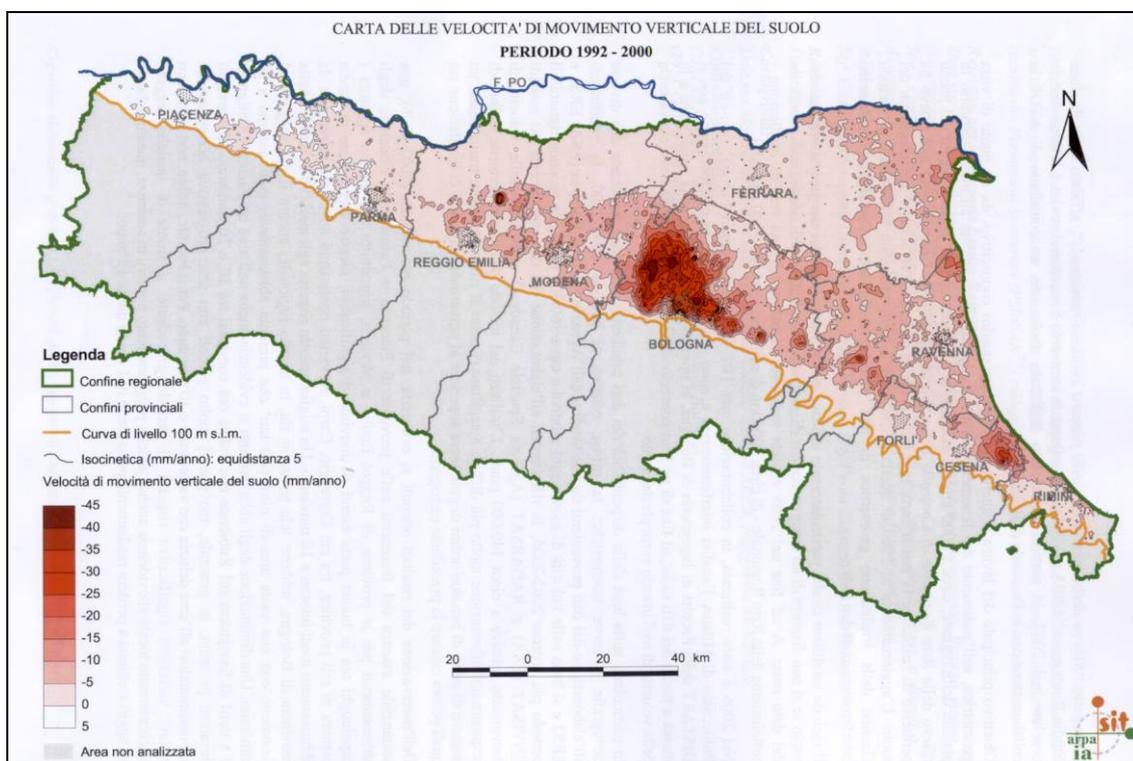


Fig. 12 - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - periodo 1992-2000  
(Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna)

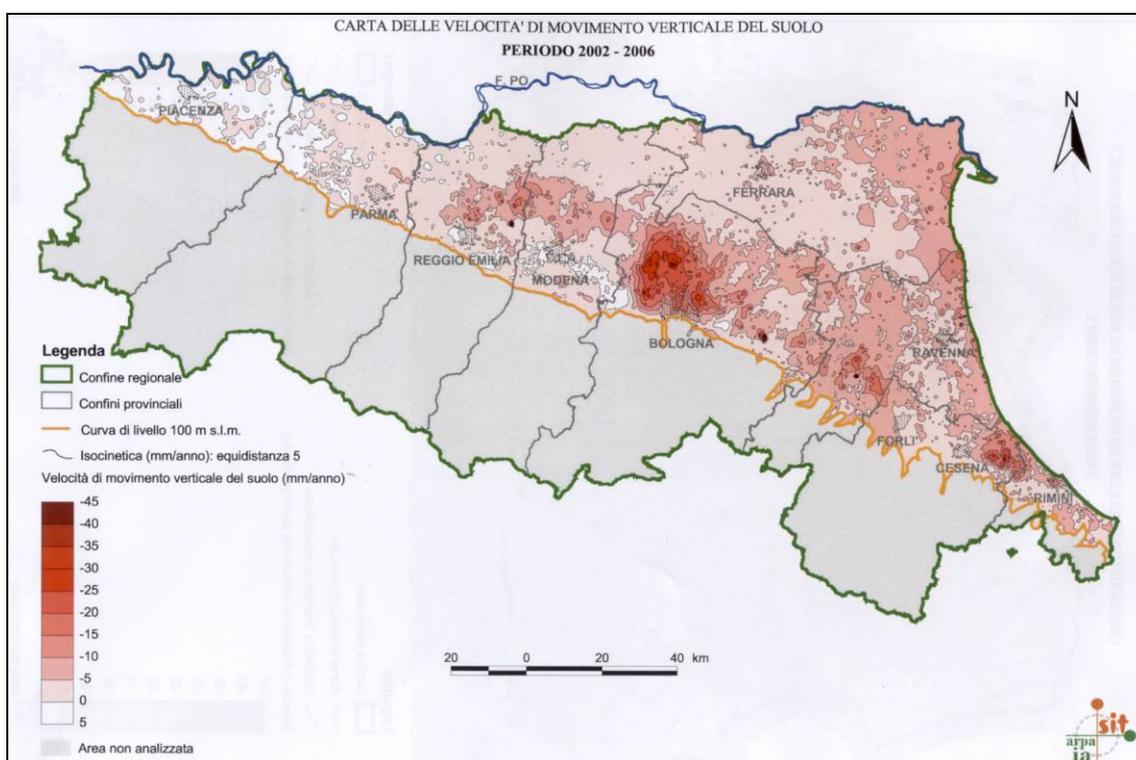
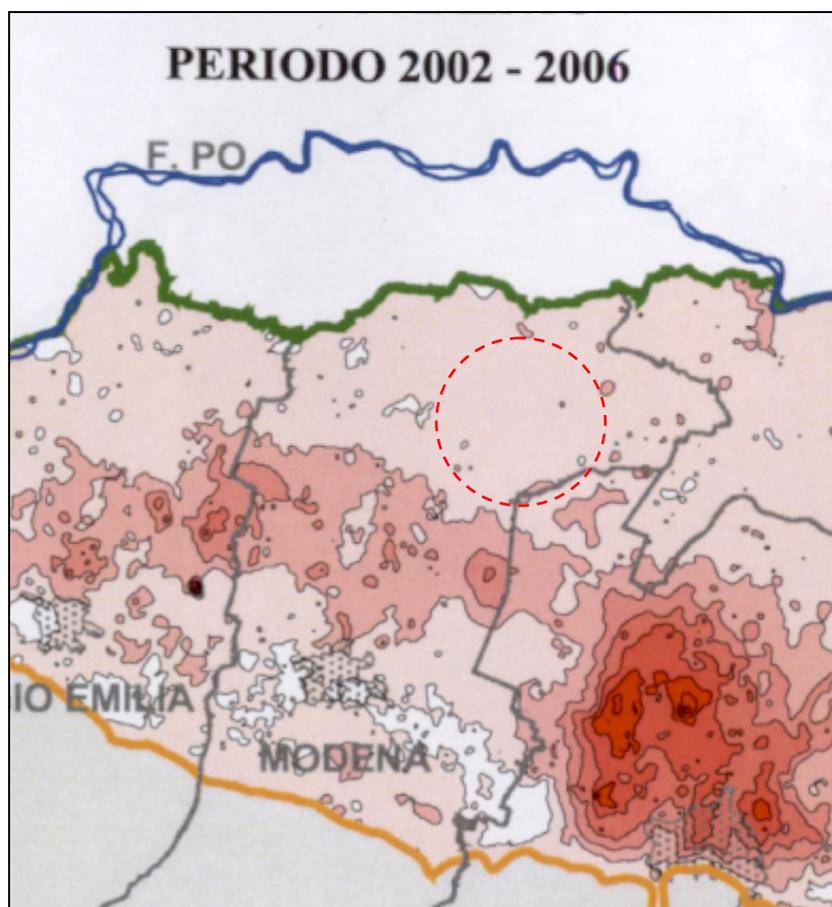


Fig. 13 - Carta delle velocità di abbassamento verticale del suolo - periodo 2002 - 2006  
(Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna)

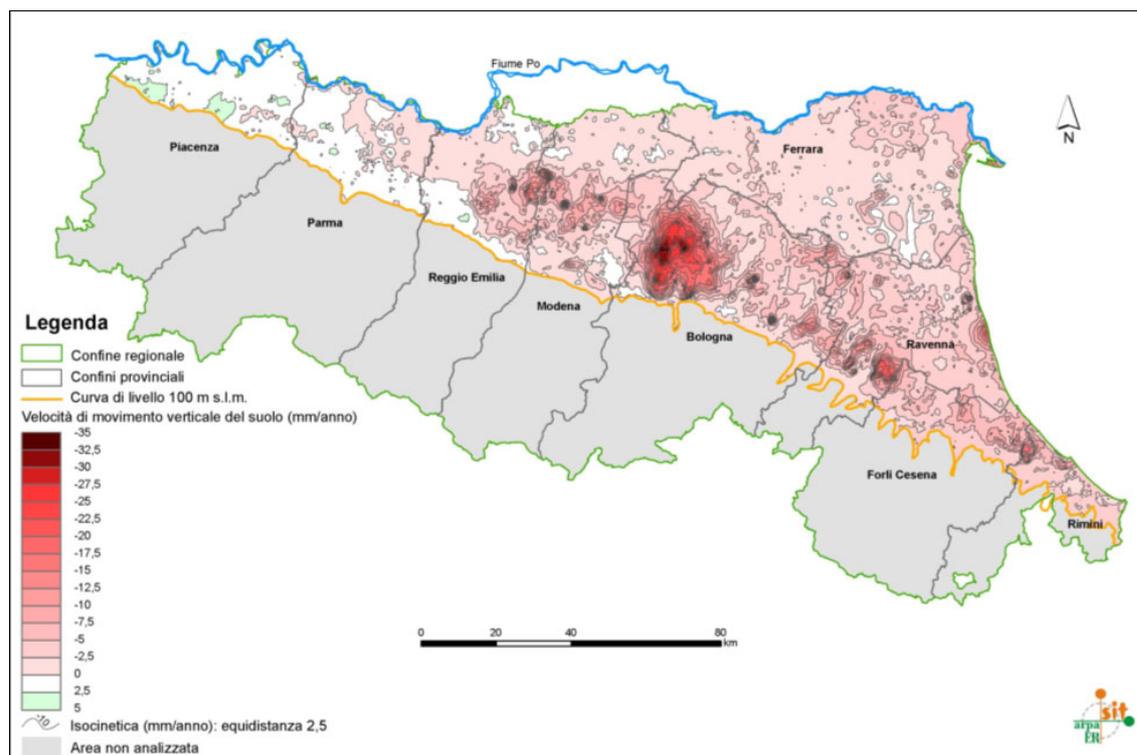
Con riferimento al territorio comunale di San Felice sul Panaro si evidenzia un sostanziale equilibrio con velocità di movimento verticale del suolo pressoché nulla sia nel periodo 1992-2000 che nel periodo 2002-2006.



Nel corso del 2011-12 Arpa su incarico della Regione, Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua e in collaborazione con il Dicam, ha realizzato il progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola" con l'obiettivo di aggiornare le conoscenze sui movimenti verticali del suolo rispetto al precedente rilievo effettuato nel 2006. L'aggiornamento è stato effettuato utilizzando il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari supportato dall'elaborazione di 17 stazioni permanenti GPS, diversamente dal rilievo realizzato nel 2006 in cui, non essendo ancora disponibile un numero sufficiente di stazioni GPS sul territorio regionale, si ricorse, al fine di supportare l'analisi interferometrica, all'ausilio di misure di livellazione di alta precisione, con un aggravio considerevole dei costi.

La combinazione dei due metodi (analisi interferometrica e GPS) ha risposto pienamente ai risultati attesi, ed il suo futuro utilizzo potrà essere ulteriormente affinato considerando il previsto aumento di stazioni GPS sul territorio regionale. Rispetto alla precedente cartografia, si è potuto contare su un numero di punti di misura più che doppio (315.371 contro i precedenti 142.000 punti) e ciò ha determinato un'informazione più capillare e diffusa che si è voluto meglio rappresentare tramite isolinee con passo 2.5 mm/anno, anziché 5 mm/anno come nella precedente cartografia relativa al periodo 2002-2006.

Figura 14 mostra la Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011 realizzata sulla base di analisi interferometrica radar effettuata da T.R.E. - Tele-rilevamento Europa mediante la tecnica SqueeSARTM, algoritmo PSInSARTM di seconda generazione.



**Fig. 14 - Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011 (ARPAE)**

Dall'esame dei risultati ottenuti si evince che la gran parte del territorio di pianura della regione non presenta nel periodo 2006-11 variazioni di tendenza rispetto al periodo 2002-06; circa un terzo della superficie evidenzia una riduzione della subsidenza e appena il 3% un incremento, presente in particolare nel Modenese, Bolognese, Ravennate e Forlivese.

In particolare, in Provincia di Modena si notano nella media pianura abbassamenti compresi tra 5 e 10 mm/anno e alcuni picchi localizzati in prossimità di Carpi e di Soliera con massimi intorno a 30 mm/anno, e a Bomporto e Ravarino con massimi rispettivamente di oltre 20 mm/anno e di oltre 10 mm/anno.

Figura 15 mostra la situazione della subsidenza nel Comune di San Felice in base al più recente monitoraggio<sup>5</sup>. I tratti della rete ed i caposaldi per il monitoraggio sono rappresentati dalle linee e dai punti in verde acceso. In colore verde scuro sono evidenziate le aree in cui si è riscontrata una variazione positiva del livello del suolo, pari a 0-2,5 mm; in colore ocra la variazione è negativa e pari a -2,5-0 mm. Come si vede, gran parte del territorio comunale è in lieve abbassamento, compreso l'intero territorio urbanizzato del Capoluogo. Le uniche porzioni in bilancio positivo risultano il settore occidentale ed alcune limitatissime aree lungo il confine orientale.

<sup>5</sup> <http://goo.gl/JHM38r>

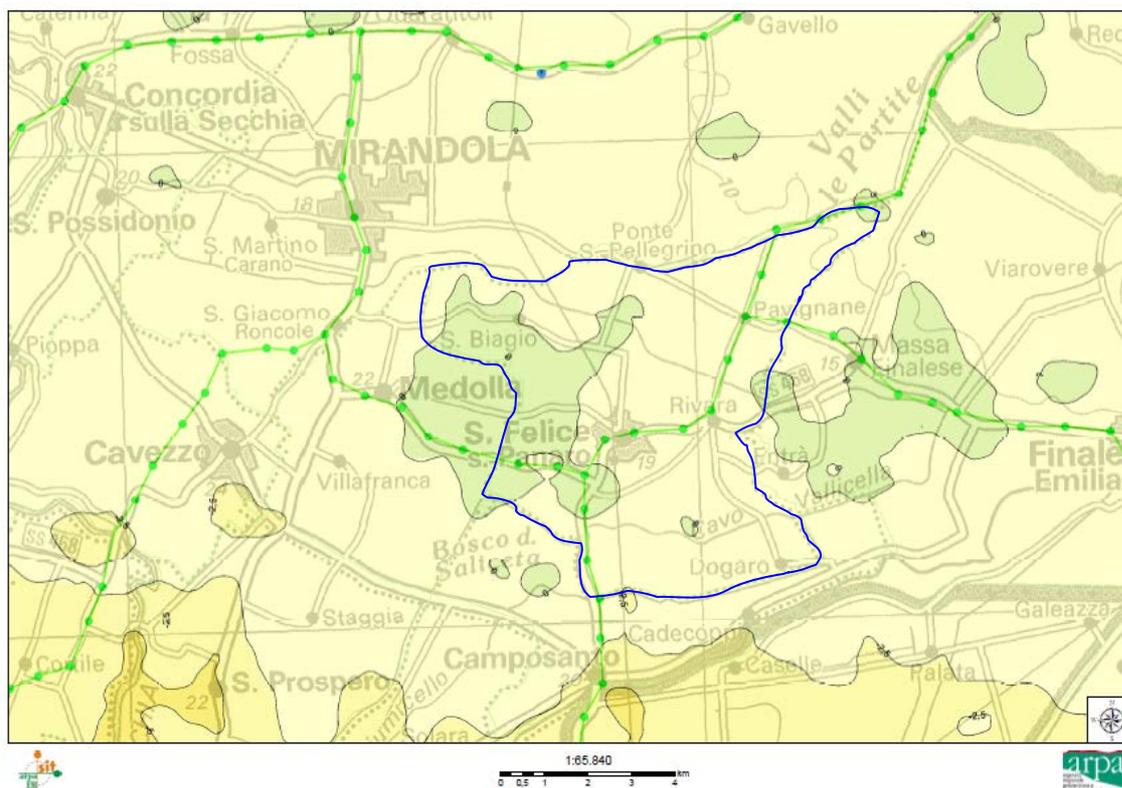


Fig. 15 - Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011 (particolare del territorio comunale di San Felice) (ARPAE)

## 1.5 Neotettonica e sismicità

### 1.5.1 Aspetti normativi

Sotto il profilo normativo, con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20 marzo 2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica", il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha adottato la nuova riclassificazione sismica nazionale con allegate, le nuove normative tecniche per gli edifici, i ponti e le opere di fondazione e di sostegno dei terreni. L'Ordinanza è entrata in vigore dall'8/05/2003, data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale. La mappa della riclassificazione oltre ad aver utilizzato una base dati molto più ampia rispetto a quelle precedenti, presenta anche una più marcata continuità territoriale, che gli deriva dall'utilizzazione, oltre che dei risentimenti storici massimi misurati nei singoli comuni, di leggi di attenuazione, che hanno determinato una maggiore omogeneità dei risultati.

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

La Regione Emilia Romagna con Deliberazione della G.R. N. 1435/2003 del 21.07.2003 ha approvato una nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione, in ottemperanza alla suddetta Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Fig. 16).

Questa nuova classificazione, operante dallo 08.05.2004, conferma quella di cui alla citata Ordinanza.

Il territorio comunale di San Felice sul Panaro, viene classificato in **zona 3**, quindi a bassa sismicità.

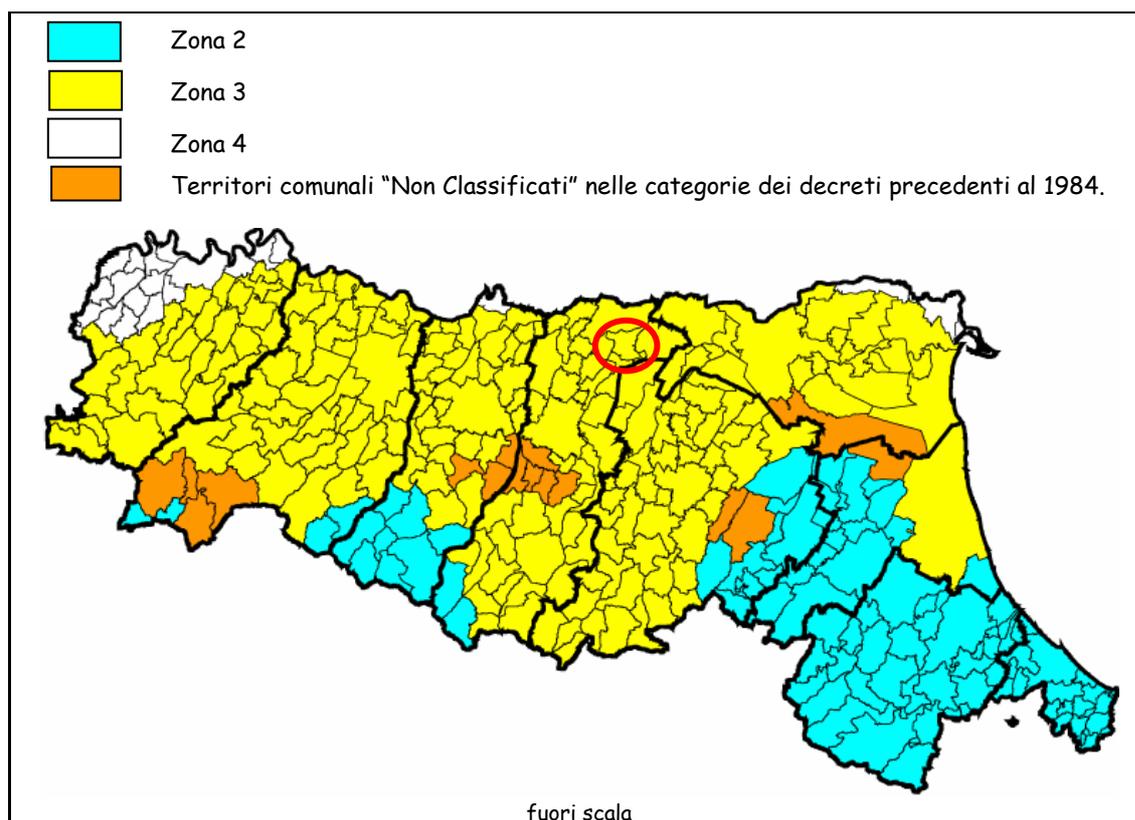


Fig. 16 - Nuova Classificazione Sismica dei Comuni della Regione Emilia Romagna (RER)

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore ( $a_g / g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica. I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI [ $a_g$ ]	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTO DI RISPOSTA ELASTICO [ $a_g$ ]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

Le zone 1, 2, e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025 g.

Le valutazioni di  $a_g$  sono effettuate sulla base di studi di pericolosità sismica condotti su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate. Le valutazioni di  $a_g$  sono calcolate su un sufficiente numero di punti (griglia non inferiore a 0,05°), corredate da stime d'incertezza associata.

Sulla base di queste nuove disposizioni le zone sismiche precedentemente identificate sono state ridefinite e come si può osservare nella Mappa di Pericolosità sismica del Territorio Nazionale riportata nella figura 17, la maggior parte dei comuni della Provincia di Modena sarebbero compresi in zona 2, fanno eccezione alcuni comuni situati nella porzione settentrionale del

territorio provinciale, tra questi il territorio comunale di San Felice sul Panaro che si colloca in una zona di transizione tra la zona 2 e la zona 3.

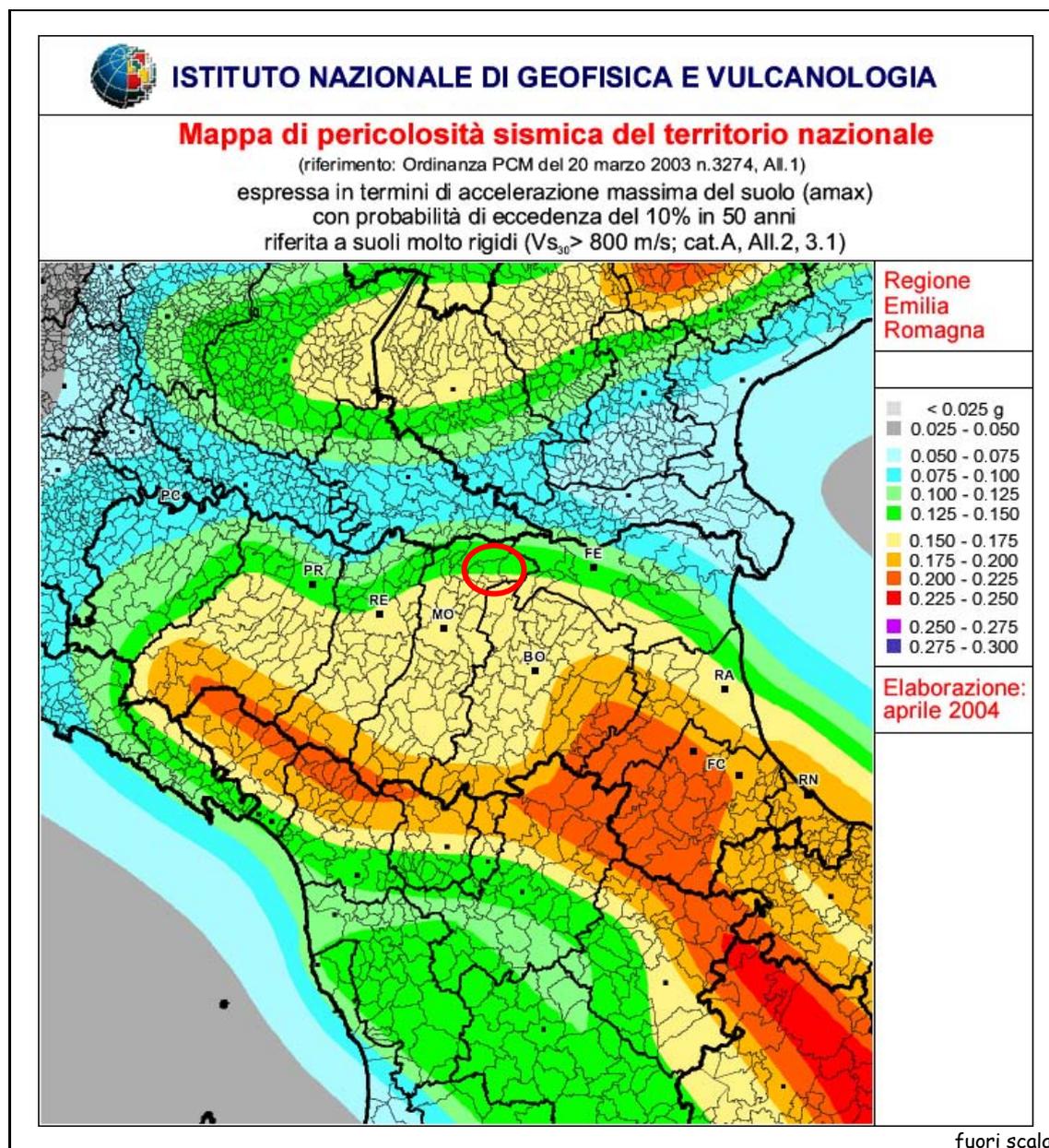


Fig. 17 - Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

L'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base (figura 18)<sup>6</sup> mostra come i range di magnitudo e distanza epicentrale, che maggiormente partecipano al quadro della pericolosità sismica di base del territorio comunale, sono M: 4-6 e D: 0-20 km, con valori medi degli stessi M e D pari, rispettivamente, a 4,97 e 9.51 km (epsilon pari a 0,67).

<sup>6</sup> <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

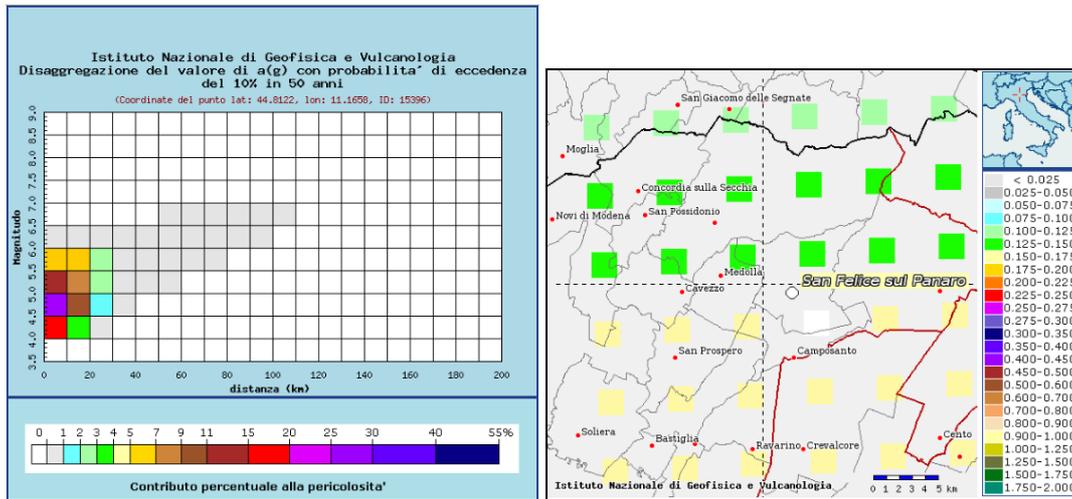


Fig. 18 - Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale di San Felice s/P e disaggregazione della pericolosità sismica di base (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

### 1.5.2 Sismicità storica

Per quanto riguarda la storia sismica della Provincia di Modena, nel "Catalogo dei Terremoti" del CNR, che raccoglie informazioni sui terremoti verificatisi dall'anno 1.000 ad oggi, vengono riportati oltre 500 sismi, di cui solo due (quello del 05/06/1501 e 20/07/1671) sono classificati con un'intensità pari al IX grado della Scala Mercalli.

In pratica Modena e la sua provincia, prima dei recenti eventi sismici del 2012, risultavano essere state interessate da effetti confrontabili al massimo con un VII grado della Scala Mercalli.

In effetti, l'area in esame è caratterizzata da una sismicità storica relativamente moderata, confrontabile con quella di altri settori della pianura padana (ad esempio l'area fra Reggiano e Parmense), ma inferiore ad alcuni settori dell'appennino romagnolo, del versante toscano dell'Appennino tosco-emiliano e decisamente inferiore alle caratteristiche di sismicità dell'Appennino centrale e Meridionale, della Calabria, della Sicilia Orientale e dell'Italia Nord-orientale

Nell'area compresa fra Ferrara e Mirandola sono noti alcuni terremoti di magnitudo prossima a 5.5 sul versante ferrarese (1346, 1561), nell'area di Finale Emilia e Bondeno (1574, 1908, 1986), nel mantovano (1901) e nella zona di Cento (1922). Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, località ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

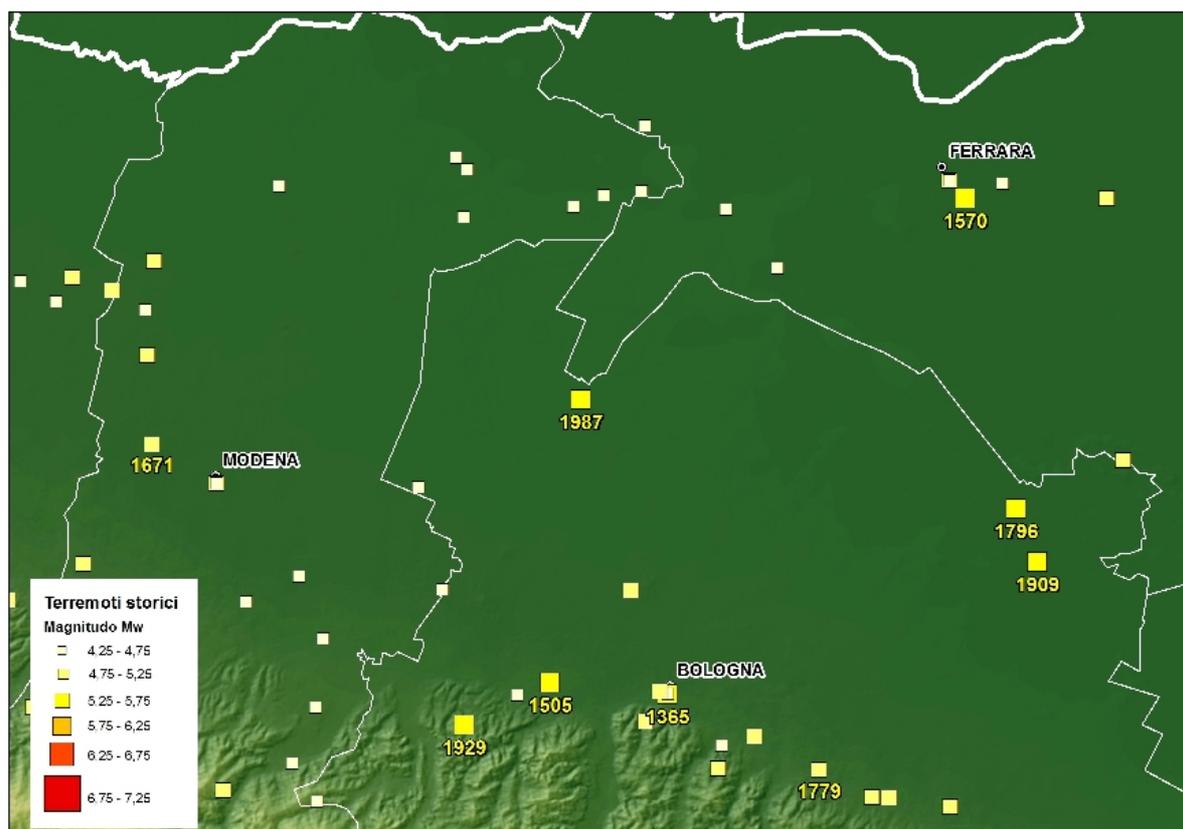


Fig. 19 - Distribuzione della sismicità storica negli ultimi mille anni (Catalogo CPTI11, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>)

La sequenza più importante che interessa storicamente l'area è quella che colpì Ferrara il 17 novembre 1570, quando quattro scosse fortissime provocarono molti danni alla città e a numerose località del circondario, ove furono particolarmente danneggiate chiese e campanili. In città i danni furono gravi sia all'edilizia religiosa che agli edifici pubblici, con diversi crolli parziali e danni strutturali abbastanza diffusi. Danni diffusi si ebbero anche agli edifici ad uso abitativo. Le vittime furono complessivamente alcune decine, ma i dati risultano molto incerti. La sequenza fu molto complessa e si ebbero numerose repliche fino ai primi mesi del 1572, con qualche ulteriore scossa nei due anni successivi fino a quella un po' più forte che il 17 marzo 1574 produsse qualche danno a Finale Emilia.

Nel settore più sud-orientale l'evento principale è rappresentato dal terremoto del 19 marzo 1624 (Mw 5.5) che produsse danni molto gravi nella località di Argenta (VIII-IX MCS), dove gli effetti furono certamente amplificati dalle condizioni di sito.

Sia in occasione della sequenza del 1570 che per il terremoto del 1624 le fonti coeve riferiscono diversi episodi di effetti di liquefazione.

Si riporta nella tabella seguente l'elenco degli eventi sismici più significativi per l'area di San Felice sul Panaro, localizzati nel territorio provinciale o nelle immediate vicinanze e risentiti nella zona, in alcuni casi anche con danni.

Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw		
6	1796 10 22 04:00	Emilia orientale	27	7 5.61 ±0.36		
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09		
6	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23		
5-6	1910 03 22 23:29	Bassa modenese	15	5 4.30 ±0.34		
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09		
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13		
5	1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5 4.22 ±0.22		
4-5	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7 5.14 ±0.34		
4-5	1970 11 02 08:42	Bassa modenese	3	4-5 4.09 ±0.34		
4	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15		
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09		
4	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10		
3	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09		
2	1898 01 16 12:10	Romagna settentrionale	73	6-7 4.79 ±0.33		
NF	1900 03 04 16:55	VALDOBBIADENE	98	6-7 5.13 ±0.14		
NF	1907 04 25 04:52	Veronese	122	6 4.91 ±0.15		
NF	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09		
NF	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12		
NF	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17		
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09		

tab. 3 - Storia sismica di San Felice dal database macrosismico italiano 2011 (DBMI11) dell'INGV.

Ad essi debbono essere necessariamente aggiunti i due eventi sismici che hanno interessato la bassa modenese, reggiana, mantovana e ferrarese nei mesi di maggio-giugno 2012. I due *main shock* sono stati registrati il 20 e il 29 maggio, con epicentro rispettivamente nelle Valli Le Partite a NE di San Felice e a Medolla. Le intensità macrosismiche risentite a San Felice sono state in entrambi i casi classificabili nel VII grado della scala MCS.

### 1.5.3 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di un'area può essere suddivisa in una pericolosità di base ed in una pericolosità locale, data da aspetti locali del territorio.

La sismicità di base di un'area, dipende dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti, aspetti che vengono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e che sono presi in considerazione per definire le zone della classificazione sismica nazionale. Da tali caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono valutate le caratteristiche locali ed il territorio è considerato uniforme, cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S è maggiore di 800 m/s ("Suolo A" dell'Eurocodice 8, dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni").

L'analisi neotettonica di un'area si esegue attraverso l'esame di una serie innumerevole di dati di natura geologica, morfoneotettonica, idrogeologica, e idrochimica, che concorrono a definire il regime tettonico di una zona, con l'individuazione di strutture geologiche rilevanti, per giungere eventualmente alla definizione del loro potenziale sismogenetico.

Sono già state precedentemente descritte le zone strutturalmente rilevanti, che caratterizzano la Pianura Padana, nel settore occupato dal territorio comunale di San Felice. In particolare, il territorio della Provincia di Modena si sviluppa sostanzialmente a cavallo di una zona in sollevamento, rappresentata dalla catena appenninica (margine pedeappenninico poco a sud di Castelfranco Emilia) e di una zona in subsidenza, quella della pianura, corrispondente alla Pianura

Padana; entrambe costituiscono settori che sono stati interessati da movimenti tettonici nel passato e tuttora in atto, come testimoniano le ricostruzioni stratigrafiche strutturali del Quaternario, la deposizione granulometrica dei depositi superficiali, l'andamento morfologico e l'evoluzione della rete idrografica.

Tali zone risultano infine separate da una fascia pedecollinare, sede di movimenti alterni.

Uno dei margini maggiormente attivi è sicuramente rappresentato dal margine pedeappenninico, che presenta un'evoluzione geodinamica inquadrabile in un unico regime tettonico, soprattutto quello a sud di Modena, dove le faglie trasversali, con componente trascorrente, dei fiumi Secchia e Panaro, si mostrano con maggior risalto; l'attività sismogenetica maggiore è collegata con meccanismi tettonici di accorciamento nella zona del fronte di accavallamento delle Liguridi, delle Epiliguridi e delle Unità Toscane. Tale fronte, in parte sepolto, ma anche a tratti emerso, presenta anche in campagna segni di tettonica attiva e recente, deformante anche i depositi quaternari. La fascia di montagna si può dividere in due subaree: l'una corrispondente alla collina ed alla media montagna, che presenta scarsa attività sismica e l'altra corrispondente alla zona di alta montagna con attività sismica di magnitudo anche elevata. Gli eventi sismici di tale zona hanno carattere tensionale e costituiscono il propagarsi dell'attività tettonica distensiva del sistema del versante tirrenico con faglie immergenti sia verso il Tirreno che verso la Pianura Padana.

Probabili dislocazioni recenti sono segnalabili anche nella bassa Pianura (Pellegrini M., 1976), in comune di Correggio, in corrispondenza del centro abitato; le cause di tale fenomeno non sono però ancora del tutto chiare ed inoltre non si hanno segni evidenti di una frattura del terreno. Risulta però chiaramente la presenza di una ridotta striscia di territorio caratterizzata da sensibili variazioni del gradiente della subsidenza (A. Gubellini, P. Russo: *Controllo di una faglia nell'abitato di Correggio*).

Altre manifestazioni tettoniche recenti sarebbero state evidenziate nelle aree di Massa Finalese e Mirandola, poco distanti dal territorio comunale.

Le aree descritte rappresentano quindi le zone con il maggior potenziale sismo-genetico; a tale proposito si rileva che nel margine appenninico, a sud-ovest di Modena, si sono verificati sismi con intensità massima, in tempi storici, del IX grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), mentre tra le città di Parma e Reggio Emilia la massima intensità rilevata è stata pari all'VIII grado della scala MCS.

Anche per quanto riguarda la zona della dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e Poggio Rusco, le massime intensità riscontrate risultano del VII grado della scala MCS e sono in gran parte collegate ad eventi con epicentri prossimi ai bordi nord-ovest e sud-est dell'alto strutturale.

Sulla base dei dati bibliografici a disposizione, l'area di studio sembrerebbe quindi ricadere in una zona discretamente sismica, anche se la scarsità di dati anteriori al 1900 rende poco significativa la casistica considerata; quello che emerge è comunque un territorio tettonicamente attivo, potenzialmente sismico, con sismicità debole o media, accertata a partire dal 1900, in cui probabilmente l'attività sismica non raggiungerà mai intensità catastrofiche, dal momento che l'energia accumulata nel sottosuolo tende ad essere liberata gradualmente, con movimenti lenti, inavvertibili ma continui ed eventualmente con sismi di bassa e media intensità (Gasperi e Pellegrini, 1981).

#### **1.5.4 Pericolosità sismica locale e microzonazione sismica**

Accanto ad una sismicità di base, la sismicità di un'area risulta caratterizzata da una sismicità locale, in quanto il moto sismico in superficie può essere influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali; in particolare alcune forme e depositi del paesaggio possono amplificare il moto sismico e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più importanti ed efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e quindi un'azione indispensabile per la prevenzione e riduzione del rischio sismico, dal momento che fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggior pericolosità sismica.

L'operatività della classificazione sismica di tutto il territorio regionale, sia pure in via di prima applicazione, a far data dal 23.10.2005, comporta significativi effetti per quanto riguarda i contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, in merito al compito di concorrere alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

A tal riguardo l'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna, con delibera di Giunta Regionale nr. 112 del 2007, ha approvato l'atto di indirizzo "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", sono stati forniti i criteri per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio, che dovranno essere osservati dalle Amministrazioni provinciali e comunali della Regione nell'elaborazione della propria strumentazione territoriale ed urbanistica.

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La **prima fase** è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La **seconda fase** ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato con due livelli di approfondimento (analisi semplificata, 2° livello di approfondimento e analisi approfondita, 3° livello di approfondimento); l'analisi deve essere condotta almeno per le aree già urbanizzate o indicate come suscettibili di urbanizzazione, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella 1° fase.

Nell'analisi del 2° livello devono essere indagate:

- a) le *aree pianeggianti* e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$  in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;
- b) un'analisi più approfondita (III livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi:
  - *aree soggette a liquefazione e densificazione;*
  - *aree instabili e potenzialmente instabili;*
  - *aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
  - *aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

Con specifico riferimento alla seconda fase, si sottolinea che gli studi di Microzonazione Sismica (MS) consentono di caratterizzare il territorio in base alla risposta sismica locale, cioè al comportamento del terreno durante e dopo il terremoto, individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo, distinguendo tra zone stabili, zone suscettibili di amplificazione del moto sismico e zone soggette a instabilità, quali frane, fratturazioni superficiali e liquefazioni; la MS fornisce quindi la perimetrazione delle zone suscettibili di amplificazione e liquefazione, quantificandone gli effetti e suddividendo il territorio in zone a diversa pericolosità sismica, permette di indirizzare le scelte urbanistiche verso le aree a minore pericolosità sismica o programmare gli interventi in maniera consapevole, tenendo nella dovuta considerazione il comportamento del terreno durante e dopo il sisma (risposta sismica locale attesa).

La microzonazione sismica (MS) è quindi la suddivisione del territorio in base al comportamento del terreno durante un sisma e permette di riconoscere le aree suscettibili di amplificazione del moto sismico e di eventuali instabilità.

La quantificazione degli effetti di sito richiede necessariamente la conoscenza dei risultati dello studio di pericolosità sismica di base, nonché di dati relativi alle caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche del sito oggetto di studio.

Gli effetti locali comprendono:

- l'amplificazione o deamplificazione litostratigrafica;
- l'amplificazione o deamplificazione topografica.

Questa seconda fase è stata elaborata dalla R.E.R., in seguito agli eventi sismici dello scorso maggio 2012, sulla base dell' Ordinanza n. 70/2012 emanata dal presidente della Regione Emilia Romagna, in qualità di Commissario delegato, che ha stabilito l'esecuzione della microzonazione sismica nei territori più colpiti dai terremoti del 20 e 29 maggio 2012, vale a dire quelli in cui sono stati osservati diffusi effetti di intensità macrosismica  $\geq 6$ ; tra questi è compreso anche il comune di San Felice sul Panaro.

Di seguito si riporta una carrellata dei diversi studi eseguiti per il territorio comunale, dai diversi strumenti di pianificazione, che si sono susseguiti nel tempo con diversi livelli di approfondimento.

#### **1.5.4.1 Primo livello di approfondimento - Studi di microzonazione sismica della Provincia di Modena (2009)**

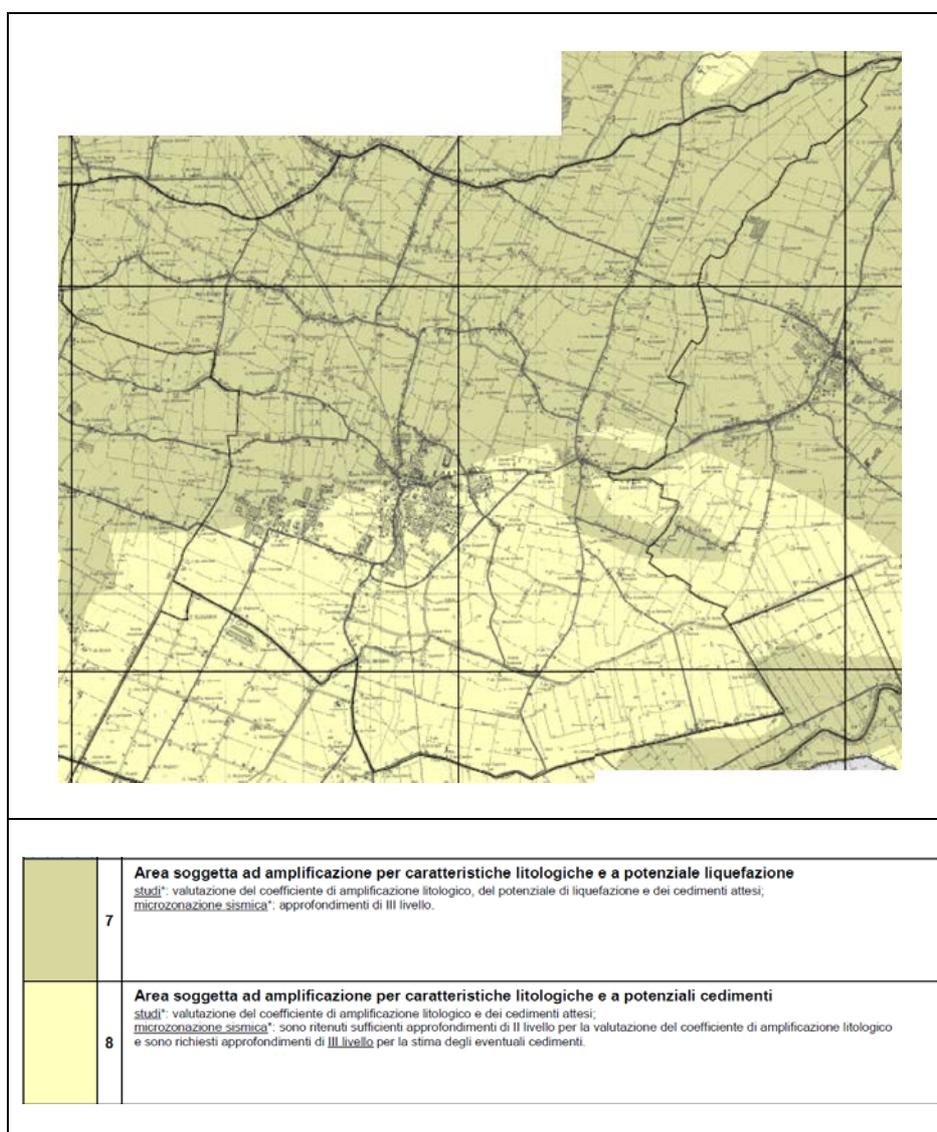
In ottemperanza alle prescrizioni della Legge Regionale n. 20/2000 - che stabilisce che nei territori regionali individuati come zone sismiche gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione e alla prevenzione del rischio sismico e orientano le proprie scelte verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico - e della Legge Regionale n. 19/2008, "Norme per la riduzione del rischio sismico" - che invece stabilisce come i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali, debbano fornire indicazioni per attuare la riduzione del rischio sismico sulla base di conoscenze della pericolosità del territorio provinciale, definendo ambiti, limiti e condizioni per la realizzazione degli interventi di trasformazione del territorio -, nel 2009 la Provincia di Modena, all'interno del Quadro Conoscitivo della Variante Generale al PTCP<sup>7</sup>, ha effettuato una analisi di microzonazione sismica di I livello sulla base degli indirizzi

---

<sup>7</sup> PTCP 2009 - Quadro Conoscitivo - Relazione (Approvato con Delibera di Consiglio Provinciale n° 46 del 18 marzo 2009)

regionali di cui sopra, producendo la "Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali" (Tav. 2.a.2 e 2.a.5) in scala 1:25.000, la Carta dei "depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie" (Tav. 3.1) in scala 1:50.000 e nella carta di Piano "Rischio sismico: Carta delle aree suscettibili di effetti locali" in scala 1:25.000 (Tav. 2.2.a.2 e 2.2.a.5) di cui nella figura seguente si riporta uno stralcio; dall'immagine risulta come il territorio comunale di San Felice sia sostanzialmente suddiviso in due zone principali con effetti attesi differenti:

- 1) per quella centro-meridionale, che interessa anche la maggior parte del territorio edificato del Capoluogo, sono previsti amplificazione litostratigrafica e potenziali cedimenti post-sismici per cui risultano necessari, rispettivamente, approfondimenti di II e di III livello negli studi di microzonazione sismica delle successive fasi di pianificazione (PSC, POC, PUA);
- 2) per quella centro-settentrionale sono previsti amplificazione litostratigrafica e potenziali fenomeni di liquefazione per cui risultano necessari, per entrambi, approfondimenti di III livello negli studi di microzonazione sismica delle successive fasi di pianificazione (PSC, POC, PUA).



**Fig. 19 - Estratto Tavola 2.2 a.3 - Carte delle Sicurezze del Territorio, Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali (Provincia di Modena - PTCP 2009)**

#### 1.5.4.2 Secondo livello di approfondimento - Studi di microzonazione sismica del PSC del Comune di San Felice (2009)

Nel 2009, il Piano Strutturale Comunale (PSC), attuando gli indirizzi previsti dalla pianificazione sovraordinata, ha approfondito ed integrato, ad una scala di maggior dettaglio, la cartografia provinciale del rischio sismico; pertanto, nella cartografia di livello comunale sono state perimetrate, con maggior dettaglio, le parti del territorio caratterizzate da differenti scenari di pericolosità sismica locale.

La cartografia di microzonazione sismica comunale, inoltre, ha definito, per le parti del territorio (susceptibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato) maggiormente esposti a pericolosità sismica, indirizzi e prescrizioni necessari alla progettazione attuativa/operativa assegnata al RUE e al POC.

I risultati dello studio sono integralmente riportati nell'elaborato "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario di San Felice sul Panaro (2009); di seguito si riporta una sintesi degli studi, conoscenze ed elaborati eseguiti in quella sede.

Per le valutazioni sulla pericolosità sismica locale del territorio del Comune di San Felice s/P, si era fatto riferimento alla dettagliata cartografia geomorfologica, litologica, piezometrica e geologica, contenuta nello studio geologico del QC, alle informazioni di carattere strutturale contenute nella reazione descrittiva ai dati ed alle informazioni acquisiti in occasione di indagini di settore o per la predisposizione di strumenti di pianificazione, sia regionale, sia provinciale; in particolare:

- lo "Studio della pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia" realizzato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia (2001);
- la cartografia contenuta nel QC del PTCP della Provincia di Modena (2009).

A tali informazioni già disponibili, si erano aggiunte quelle derivate da una apposita campagna geognostica eseguita da Intergeo nel mese di Luglio 2008 (prove penetrometriche, si veda sezione precedente) e dallo Studio CentroGeo nel mese di agosto 2008 (indagini sismiche Re.Mi e HVSR); in particolare, in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale: D.M. 14/01/2008 e della Delibera dell'Assemblea Legislativa R.E.R. n° 112 del 02-03-2007; per determinare i principali parametri meccanici dei terreni presenti ed i parametri fondamentali per la caratterizzazione sismica degli ambiti comunali soggetti alle analisi di microzonazione sismica, erano state eseguite:

- 12 prospezioni geofisiche con metodo sismico passivo Refraction Microtremor (Re.Mi.), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.
- 7 acquisizioni di microtremori ambientali elaborati con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o metodo di Nakamura)
- 16 prove penetrometriche statiche CPT.

Tali indagini erano state eseguite in corrispondenza di ambiti che il PSC individuava idonei per la localizzazione di nuovi insediamenti residenziali e produttivi, si rimanda agli elaborati originali per la consultazione delle ubicazioni delle indagini.

Per ottimizzare le risorse a disposizione le indagini erano state collocate in corrispondenza di zone che una prima analisi geomorfologica e litotecnica, eseguita sui dati disponibili, avevano fatto ritenere o poco indagate o caratteristiche di ambiti più vasti.

Le prove penetrometriche sono riportate nel successivo paragrafo 1.6.1.

### 1.5.4.1.1 Le Indagini

#### a. Prospezioni Refraction Microtremor (Re.Mi.)

Per la consultazione delle metodologie di prova, dei risultati ottenuti e dei relativi diagrammi di elaborazione, si rimanda ai contenuti della Relazione di "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario di San Felice (2009) e delle schede "indagine Re.Mi." allegate, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

Di seguito vengono riportati in modo schematico i risultati ottenuti.

<b>Stendimento sismico ReMi 1</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 2,5	120
2,5 ÷ 7,7	150
7,7 ÷ 12,9	310
12,9 ÷ 15,7	170
15,7 ÷ 41,3	350
41,3 ÷ 50	470

<b>Stendimento sismico ReMi 2</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 5,4	140
5,4 ÷ 10,8	215
10,8 ÷ 12,0	180
12,0 ÷ 19,2	290
19,2 ÷ 34,0	285
34,0 ÷ 51,2	470
51,2 ÷ 60	575

<b>Stendimento sismico ReMi 3</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 2,9	110
2,9 ÷ 8,1	170
8,1 ÷ 9,6	360
9,6 ÷ 14,5	310
14,5 ÷ 35,7	390
35,7 ÷ 54,8	360
54,8 ÷ 60	530

<b>Stendimento sismico ReMi 4</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 0,7	55
0,7 ÷ 2,9	130
2,9 ÷ 8,0	190
8,0 ÷ 14,6	340
14,6 ÷ 19,0	160
19,0 ÷ 32,4	400
32,4 ÷ 52	470
52 ÷ 70	540

<b>Stendimento sismico ReMi 5</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 1,3	60
1,3 ÷ 7,0	160
7,0 ÷ 8,3	230
8,3 ÷ 13,4	205
13,4 ÷ 19,6	260
19,6 ÷ 42,2	350
42,2 ÷ 70	560

<b>Stendimento sismico ReMi 6</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 2,3	105
2,3 ÷ 7,0	140
7,0 ÷ 16,2	300
16,2 ÷ 31,5	440
31,5 ÷ 56	290
56 ÷ 60	540

<b>Stendimento sismico ReMi 7</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 1,9	135
1,9 ÷ 2,8	110
2,8 ÷ 3,9	120
3,9 ÷ 7,4	190
7,4 ÷ 8,7	380
8,7 ÷ 18,0	250
18,0 ÷ 27,3	400
27,3 ÷ 44	375
44 ÷ 50	585
<b>Stendimento sismico ReMi 9</b>	

<b>Stendimento sismico ReMi 8</b>	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 4,7	120
4,7 ÷ 15,8	230
15,8 ÷ 23,5	390
23,5 ÷ 30,2	210
30,2 ÷ 60	490
<b>Stendimento sismico ReMi 10</b>	

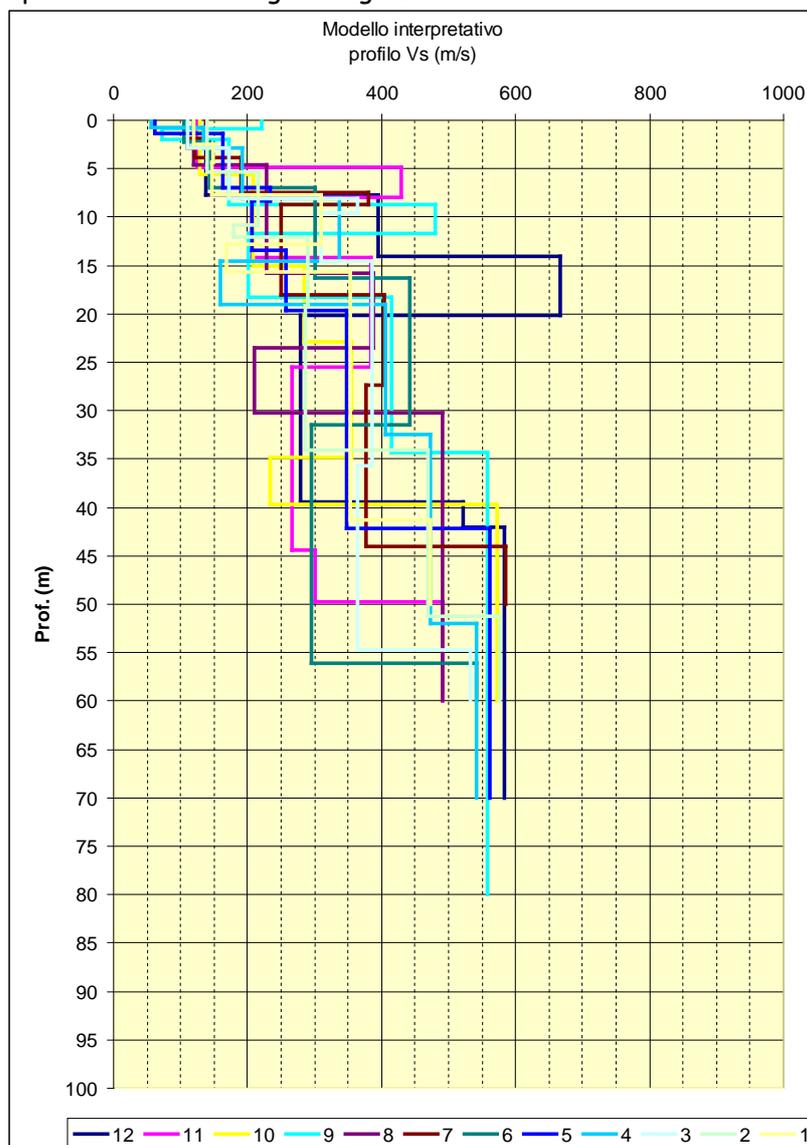
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 0,9	220
0,9 ÷ 2,0	70
2,0 ÷ 8,7	170
8,7 ÷ 11,6	480
11,6 ÷ 18,3	200
18,3 ÷ 34,3	410
34,3 ÷ 80	560

Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 5,5	130
5,5 ÷ 15,0	210
15,0 ÷ 22,9	280
22,9 ÷ 34,8	355
34,8 ÷ 39,7	230
39,7 ÷ 60	570

Stendimento sismico ReMi 11	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 4,8	125
4,8 ÷ 8,0	430
8,0 ÷ 14,1	205
14,1 ÷ 25,5	380
25,5 ÷ 44,5	265
44,5 ÷ 49,7	300
49,7 ÷ 60	490

Stendimento sismico ReMi 12	
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0,0 ÷ 7,7	140
7,7 ÷ 14,0	390
14,0 ÷ 20,2	670
20,2 ÷ 39,4	280
39,4 ÷ 42	520
42 ÷ 70	585

I risultati sono riportati anche nel seguente grafico:



I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate hanno permesso di evidenziare come i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota del piano fondale degli edifici (considerato approssimativamente in 1,0 m p.c.) fossero contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{s30}$  come di seguito riportati:

ReMi 1	$V_{s30} = 242 \text{ m/s}$
ReMi 2	$V_{s30} = 232 \text{ m/s}$
ReMi 3	$V_{s30} = 272 \text{ m/s}$
ReMi 4	$V_{s30} = 253 \text{ m/s}$
ReMi 5	$V_{s30} = 235 \text{ m/s}$
ReMi 6	$V_{s30} = 272 \text{ m/s}$
ReMi 7	$V_{s30} = 258 \text{ m/s}$
ReMi 8	$V_{s30} = 227 \text{ m/s}$
ReMi 9	$V_{s30} = 242 \text{ m/s}$
ReMi 10	$V_{s30} = 229 \text{ m/s}$
ReMi 11	$V_{s30} = 253 \text{ m/s}$
ReMi 12	$V_{s30} = 268 \text{ m/s}$

Dalle parametrizzazioni sopra esposte risultava che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, erano attribuibili a:

- **Categoria C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

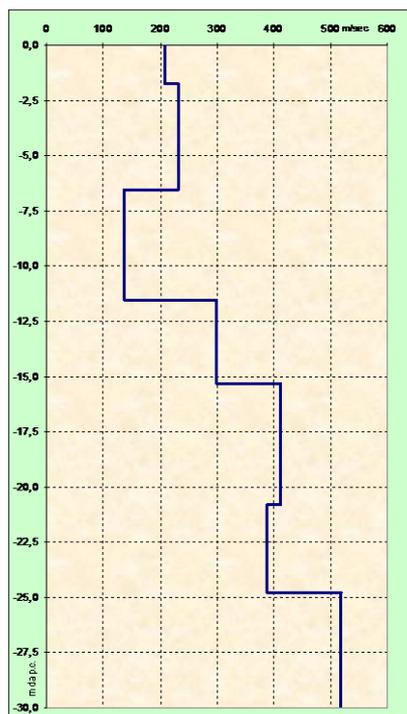
#### b. *Indagine MASW esistente*

Era stata utilizzata anche una indagine MASW eseguita in altra occasione, la cui ubicazione è anch'essa riportata sulle tavole della "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC di San Felice (2009).

L'analisi delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore  $V_{s30}$  per la sezione indagata.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-1,7	1,7	208
-6,5	4,8	232
-11,5	5,0	135
-15,3	3,8	298
-20,8	5,5	412
-24,8	4,0	389
-30,0	5,2	518

Il valore  $V_{s30}$  era risultato essere 267 m/sec, in linea con i dati ottenuti nella campagna geognostica condotta eseguendo verticali sismiche ReMi.



*diagramma velocità Vs/profondità*

### **c. Analisi dei microtremori con tecnica HVSR**

Nei siti 3, 4, 5, 7, 8, 12 (cfr. "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC di San Felice - 2009) si era svolta un'acquisizione di microtremori ambientali mediante un sismometro SR04MT/S3 ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 2,0 Hz di frequenza propria.

I risultati ottenuti sono schematicamente riportati di seguito:

#### **Acquisizione HVSR 3**

Dall'esame dei dati risulta un lieve picco di amplificazione alla frequenza di 5,5 Hz. Per frequenze inferiori a 1,5 Hz si osserva un deciso incremento dei fattori di amplificazione che presentano un picco di amplificazione massimo alla frequenza di 0,6 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

5,5 e 0,6 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **Acquisizione HVSR 4**

Dall'esame dei dati non risultano evidenti picchi di amplificazione tra 1,5 e 20 Hz. Per frequenze inferiori si osserva un deciso incremento dei fattori di amplificazione che presentano un picco di amplificazione massimo alla frequenza di 0,8. Successivamente questi tendono a decrescere, identificando comunque lievi picchi alle frequenze di 0,4 e 0,17 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

0,8, 0,4 e 0,12 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **Acquisizione HVSr 5**

Dall'esame dei dati risultano moderati picchi di amplificazione alle frequenze di 5 ed 11 Hz. Per frequenze inferiori a 2 Hz i fattori di amplificazione incrementano notevolmente raggiungendo il massimo tra 0,5 e 0,8 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

1 e 11 Hz e comprese tra 0,5 ÷ 0,8 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **Acquisizione HVSr 7**

Dall'esame dei dati, tra 2 e 10 Hz risulta un lieve picco di amplificazione alla frequenza di 5 Hz. Per frequenze inferiori a 2 Hz si osserva un deciso incremento dei fattori di amplificazione che presentano un picco di amplificazione massimo alla frequenza di 0,6 Hz. Successivamente questi tendono a decrescere, identificando comunque un ulteriore lieve picco alla frequenza di 0,17 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

5, 0,6 e 0,17 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **Acquisizione HVSr 8**

Dall'esame dei dati, tra 2 e 10 Hz non risultano evidenti picchi di amplificazione. Per frequenze inferiori a 2 Hz si osserva un deciso incremento dei fattori di amplificazione che presentano un picco di amplificazione massimo alla frequenza di 0,6 Hz ed un picco secondario alla frequenza di 1,5 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

1,5 e 0,6 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **Acquisizione HVSr 12**

Dall'esame dei dati, tra 2 e 10 Hz risulta un moderato picco di amplificazione alla frequenza di 7 Hz. Per frequenze inferiori a 2 Hz si osserva un deciso incremento dei fattori di amplificazione che presentano un picco di amplificazione massimo alla frequenza di 0,6 Hz.

In fase di progettazione esecutiva è quindi necessario accertare che le strutture non abbiano frequenze di vibrazione proprie corrispondenti a:

7,0 e 0,6 Hz

al fine di evitare effetti di doppia risonanza terreno - struttura.

#### **1.5.4.1.1 Le Elaborazioni**

Lo studio eseguito con la "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario, ha prodotto le cartografie descrittive della pericolosità sismica locale, individuando le parti del territorio caratterizzate da elementi che possono generare effetti di amplificazione locale del segnale sismico.

In particolare sono state elaborate le seguenti cartografie:

- Tavola PSC/S.T1 "Aree suscettibili ad effetti locali", nella quale sono riportati i principali elementi e caratteristiche del territorio che concorrono a definire la pericolosità sismica locale;
- Tavola PSC/S.T2 "Valutazione della pericolosità sismica locale - fattori di Amplificazione";
- Tavola PSC/S.T3 "Carta degli effetti attesi - zonazione sismica";

- Tavola PSC/S.T4 "Valutazione della pericolosità sismica locale - Sintesi ai sensi della DAL RER 112/2007.

Tali cartografie superavano con i loro contenuti, quelli della Tavola QC.5/t5 "Pericolosità sismica locale - effetti di sito" elaborata nell'ambito della prima stesura del QC del PSC nell'Ottobre 2006; tale cartografia viene pertanto eliminata dalle cartografie del QC a corredo della presente relazione.

Nella Tavola delle "Aree suscettibili ad effetti locali" (TAVOLA PSC/S.T1), sono riportati i principali elementi e caratteristiche del territorio che concorrono a definire la pericolosità sismica locale nel comune di San Felice s/P.

Sono state individuate aree omogenee così caratterizzate:

1. Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti.
2. Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti;
3. Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti.

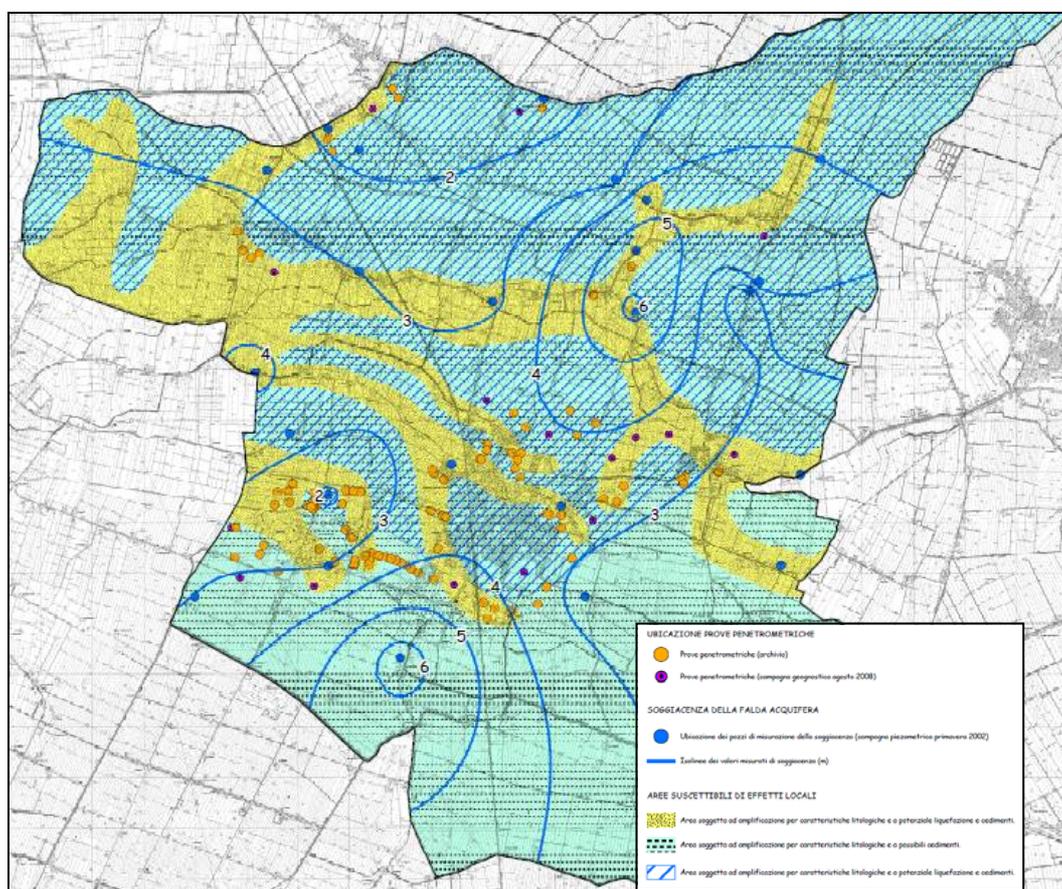


Fig. 20 - Tavola PSC/S.T1 - Valutazione della pericolosità sismica locale  
Aree suscettibili di effetti locali (PSC 2009)

La prima voce corrisponde ai dossi/paleodossi/paleoalvei, la cui perimetrazione è stata modificata alla luce dei risultati ottenuti dalle elaborazioni delle prove penetrometriche, in cui è accertato o molto probabile vi siano livelli sabbiosi o limo-sabbiosi che in occasione di sollecitazioni sismiche possono dare origine a fenomeni di liquefazione, oltre all'amplificazione del segnale sismico per motivi litologici ed a cedimenti post-sismici.

La seconda voce comprende tutte le parti del territorio in cui non compare la prima e sulle quali si verifica l'amplificazione del segnale sismico per motivi litologici e cedimenti post-sismici nei terreni a comportamento visco-plastico con caratteristiche geomeccaniche scadenti.

La terza e ultima voce ricopre in parte la seconda ed è individuata in quanto è accertata o presunta la presenza di sabbie del Po rinvenibili a profondità inferiori a 20 m dal p.d.c.. La perimetrazione di tale elemento è stata modificata rispetto a quanto riportato negli elaborati del PTCP a seguito dell'elaborazioni delle prove penetrometriche.

Nella carta oltre agli elementi che concorrono a definire gli scenari di pericolosità locale, sono riportati alcuni dati utili alla comprensione delle valutazioni eseguite per comporre la stessa, ovvero:

- Prove penetrometriche (archivio)
- Prove penetrometriche (campagna geognostica agosto 2008)
- Pozzi di misurazione della soggiacenza della falda (campagna piezometrica primavera 2002);
- isolinee dei valori misurati di soggiacenza.

Dalle risultanze dei dati disponibili, non esistono sul territorio aree in cui nel primo sottosuolo (circa 10 m) vi siano livelli dello spessore minimo di 3-5 m caratterizzati da scarsi e/o scarsissimi valori di resistenza meccanica, che possono dare origine, in caso di sisma, a cedimenti ben maggiori di quelli attesi in condizioni statiche.

Come richiesto dalla direttiva regionale, lo studio nella "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario, si è operato al fine di discretizzare il territorio comunale in ambiti caratterizzati da uguale amplificazione del moto sismico.

L'amplificazione del segnale sismico è legata essenzialmente alla natura ed alla consistenza delle litologie presenti, ma anche alla natura ed alla struttura e profondità del substrato a comportamento rigido (*bedrock sismico*). Tale caratterizzazione del territorio è passata necessariamente attraverso l'acquisizione di dati geognostici prima illustrati per la definizione dei profili sismici.

In conformità a quanto previsto nell'Allegato n. 2 dell'Atto di indirizzi della Del. 112/2007 della RER, per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.), oltre alla determinazione della Vs30, si è definita la situazione sismostratigrafica in cui si colloca il territorio comunale, per l'utilizzo delle tabelle di riferimento.

Infatti per utilizzare le tabelle contenute nel suddetto Atto di indirizzi della RER occorre definire anche la profondità del bedrock (H), inteso come lo strato in cui la velocità delle onde di taglio Vs raggiunge, per definizione, il valore di 800 m/sec.

Siccome nessuna delle verticali eseguite ha individuato, per la profondità indagata, il bedrock sismico, ci si è avvalsi della possibilità data dalla normativa stessa per cui qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il bedrock, il profilo di Vs può essere estrapolato in profondità fino a valori di Vs = 800 m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale.

Questa operazione di individuazione della profondità del bedrock sismico è stata condotta anche analizzando le prove HVSR, che permettono, attraverso l'analisi delle frequenze che producono i picchi di amplificazione, di risalire a quale profondità può essere collocato l'orizzonte sismico di riferimento.

Nello studio eseguito in sede di PSC originario, la profondità del bedrock è stata individuata da tutte le indagini eseguite, a profondità maggiori di 100 m.

Nella tabella che segue vengono riassunti, oltre alla individuazione della Vs30 e della profondità del bedrock sismico per ogni prova, anche i valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SIO), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a  $0.1s < T_0 < 0.5s$  e a  $0.5s < T_0 < 1s$ , secondo quanto definito dalla Del. RER 112/2007 e relativi allegati.

Indagine Re.Mi.	Profondità bedrock sismico*	V <sub>S30</sub> da indagine Re.Mi.	Valori di F.A. da Allegato A2.1.2. <sup>s</sup>	Valori di F.A. da Allegato A2.1.2. <sup>s</sup>	Valori di F.A. da Allegato A2.1.2. <sup>s</sup>
n	m	m/s	F.A. PGA	F.A. IS 0.1>T <sub>0</sub> <0.5	F.A. IS 0.5>T <sub>0</sub> <1
1	>100	242	1,5	1,8	2,3
2	>100	232	1,5	1,8	2,3
3	>100	272	1,5	1,7	2,3
4	>100	253	1,5	1,7	2,3
5	>100	235	1,5	1,8	2,3
6	>100	272	1,5	1,7	2,3
7	>100	258	1,5	1,7	2,3
8	>100	227	1,5	1,8	2,3
9	>100	242	1,5	1,8	2,3
10	>100	229	1,5	1,8	2,3
11	>100	253	1,5	1,7	2,3
12	>100	268	1,5	1,7	2,3

tab. 4 - Indagini Re.Mi e parametri sismici

Le colorazioni consentono di individuare le prove caratterizzanti aree ad eguale fattore di amplificazione.

Nella Tavola PSC/S.2T "Fattori di amplificazione" (figura 21) è riportata, oltre all'ubicazione delle indagini sismiche Re.Mi eseguite ex novo nel corso dello studio di PSC e dell'indagine MASW reperita in archivio, l'individuazione territoriale delle classi dei fattori di amplificazione così definite:

#### 1° classe

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,7

F.A. IS 0,5<T<sub>0</sub><1 = 2,3

#### 2° classe

F.A. PGA = 1,5

F.A. IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,8

F.A. IS 0,5<T<sub>0</sub><1 = 2,3

Nonostante i pochi dati disponibili, è interessante notare come il territorio comunale possa essere suddiviso in due macro ambiti caratterizzati da leggerezza diversità di FA IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5: uno a nord con FA IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,7 ed uno a sud con FA IS 0,1<T<sub>0</sub><0,5 = 1,8. La separazione dei due macroambiti sembra rimarcare il limite entro cui è accertata la presenza a modeste profondità delle sabbie sepolte del Po', che in zona possono raggiungere spessori importanti come anche evidenziato dalle indagini CPT.

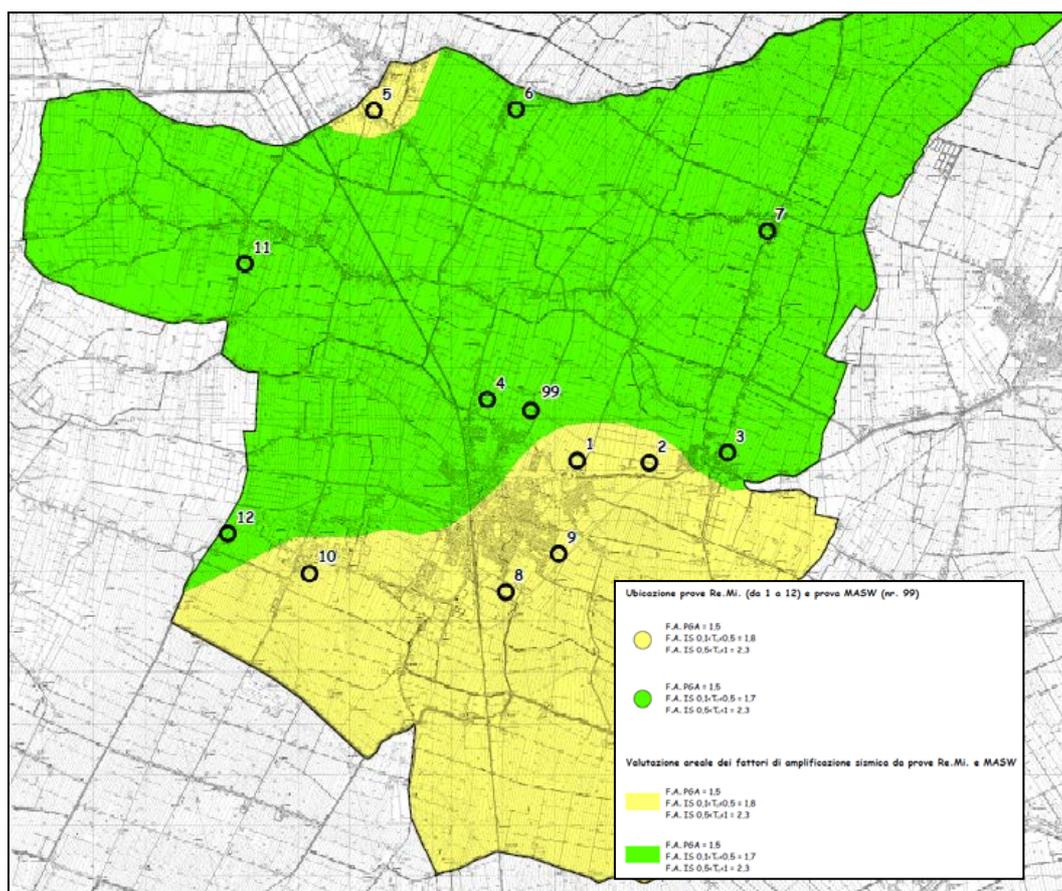
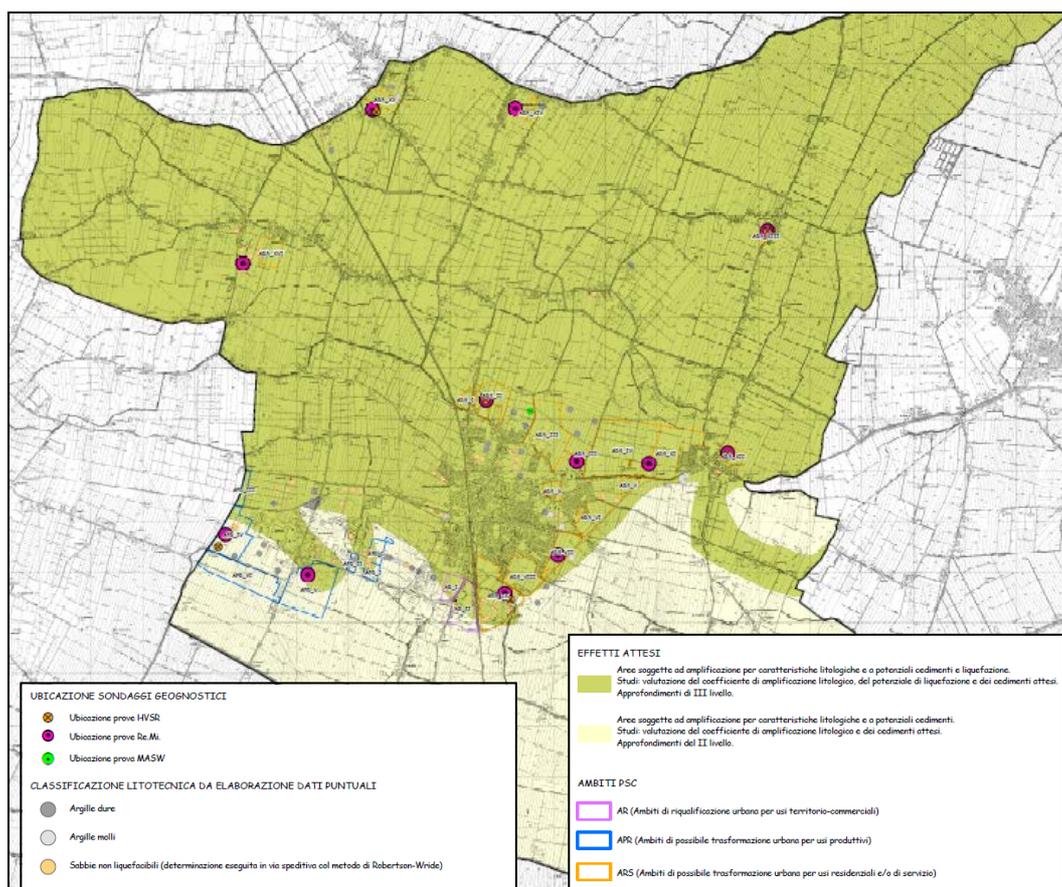


Fig. 21 - Tavola PSC/S.T2 - Valutazione della pericolosità sismica locale  
Fattori di amplificazione (PSC 2009)

Nell'ambito della "Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario, è stata elaborata anche la "Carta degli effetti attesi - zonazione sismica" (TAVOLA PSC/S.T3); in tale carta (figura 22) il territorio di San Felice s/P è stato suddiviso in ambiti caratterizzati da uguali effetti attesi in caso di sisma, indicando per ognuno di essi gli studi necessari nelle successive fasi di pianificazione.

Vengono individuate 2 classi:

- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a possibili cedimenti;
  - STUDI RICHIESTI: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi
  - APPROFONDIMENTI: Sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti;
- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione e cedimenti;
  - STUDI RICHIESTI: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;
  - APPROFONDIMENTI: III livello.



**Fig. 22 - Tavola PSC/S.T3 - Valutazione della pericolosità sismica locale  
 Effetti attesi - zonazione sismica (PSC 2009)**

Per la realizzazione della stima dei fenomeni di liquefazione nel territorio comunale erano state utilizzate le prove CPT eseguite nella campagna d'indagine geognostica appositamente predisposta per il PSC 2009; inoltre era stata considerata una parte delle CPT, precedentemente raccolte e selezionate per la redazione del QC del PSC, eseguite in prossimità delle zone nelle quali sono stati individuati gli ambiti di possibile nuova urbanizzazione.

Per tutte le prove penetrometriche statiche selezionate era stata eseguita la suddivisione litostratigrafica, in modo da individuare quelle caratterizzate dalla presenza di depositi granulari fini, con livello superiore della falda a profondità minore di 20 m, potenzialmente suscettibili al fenomeno della liquefazione. Dalle verifiche erano state escluse le zone caratterizzate da una prevalenza di terreni coesivi.

Per quanto riguarda il livello della falda considerato si era fatto riferimento alle misurazioni dell'acqua nei fori delle CPT, mentre per le verifiche delle prove raccolte da bibliografia si era fatto riferimento al livello di falda riportato nella "Carta della Soggiacenza" allegata al PSC.

Sulle prove individuate, caratterizzate dalla presenza di livelli granulari fini dello spessore minimo >0,4 m, erano state eseguite le verifiche a liquefazione utilizzando il software "Liquef" della "Program Geo", inserendo una magnitudo attesa di 5,5.

Per tutte le CPT considerate, dalle verifiche eseguite è risultato sempre un fattore di sicurezza a liquefazione  $F_L > 1$ , quindi i terreni risulterebbero non liquefacibili.

Va sottolineato che nell'ambito degli studi eseguiti dal PSC 2009, la valutazione della presenza di terreni predisponenti il fenomeno della liquefazione, era stato eseguito utilizzando un approccio con metodo semplificato, in particolare utilizzando il metodo di Robertson e Wride (1998), necessitando pertanto nelle successive fasi attuative degli approfondimenti richiesti per potere effettivamente escludere l'occorrenza di tale fenomeno. Tali indicazioni erano state recepite dalle NTA del PSC.

Sulla base delle elaborazioni svolte, la pericolosità sismica del territorio di San Felice s/P, poteva pertanto essere letta, in prima istanza, incrociando la Carta degli effetti attesi di cui sopra (figura 22) con quella dei fattori di amplificazione sismica (figura 21).

Facendo questo incrocio appariva subito evidente che numerosi degli ambiti edificabili individuati dal PSC nel 2009, si collocavano in corrispondenza di aree a maggiore pericolosità sismica, ricadendo su aree di dosso/paleoalveo o in corrispondenza di zone dove era accertata o ipotizzata la presenza di sabbie sepolte del Po', quindi con possibile presenza di terreni con caratteristiche predisponenti il fenomeno della liquefazione.

Per contro, volendo urbanizzare il territorio in continuità con l'edificato esistente, era di fatto naturale che i nuovi insediamenti si collocassero sui dossi, da sempre utilizzati dall'uomo per costruire i propri insediamenti al riparo da fenomeni alluvionali.

Infatti, la parte meridionale del territorio comunale, in cui non sembravano essere presenti terreni con caratteristiche predisponenti il fenomeno della liquefazione, già in fase di stesura del Documento Preliminare non era stata presa in considerazione per future nuove espansioni urbanistiche, in quanto il QC evidenziava la presenza di elevate criticità di natura idraulica.

In ottemperanza a quanto richiesto dalla DAL RER 112/2007 al punto 3.1.1., nel PSC 2009, è stata infine elaborata una carta di sintesi (figura 23), denominata "Valutazione della pericolosità sismica locale - Sintesi ai sensi della DAL RER 112/2007 (TAVOLA PSC/S.T4 )" in cui sono state rappresentate:

- in colore bianco - aree che non necessitano di approfondimento;
- in colore giallo - aree che necessitano dell'analisi semplificata (II livello);
- in colore rosso - aree che necessitano dell'analisi approfondita (III livello).

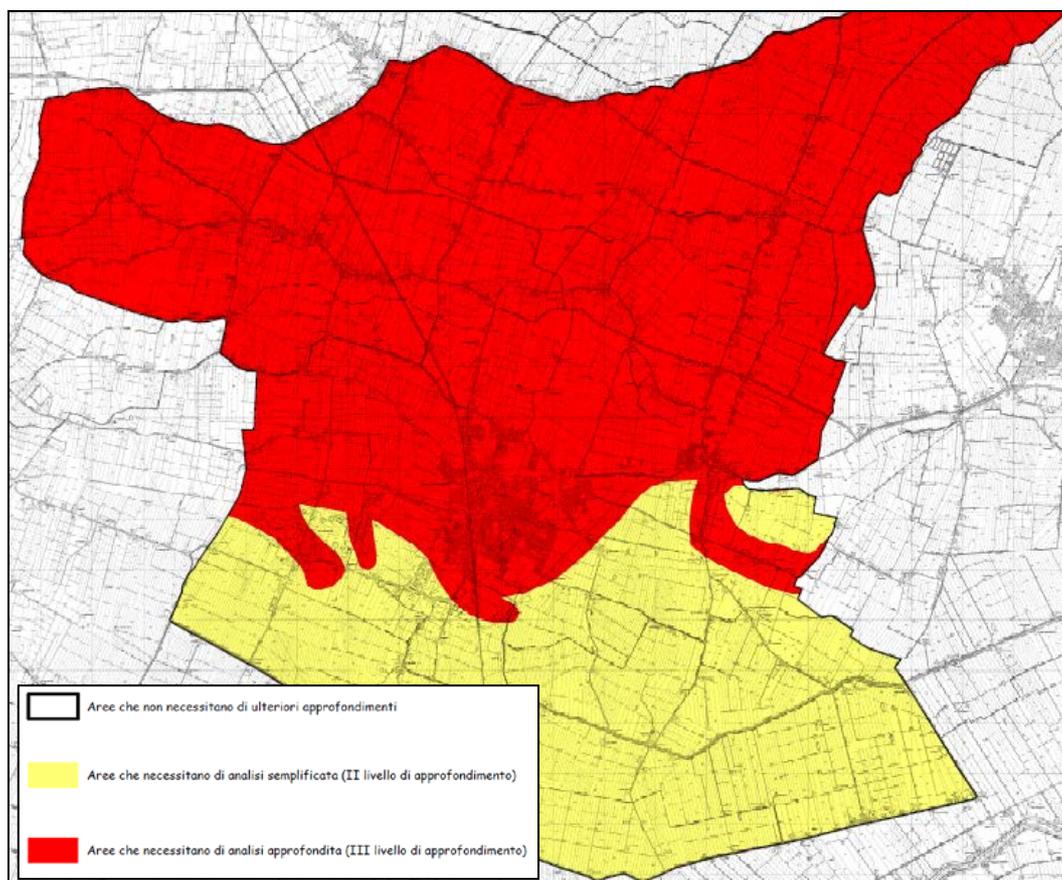


Fig. 23 - Tavola PSC/S.T4 - Valutazione della pericolosità sismica locale  
Sintesi ai sensi della DAL RER n. 112/2007 (PSC 2009)

Le elaborazioni prodotte sono state di fatto superate dagli studi di microzonazione sismica condotti dalla RER a seguito degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, di seguito riportati.

#### **1.5.4.3 La microzonazione sismica della Regione Emilia-Romagna nei territori del cratere sismico degli eventi del maggio-giugno 2012 - II livello di approfondimento**

A seguito degli eventi sismici che hanno interessato la bassa pianura modenese nel maggio-giugno 2012, con due main shock di Mw 5.9 e 5.8 con epicentri a pochi chilometri di distanza dal territorio comunale di San Felice, la Regione Emilia-Romagna ha ritenuto necessario di procedere, con estrema urgenza, alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica nei centri abitati e nelle aree di potenziale ricostruzione ed espansione dei Comuni in cui sono stati osservati effetti di intensità macrosismica 6, tra i quali figura anche il Comune di San Felice Sul Panaro; tali studi e le attività per la microzonazione sismica sono infatti state ritenute tra le attività funzionali alla ricostruzione. A tale scopo è stato impiegato il più completo database di prove geognostiche e geofisiche esistenti per il territorio regionale, implementandolo con nuove prove eseguite ad hoc. Nello studio sono stati censiti i punti in cui si sono avute manifestazioni in superficie della liquefazione e sono state eseguite analisi semplificate di suscettività alla liquefazione in corrispondenza di tutte le verticali CPT disponibili, assegnando ad ogni punto di prova il corrispondente valore calcolato di Indice di Potenziale Liquefazione sensu Sonmez (2003). I fattori di amplificazione del moto sismico (sensu DAL RER 112/2007) sono stati calcolati a partire dalle numerose indagini geofisiche disponibili e di nuova elaborazione, in riferimento a due principali classi di profondità del bedrock sismico, la cui distribuzione areale è stata ricostruita dalla Regione stessa interpolando i dati ricavati da indagini sismiche passive.

La Regione Emilia Romagna ha quindi pubblicato i risultati di tale studio, in prima istanza nell'ottobre 2013; il Comune di San Felice sul Panaro ha poi successivamente provveduto ad acquisire i contenuti della microzonazione con il Piano della Ricostruzione - 1° stralcio.

Gli studi della RER si sono tradotti, per il territorio comunale di San Felice sul Panaro, nei seguenti elaborati:

- Microzonazione Sismica e analisi della condizione limite per le emergenze delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana - Relazione illustrativa
- Allegato 1.1 - Carta delle indagini
- Allegato 1.2 - Carta geologica di superficie
- Allegato 1.3 - Carta delle frequenze naturali del terreno
- Allegato 1.4 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Comune di San Felice sul Panaro (MO)
- Allegato 1.5 - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione - Comune di San Felice sul Panaro (MO)
- Allegato 1.6 - Schede di caratterizzazione geotecnica dei principali litotipi
- Allegato 1.7 - Rapporto del gruppo di lavoro per la stima del rischio di liquefazione
- Allegato 1.8 - Studio sismologico per la caratterizzazione della risposta sismica di sito ai fini della microzonazione sismica dei alcuni comuni della Regione Emilia-Romagna
- Allegato 2.3 - Confronto tra la Microzonazione Sismica e l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza - Comune di San Felice sul Panaro (MO).

La Regione Emilia Romagna ha poi provveduto ad aggiornare alcuni elaborati nel marzo 2015.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati prodotti facendo riferimento agli elaborati di più recente aggiornamento.

Per il territorio di San Felice, la Regione ho prodotto la "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" a scala 1:10.000 (in figura 24 si riporta la versione 2.1 aggiornata al 02.03.2015) e la "Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione", sempre a scala 1:10.000 (in figura 25 si riporta la versione 2.2 aggiornata al 02.03.2015).



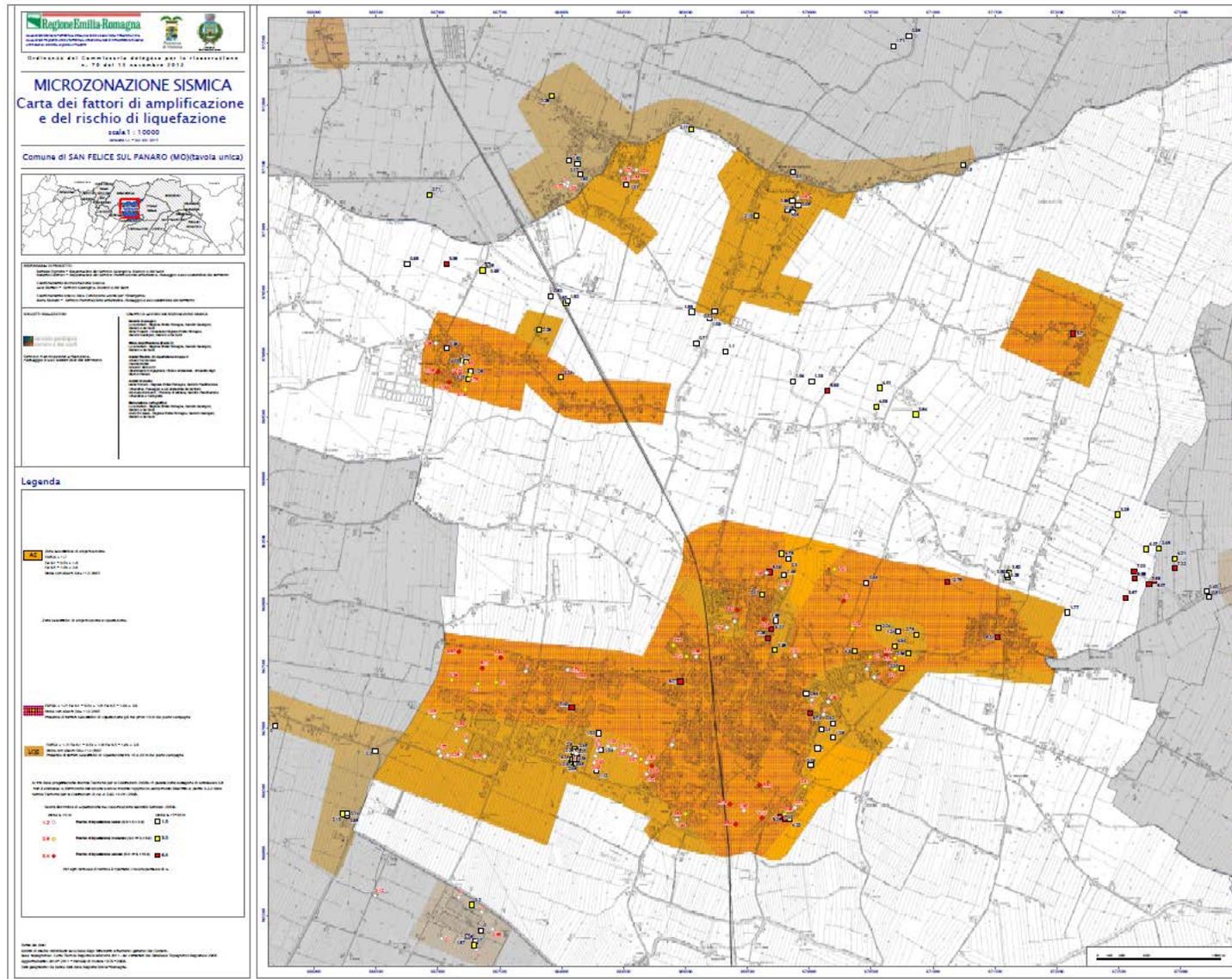


Fig. 25 - "Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione"- Comune di San Felice s/P (Fonte: REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

Come si può notare dalle figure 24 e 25, le due carte della Regione dettagliano il quadro della pericolosità sismica locale nelle zone urbanizzate del territorio, laddove maggiore è la disponibilità di dati geotecnici e geofisici e sostanzialmente confermano, per queste stesse aree, quanto già prefigurato dalle carte delle aree suscettibili di effetti locali e degli effetti attesi del PSC 2009; si noti, ad esempio, l'ampliamento verso sud oltre la periferia meridionale del Capoluogo, della zona potenzialmente suscettibile di liquefazione, riportato in entrambe le cartografie regionale e di PSC, rispetto all'interpretazione fornita dal PTCP 2009 (figura 19), ampliamento che trova la propria ragione, negli alti indici di potenziale liquefazione (cfr. figura 25) proprio in questa zona.

Una seconda osservazione che si ritiene utile evidenziare è la presenza di manifestazioni di liquefazione nel settore centrale del territorio (figura 24) e valori di IPL medio-alti nella stessa zona (figura 25), che coincidono con la presenza di un dosso fluviale, identificato nella carta di PSC 2009 (cfr. figura 20), ma non in quella di PTCP; questo a conferma di come una buona analisi di microzonazione sismica di I livello, integrata dall'analisi di prove penetrometriche d'archivio, così come eseguita nell'ambito del PSC 2009, può già consentire la realizzazione di un quadro di pericolosità sismica locale molto prossimo a quello reale.

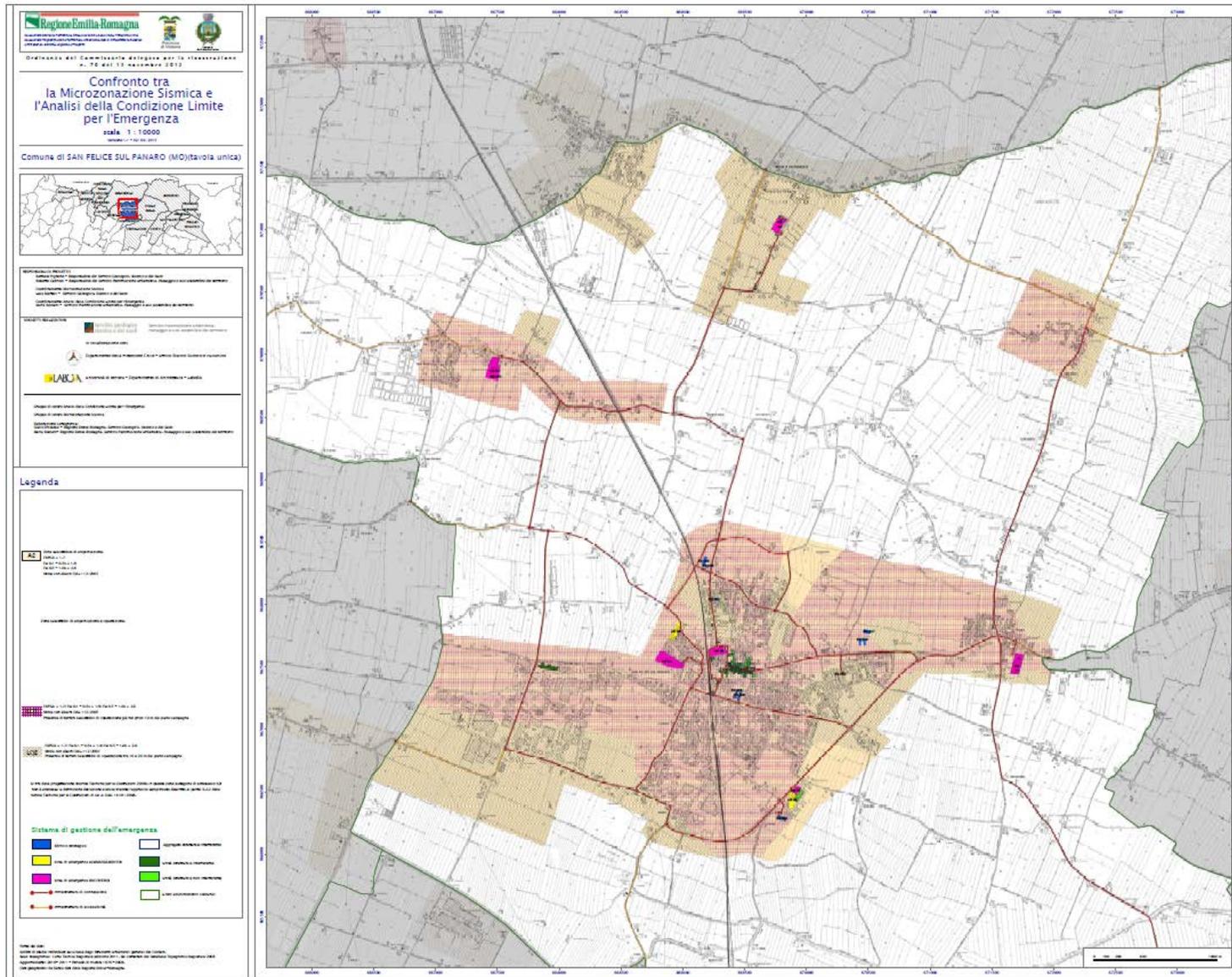
Per quanto riguarda la zonizzazione delle aree caratterizzate da diversa amplificazione sismica, la principale differenza tra l'elaborazione regionale e quella di PSC 2009 è data dall'utilizzo di un valor medio di  $V_{s30}$ , per la prima, inferiore rispetto alla seconda e rispettivamente pari a 200 e 248 m/s. Parallelamente, la Regione individua due zone con diversa profondità del bedrock sismico, mentre nel PSC 2009 veniva considerata, per tutto il territorio comunale, una profondità del bedrock sismico superiore a 100 m. Queste due differenze di valutazione hanno portato ad avere due scenari differenti di amplificazione sismica per San Felice, con amplificazioni maggiormente penalizzanti restituite dall'analisi regionale.

L'allegato A dell'Ord. 70/2012 prevede che, al fine di realizzare una maggiore integrazione tra i piani urbanistici, i piani della ricostruzione e i piani di protezione civile, e per il miglioramento della gestione delle attività di emergenza nella fase immediatamente successiva al terremoto, gli studi di MS siano accompagnati dall'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), che corrisponde alla "condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale." Tale analisi comprende:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza e degli eventuali elementi critici;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e degli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale.

A seguire si riportano gli elaborati relativi alla "Analisi della Condizione limite per l'emergenza (CLE)" in scala 1:15.000 (figura 26) e alla cartografia di "Confronto tra la Microzonazione Sismica e l'Analisi della Condizione limite per l'emergenza" in scala 1:10.000 (in figura 27 si riporta la versione 1.1 aggiornata al 02.03.2015)





#### 1.5.4.4 Piano della Ricostruzione del Comune di San Felice sul Panaro - 1° Stralcio - II livello di approfondimento

Con il "Piano della Ricostruzione - 1° stralcio", il Comune di San Felice sul Panaro ha assunto integralmente i risultati delle elaborazioni regionali relative agli studi di Microzonazione sismica, con la "Variante al PSC in adeguamento al 1° stralcio del Piano della Ricostruzione" allegato al Piano medesimo; in particolare, la Variante al PSC ha comportato l'elaborazione dei seguenti elaborati:

- Tav. PSC/T.3 - "Microzonazione sismica - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione" in scala 1.10.000 (figura 28);
- Tav. PSC/T.4<sub>A-D</sub> - "Condizione limite per l'emergenza (CLE)" in scala 1.5.000 (i contenuti sono i medesimi della cartografia regionale - cfr. precedente figura 26),

oltre alla modifica della disciplina normativa relativa alla riduzione del rischio sismico, in applicazione a tali elaborati, definita dal gruppo di lavoro regionale/provinciale e dal Comune di San Felice sul Panaro, recepita nelle NTA del PSC, in un apposito nuovo Titolo IX "Riduzione del rischio sismico" con i relativi artt. 54, 55, 56, 57.

Nella Tav. PSC/T.3 - "Microzonazione sismica - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione" (figura 28) è stato recepito il quadro di pericolosità sismica di base dettagliato dalla Regione Emilia-Romagna nella propria cartografia (si veda il precedente paragrafo), integrandolo, per il territorio non indagato ("territorio non compreso negli sviluppi"), coincidente essenzialmente con le aree esterne al perimetro urbanizzato, con i valori di amplificazione derivanti dalla nuova distribuzione di profondità del bedrock sismico elaborata dalla Regione Emilia-Romagna. In questo modo, anche alle aree che la MOPS della Regione Emilia-Romagna lasciava "bianche", ovvero senza alcun tipo di valutazione rispetto alla pericolosità sismica locale, vengono assegnate delle terne di fattori di amplificazione sulla base del valor medio di  $V_{s30}$  caratteristico dei terreni del territorio comunale e della profondità del bedrock sismico: a parità di valor medio di  $V_{s30}$ , quindi, ciò che discrimina aree con diversa amplificazione sismica diviene esclusivamente la profondità del bedrock sismico. Le aree ove l'input sismico avrà verosimilmente una maggiore amplificazione sono quindi rappresentate, in carta, dalle superfici in verde chiaro, identificate col simbolo A2, e sono quelle del Capoluogo e del settore ad esso settentrionale, più una fascia a sud (figura 28); queste aree sono caratterizzate dalla presenza di un bedrock sismico relativamente più superficiale, ipotizzabile a profondità inferiori a 100-120 m dal livello campagna. La terna di fattori di amplificazione risulta la seguente

##### **Aree A2**

FAPGA = 1,7

FA0,1-0,5S = 1,9

FA0,5-1S = 2,6

##### **Aree A1**

FAPGA = 1,5

FA0,1-0,5S = 1,8

FA0,5-1S = 2,5

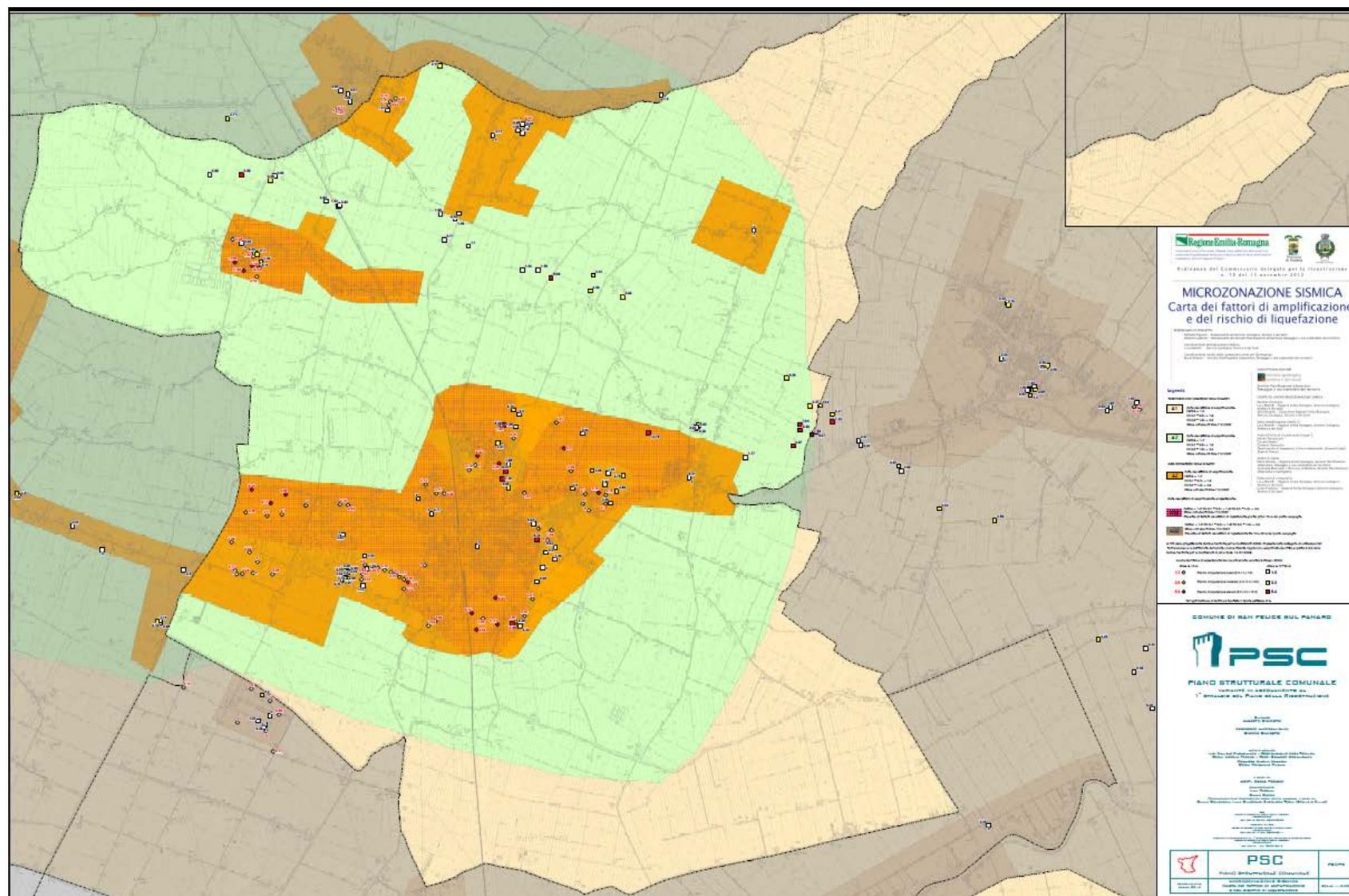


Fig. 28 - Tav. PSC/T3 - Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione (aprile 2014) - "Variante al PSC in adeguamento al 1° stralcio del Piano della Ricostruzione" - (scala 1:10.000)

#### 1.5.4.5 La D.G.R. 2193/2015 e la microzonazione sismica

Il 21 dicembre 2015, a distanza di 8 anni dall'approvazione della DAL 112/2007, la Regione Emilia-Romagna ha approvato l'aggiornamento degli indirizzi in essa contenuti rispetto alle nuove conoscenze acquisite in ambito scientifico ed all'esperienza derivata dall'applicazione, in questi anni, degli indirizzi stessi. Tra le diverse modifiche apportate, la DGR2193/2015 ha ridefinito gli ambiti di applicazione degli abachi per il calcolo dei fattori di amplificazione dell'Allegato A2. Utilizzando i nuovi abachi ed un valor medio di  $V_{s30}$  per il territorio comunale pari a 200 m/s, si avrebbero i seguenti scenari:

Le zone A1, con profondità del bedrock sismico superiore a 120 m, verrebbero classificate in Pianura 2, da cui i 4 valori di amplificazione pari a :

F.A. PGA: 1,7  
F.A. SI1: 2  
F.A. SI2: 3  
F.A. SI3: 3,3.

Le zone A2, con profondità del bedrock sismico inferiore a 100 m, verrebbero classificate in Pianura 1, da cui i 4 valori di amplificazione pari a :

F.A. PGA: 1,7  
F.A. SI1: 1,9  
F.A. SI2: 2,9  
F.A. SI3: 3,2.

#### 1.6 Resistenza meccanica dei terreni

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC originario.*

##### 1.6.1 Campagna geognostica 2008 - Indagini CPT

In sede di elaborazione del PSC 2009 originario, al fine di determinare i principali parametri meccanici dei terreni presenti ed i parametri fondamentali per la caratterizzazione sismica degli ambiti comunali soggetti alle analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite, oltre alle indagini sismiche di cui si è detto al precedente capitolo 1.5, anche 16 prove penetrometriche statiche CPT, la cui ubicazione viene riportata nella precedente figura 20.

Tali prove, sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico olandese Gouda da 10 tonnellate, automontato, impiegando per la perforazione una punta "Friction Penetr Cone", avente un'area di 10 cm<sup>2</sup> ed un angolo alla punta di 60°.

L'interpretazione dei risultati è stata eseguita distinguendo fra terreni granulari con prevalenza di sabbia, per i quali possono essere ricavati tramite questa prova, con correlazioni empiriche di vari autori, l'angolo d'attrito, la compressibilità drenata e la densità relativa, ed i terreni coesivi con prevalenza di argilla, per i quali è possibile valutare la resistenza al taglio non drenata, la compressibilità, la sensitività ed il grado di sovraconsolidazione.

Per la consultazione completa dei tabulati di calcolo si rimanda all'elaborato "PCS/S - Valutazione della pericolosità sismica locale" del PSC originario 2009; di seguito si riportano nella Tab. 8, i dati ottenuti dalle elaborazioni delle indagini, dove in corrispondenza di ciascun punto di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di  $R_p$  e  $R_l$  relativamente

costanti per tutto lo spessore dello strato e sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

qc	Resistenza media alla punta
Y (t/m <sup>3</sup> )	Peso dell'unità di volume del terreno.
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione di Lunne e Eide
φ°	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione di Meyerhof.
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi si è utilizzata la relazione di Mitchell e Gardner CL, per terreni granulari la relazione di Robertson e Campanella.
Ey (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo di Young. Metodo di Schmertmann.

**CPT n. 1**

Profondità base strato (m)	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	Y (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
2,00	26	Argilla inorganica molto consistente		2,09	1,51	44	
2,4	18	Argilla organica		2,01	1,03	63	
5,4	21	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,18	36	
6,2	16	Argilla organica		1,97	0,87	56	
8,0	19	Argilla inorganica molto consistente		2,01	1,04	67	
11,4	89	Sabbia mediamente addensata	37	2,13		67	223
11,8	9	Argilla organica		1,81	0,43	32	
13,0	85	Sabbia mediamente addensata	37	2,1		65	213
14,6	22	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,176	37	
15,0	13	Argilla organica		1,9	0,644	46	
16,8	24	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,281	41	
19,4	16	Argilla organica		1,95	0,8	56	
20,4	24	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,258	41	
21,0	16	Argilla organica		1,95	0,785	56	
30,0	32	Argilla inorganica molto consistente		2,12	1,693	54	
Profondità della falda (m): 4,4							

**CPT n. 2**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	Y (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,8	25	Argilla sabbiosa o limosa		22,05	1,25	43	
3,2	11	Argilla inorganica consistente		1,89	0,62	39	
7,4	20	Argilla inorganica molto consistente		2,03	1,12	34	
8,6	16	Argilla organica		1,97	0,87	56	
10,0	23	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,27	39	
10,6	13	Argilla organica		1,91	0,68	46	
14,0	29	Argilla inorganica molto consistente		2,11	1,6	49	
14,4	15	Argilla organica		1,94	0,77	53	
15,8	26	Argilla inorganica molto consistente		2,08	1,41	44	
16,2	17	Argilla organica		1,97	0,88	60	
16,8	23	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,23	39	
18,6	13	Argilla inorganica consistente		1,9	0,63	46	
22,0	25	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,32	43	
22,6	87	Sabbia mediamente addensata	37	2,05			218
24,4	25	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,3	43	
25,2	16	Argilla organica		1,94	0,77	56	
30,0	28	Argilla inorganica molto consistente		2,08	1,45	48	
Profondità della falda (m): 3,5							

**CPT n. 3**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,4	26	Argilla inorganica molto consistente		2,09	1,51	44	
3,0	21	Argilla inorganica molto consistente		2,04	11,2	36	
3,8	14	Argilla organica		1,94	0,78	49	
8,4	21	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,17	36	
8,8	32	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,56	54	
9,8	27	Argilla inorganica molto consistente		2,09	1,5	46	
12,8	85	Sabbia mediamente addensata	37	2,12		66	213
14,8	118	Sabbia addensata	38	2,15		75	295
19,0	16	Argilla inorganica consistente		1,95	0,81	56	
24,0	25	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,31	43	
27,6	111	Sabbia e limo	38	2,08		78	278
30,0	25	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,27	43	
Profondità della falda (m): 3,1							

**CPT n. 4**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,0	39	Argilla sabbiosa o limosa		2,15	1,96	66	
3,6	18	Argilla inorganica consistente		2,01	1,03	63	
4,0	14	Sabbia sciolta	29	1,73		21	35
7,4	18	Argilla inorganica consistente		2	1	63	
12,6	23	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,26	39	
13,0	42	Sabbia e limo	34	2		45	105
14,4	33	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,58	56	
15,8	84	Sabbia mediamente addensata	37	2,08		65	210
16,8	25	Argilla inorganica molto consistente		2,07	1,34	43	
17,4	57	Sabbia mediamente addensata	35	2,01		54	143
28,0	27	Argilla inorganica molto consistente		2,08	1,42	46	
30,0	162	Sabbia addensata	40	2,13		93	405
Profondità della falda (m): 4,0							

**CPT n. 5**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
0,8	19	Argilla sabbiosa o limosa		1,99	0,95	67	
3,0	13	Argilla inorganica consistente		1,93	0,74	46	
6,2	20	Argilla inorganica molto consistente		2,03	1,13	34	
10,8	13	Argilla inorganica consistente		1,92	0,69	46	
12,2	25	Sabbia e limo	31	1,95		30	63
13,0	12	Argilla inorganica consistente		1,89	0,61	42	
14,0	59	Sabbia mediamente addensata	35	2,05		55	148
14,8	9	Argilla organica		1,81	0,43	32	
30,0	141	Sabbia addensata	39	2,14		84	353
Profondità della falda (m): 3,0							

**CPT n. 6**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,2	25	Argilla inorganica molto consistente		2,08	1,45	43	
7,2	8	Argilla inorganica med. Consistente		1,81	0,43	28	
8,4	18	Sabbia e limo	30	1,94		23	45
9,2	8	Argilla inorganica med. Consistente		1,8	0,41	28	
15,6	53	Sabbia mediamente addensata	35	2,05		52	133
16,6	12	Argilla inorganica consistente		1,89	0,6	42	
18,0	47	Sabbia mediamente addensata	34	2		48	118
18,8	18	Argilla inorganica consistente		1,99	0,94	63	
23,0	32	Argilla sabbiosa o limosa		2,09	1,5	54	
26,2	20	Argilla inorganica consistente		2	1,02	34	
30	127	Sabbia addensata	39	2,1		82	318
Profondità della falda (m): 2,6							

CPT n. 7

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,8	26	Argilla inorganica molto consistente		2,09	1,51	44	
3,8	7	Argilla inorganica med. Consistente		1,78	0,38	25	
5,0	15	Argilla inorganica consistente		1,96	0,84	53	
11,2	37	Argilla sabbiosa o limosa		2,13	1,82	63	
14,8	20	Argilla inorganica molto consistente		2,02	1,08	34	
17,8	69	Sabbia mediamente addensata	36	2,05		60	173
19,0	18	Argilla inorganica consistente		1,98	0,93	63	
21,2	25	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,33	43	
22,8	43	Argilla sabbiosa o limosa		2,16	2,05	73	
30,0	136	Sabbia addensata	39	2,11		84	340
Profondità della falda (m): 2,5							

CPT n. 8

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
2,8	16	Argilla inorganica molto consistente		1,98	0,92	56	
4,0	8	Argilla organica		1,81	0,43	28	
7,8	20	Argilla inorganica molto consistente		2,03	1,12	34	
9,0	36	Argilla sabbiosa o limosa		2,13	1,76	61	
10,6	96	Sabbia mediamente addensata	37	2,16		70	240
15,0	174	Sabbia addensata	40	2,25		89	435
18,4	83	Sabbia mediamente addensata	37	2,07		65	208
19,2	140	Sabbia addensata	39	2,15		82	350
21,0	72	Sabbia mediamente addensata	36	2,03		62	180
30,0	138	Sabbia addensata	39	2,12		85	345
Profondità della falda (m): 2,5							

CPT n. 9

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,4	42	Argilla sabbiosa o limosa		2,17	2,11	71	
7,4	31	Argilla inorganica molto consistente		2,13	1,76	53	
9,2	44	Argilla sabbiosa o limosa		2,17	2,15	75	
9,8	64	Sabbia mediamente addensata	36	2,07		57	160
11,0	133	Sabbia addensata	39	2,18		79	333
13,0	87	Sabbia mediamente addensata	37	2,1		66	218
18,8	150	Sabbia addensata	39	2,17		85	375
20,4	70	Sabbia mediamente addensata	36	2,02		62	175
25,0	137	Sabbia addensata	39	2,12		85	343
25,8	76	Sabbia mediamente addensata	36	2,01		68	190
26,2	34	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,55	58	
30,0	127	Sabbia addensata	39	2,08		86	318

Profondità della falda (m): 4,5

CPT n. 10

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,0	21	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,22	36	
2,8	10	Argilla inorganica med. Consistente		1,87	0,56	35	
3,6	18	Argilla sabbiosa o limosa		1,97	0,88	63	
4,8	10	Argilla inorganica med consistente		1,87	0,55	35	
8,0	22	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,24	37	
9,8	15	Argilla inorganica consistente		1,95	0,81	53	
10,2	28	Sabbia e limo	32	1,97		34	70
13,2	21	Argilla sabbiosa e limosa		2	0,99	36	
15,6	83	Sabbia med. Addensata	37	2,1		65	208
17,0	17	Argilla inorganica consistente		1,97	0,89	60	
21,6	97	Sabbia mediamente addensata	38	2,1		71	243
22,4	31	Argilla sabbiosa e limosa		2,08	1,44	53	
22,8	64	Sabbia mediamente addensata	36	2,01		59	160
25,0	34	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,58	58	
25,8	60	Sabbia e limo	35	2		59	150
26,4	40	Argilla sabbiosa o limosa		2,14	1,88	68	
28,4	96	Sabbia mediamente addensata	37	2,05		74	240
29,0	43	Argilla sabbiosa o limosa		2,16	2,01	73	
30	202	Sabbia addensata	41	2,17		99	505

Profondità della falda (m): 2,3

CPT n. 11

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,0	23	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,34	39	
4,2	11	Argilla inorganica consistente		1,89	0,61	39	
4,6	18	Sabbia sciolta	30	1,96		26	45
6,6	15	Argilla inorganica consistente		1,96	0,83	53	
9,8	23	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,28	39	
19,6	107	Sabbia addensata	38	2,14		73	268
23,4	32	Argilla sabbiosa o limosa		2,09	1,49	54	
25,8	77	Sabbia mediamente addensata	37	2,03		66	193
27,4	18	Argilla inorganica molto consistente		1,97	0,87	63	
27,8	48	Sabbia e limo	34	1,96		54	120
28,8	19	Argilla inorganica consistente		1,98	0,92	67	

29,4	53	Sabbia e limo	35	1,96		58	133
30,0	21	Argilla inorganica molto consistente		2,01	10,3	36	

Profondità della falda (m): 3,1

**CPT n. 12**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,6	22	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,27	37	
2,2	17	Argilla organica		1,99	0,97	60	
3,6	21	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,2	36	
4,8	15	Argilla inorganica consistente		1,96	0,83	53	
7,8	9	Argilla inorganica med. Consistente		1,83	0,47	32	
8,2	17	Sabbia sciolta	30	1,94		25	43
8,6	8	Argilla inorganica med. Consistente		1,8	0,4	28	
13,2	57	Sabbia mediamente addensata	35	2,06		54	143
18,2	24	Argilla inorganica molto consistente		2,06	1,3	41	
30,0	124	Sabbia addensata	39	2,11		80	310

Profondità della falda (m): 3,1

**CPT n. 13**

Profondità base strato(m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,8	31	Argilla inorganica molto consistente		2,13	1,8	53	
6,6	11	Argilla inorganica consistente		1,88	0,6	39	
9,8	32	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,56	54	
10,4	53	Sabbia mediamente addensata	35	2,05		52	133
10,8	29	Argilla inorganica molto consistente		2,11	1,61	49	
11,4	114	Sabbia addensata	38	2,17		75	285
16,2	31	Argilla sabbiosa o limosa		2,09	1,48	53	
17,8	69	Sabbia e limo	36	2,04		60	173
20,0	29	Argilla sabbiosa o limosa		2,07	1,35	49	
30,0	131	Sabbia addensata	39	2,11		84	328

Profondità della falda (m): 4,2

**CPT n. 14**

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,2	29	Argilla inorganica molto consistente		2,12	1,69	49	
4,8	16	Argilla organica		1,98	0,9	56	
13,2	35	Argilla sabbiosa o limosa		2,12	1,7	60	
13,8	79	Sabbia e limo	37	2,07		64	198
14,8	30	Argilla sabbiosa o limosa		2,08	1,41	51	
15,2	33	Sabbia e limo	33	1,95		38	83
17,6	20	Argilla inorganica molto consistente		2,01	1,04	34	
18,0	34	Sabbia mediamente addensata	33	1,94		41	85
18,6	17	Argilla inorganica consistente		1,96	0,85	60	
19,4	30	Sabbia e limo	32	1,94		42	75
20,0	21	Argilla inorganica molto consistente		2,02	1,08	36	
21,0	74	Sabbia mediamente addensata	36	2,03		64	185
23,8	20	Argilla inorganica molto consistente		2	1	34	
30,0	117	Sabbia addensata	38	2,08		82	293

Profondità della falda (m) 5,0

CPT n. 15

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
2,6	28	Argilla inorganica molto consistente		2,11	1,62	48	
5,8	15	Argilla organica		1,96	0,83	53	
8,0	31	Argilla sabbiosa o limosa		2,09	1,51	53	
8,4	41	Sabbia e limo	34	2,03		45	103
10,8	32	Argilla sabbiosa o limosa		2,1	1,55	54	
11,8	44	Sabbia e limo	34	2,01		46	110
15,4	29	Argilla inorganica molto consistente		2,1	1,59	49	
16,2	40	Sabbia mediamente addensata	34	1,97		43	100
19,6	23	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,21	39	
20,2	60	Sabbia mediamente addensata	35	2,01		57	150
21,4	23	Argilla inorganica molto consistente		2,04	1,2	39	
22,2	77	Sabbia mediamente addensata	37	2,04		65	193
25,8	24	Argilla inorganica molto consistente		2,05	1,24	41	
30,0	120	Sabbia addensata	38	2,08		82	300
Profondità della falda (m): 3,8							

CPT n. 16

Profondità base strato (m)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica dello strato	Φ (°)	γ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (kg/cm <sup>2</sup> )
1,0	17	Argilla inorganica consistente		2	0,99	60	
4,8	13	Argilla organica		1,93	0,73	46	
7,0	27	Argilla inorganica molto consistente		2,09	1,53	46	
8,0	16	Argilla inorganica consistente		1,97	0,88	56	
10,2	32	Argilla inorganica molto consistente		2,13	1,8	54	
13,4	15	Argilla inorganica consistente		1,95	0,79	53	
18,6	21	Argilla sabbiosa o limosa		1,99	0,96	36	
19,0	13	Sabbia e limo	29	1,94		38	33
20,0	22	Argilla sabbiosa o limosa		2	1	37	
30,0	111	Sabbia addensata	38	2,09		77	278
Profondità della falda (m): 3,1							

tab. 8 - Indagini CPT

### 1.7 Limiti e condizioni alla trasformazione

L'analisi geomorfologica del territorio di San Felice ha permesso l'individuazione di due elementi di particolare rilevanza ai fini sia della conservazione delle testimonianze geologiche, sia della tutela idraulica ed idrogeologica del territorio: i dossi/paleodossi e le aree morfologicamente depresse, entrambe forme che, per quanto poco appariscenti, rappresentano comunque importanti testimonianze della storia geologica del paesaggio stesso, oltre che elementi di controllo di componenti ambientali, in stretta correlazione con le attività antropiche.

I dossi/paleodossi, che sono le tracce residue degli antichi tracciati fluviali ed hanno forme allungate e rilevate rispetto al territorio circostante, sono aree dove sin dall'antichità l'uomo ha sviluppato i propri insediamenti, per preservare i propri beni dall'azione distruttiva delle tracimazioni fluviali; s'intuisce pertanto che potrebbero essere questi i luoghi dove preferibilmente dovranno essere collocati i futuri insediamenti, ovviamente nel rispetto dei vincoli e delle condizioni, che la normativa sovraordinata impone per tali aree.

Gli interventi programmabili dovranno essere rispettosi delle "forme", evitandone una completa alterazione sia percettiva che funzionale.

Essendo inoltre i dossi, generalmente costituiti da materiali più grossolani e, per tale motivo, sede di acquiferi, anche se di modeste entità, più importanti rispetto a quelli che si possono rinvenire nelle rimanenti parti di territorio, le attività programmate dovranno dotarsi di tutti gli accorgimenti necessari alla salvaguardia della risorsa idrica sotterranea.

La forma allungata e rilevata tipica dei dossi conferisce loro anche un'importanza idraulica, costituendo, di fatto, una barriera naturale alla diffusione delle acque alluvionali mediante una sorta di "compartimentazione" del territorio.

Si ritiene quindi fondamentale conservare sia le caratteristiche plano-altimetriche sia quelle idrogeologiche dei dossi, confermando e riproponendo il sistema dei limiti e condizioni alla trasformazione imposti dal P.T.C.P., che definisce le limitazioni, gli orientamenti e le tendenze che l'evoluzione del territorio dovrà necessariamente rispettare, estendendolo a tutti i dossi individuati e cartografati.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale, l'analisi di microzonazione condotta dalla Regione Emilia-Romagna nel 2014-2015, ha individuato come unico effetto di sito la possibile liquefazione dei terreni.

L'analisi è stata condotta recuperando le prove penetrometriche d'archivio, eseguite sul territorio e già presenti nel database regionale, insieme a nuove penetrometrie statiche con piezocono di nuova esecuzione, eseguendo analisi di suscettività alla liquefazione attraverso l'utilizzo dei più aggiornati metodi cosiddetti "semplificati". L'accelerazione utilizzata per il calcolo è pari al prodotto di  $a_{ref} \times F.A.$ ; la magnitudo è stata presa pari a 6,14, ovvero quella caratteristica della zona sismogenetica ZS9; la profondità della falda variabile da -1 a -3 m dal p.d.c.

I risultati sono stati rappresentati in termini di Indice di Potenziale Liquefazione (IPL), funzionali alla classificazione in termini di rischio *sensu* Sonmez (2003).

L'indagine svolta costituisce già un ottimo quadro della pericolosità sismica locale, comunque da approfondire nei livelli successivi di pianificazione o intervento in cui si dovrà verificare in modo più specifico l'IPL in base alle peculiari caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni con la profondità, in accordo per altro con le più recenti disposizioni normative in materia (vedi DGR n. 2193/2015).

Entro tali aree gli interventi eventualmente previsti o programmati dovranno trovare attuazione attraverso approfondite indagini sismiche per la definizione degli accorgimenti necessari alla messa in sicurezza rispetto al rischio di liquefazione/addensamento dei terreni in occasione di sisma.

## 2. ACQUE

### 2.1 Acque superficiali

#### 2.1.1 Il sistema idrografico

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

*NOTA: la Fig. 15 diventa Fig. 29*

In sede di formazione del presente PSC, in seguito ad un aggiornamento del reticolo idrografico, si è provveduto ad individuare nella cartografia il tracciato di alcuni corsi d'acqua di proprietà pubblica (Aimag e comunale in gestione ad AIMAG), per i quali si ritiene necessario istituire una fascia di rispetto funzionale alla loro manutenzione; si tratta del Fosso di Via Verdi, del Fosso di Via la Venezia, della Gronda Ovest e del Fosso di Via Croce. Il tracciato dei corsi d'acqua è stato riportato con apposita grafia nella Tav. QC.5/t3 - Idrografia e nella Tav. QC.5/T2 - Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni.

Su segnalazione del Consorzio di Bonifica si è inoltre provveduto ad aggiornare il tracciato dei corsi d'acqua della rete di Bonifica; in particolare è stato eliminato, nelle Tav. QC.5/t3 - Idrografia, Tav. QC.5/T1 - Vincoli e tutele esistenti e Tav. QC.5/T2 - Emergenze, criticità, limiti e condizioni alle trasformazioni, un piccolo tratto del cavo Vallicelletta, non più esistente ed è stato inserito il tracciato dello Scolatore di San Felice.

#### 2.1.2 Criticità idraulica: fattori di pericolosità ed ambiti interessati

Per delineare un quadro descrittivo dello stato di criticità da rischio idraulico nel territorio comunale, si è fatto riferimento ai seguenti elementi:

- Piano di Gestione del Rischio Alluvione (PGRA), approvato nella seduta di Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016, con deliberazione n. 2/2016;
- Piano Stralcio Fasce Fluviali Autorità di bacino del Po (PAI) e Variante al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - Integrazione all'Elaborato 7 (Norme di attuazione" finalizzata al coordinamento - in conformità all'art. 7, comma 3 lett. a del D.Lgs 23 febbraio 2010 n. 49 - tra tale Piano ed il Piano di gestione del Rischio alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA) alle NA del PAI e del PAI Delta (adottata con Deliberazione n. 5/2016, nella seduta di Comitato Istituzionale del 7 dicembre 2016);
- Piano di Tutela delle acque (PTA)
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale Provincia di Modena (PTCP 2009) - Tavola 2.3 Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica;
- Programma provinciale di previsione e prevenzione di Protezione Civile;
- Studi specifici di settore;
- Analisi delle alluvioni che storicamente hanno interessato il territorio comunale.

Se si considera il rischio idraulico quale effetto potenziale di un evento pluviometrico intenso e di uno stato locale di particolare interesse per la presenza di insediamenti abitativi, di attività produttive di rilievo, di infrastrutture e servizi di interesse generale di beni artistici ed ambientali di pregio, non si può non affermare che buona parte del territorio modenese soggiace a tale rischio.

All'interno del territorio provinciale, è noto che il rischio idraulico si massimizza nelle zone di pianura, che si estendono dalla città di Modena sino ai confini delle provincie di Reggio Emilia, Bologna, Mantova e Ferrara e che sono attraversate dai fiumi Panaro e Secchia, le cui arginature si alzano progressivamente fino a raggiungere valori di 10-12 m sul piano campagna circostante.

Le cause delle esondazioni, oltre che, naturalmente, nella eccezionalità degli eventi pluviometrici, vanno ricercate anche nella fragilità generale dell'equilibrio idraulico, dovuto sia alle profonde modificazioni avvenute nei sistemi agro-culturali collinare e montano, sia agli effetti indotti

dall'aumento delle aree urbanizzate, sulla velocità di deflusso delle acque superficiali e di conseguenza sulla concentrazione degli effetti di piena; tuttavia negli ultimi decenni sono stati eseguiti imponenti lavori di risistemazione degli alvei e di regimazione delle acque, che, per il fiume Panaro, sono legati principalmente alla realizzazione della Cassa di Espansione, oltre agli imponenti lavori di soprizzo e rinforzo delle arginature, che permettono di ritenere abbastanza ridotto il rischio di esondazioni.

L'area a rischio idraulico significativo del **fiume Panaro** interessa tutto il tratto dalla cassa di espansione di Modena - San Cesario sul Panaro, alla confluenza in Po e racchiude il territorio di Pianura Padana compreso tra il fiume Secchia e il fiume Reno delimitato dal perimetro delle aree inondabili nello scenario di piena di scarsa probabilità, chiuse a monte all'attraversamento dell'Autostrada A1 (sezione PAI 136) e a valle alla confluenza del Panaro in Po e sul tracciato dell'argine maestro destro del Po, con un'estensione di circa 1250 km<sup>2</sup>. Essa comprende tutte le aree potenzialmente inondabili in seguito a scenari di rottura dei rilevati arginali maestri del Panaro e interessa 38 Comuni, tra i quali anche quello di San Felice sul Panaro.

Il sistema che difende la pianura dalle inondazioni del fiume Panaro è composto dalla cassa di espansione localizzata tra la l'Autostrada A1 e la via Emilia (parzialmente delimitata da rilevati arginali), da un'area di naturale espansione delle piene compresa tra la cassa di espansione e la confluenza del torrente Tiepido, in sinistra Panaro, e dal sistema arginale maestro che si sviluppa con continuità su entrambe le sponde a valle della confluenza del Tiepido. La lunghezza complessiva degli argini che compongono tale sistema è di circa 135 km.

La cassa di espansione occupa una superficie di circa 430 ettari ed ha un volume di invaso di circa 35 milioni di metri cubi. E' sostanzialmente in linea, anche se presenta zone interne che si invasano solo al di sopra di certe soglie di livello, pertanto è sempre impegnata, anche solo parzialmente, dalle piene. La regolazione avviene normalmente attraverso il manufatto moderatore costituito da uno sbarramento con soglia di sfioro frontale e luci di fondo a geometria fissa, ma dotate di paratoie mobili, che permettono di variare le luci effettive di deflusso. Il sistema arginale maestro del fiume Panaro si sviluppa con continuità su entrambe le sponde poco a valle della cassa di espansione. In particolare, in destra idraulica ha origine circa 350 m a valle del manufatto moderatore, dopo l'immissione del diversivo Muzza, mentre in sinistra ha origine alla confluenza del torrente tiepido, risalendo lungo di esso fino al ponte della via Emilia in località Fossalta di Modena. Tra la cassa di espansione e la confluenza del torrente Tiepido vi è pertanto un'area "polmone" di espansione delle piene, delimitata in parte da scarpate naturali, in parte da rilevati stradali, in parte da rilevati arginali "secondari". Gli argini maestri si sviluppano poi con continuità giungendo fino al Po, ove si raccordano con le sue arginature maestre.

All'interno degli argini maestri il fiume Panaro è sostanzialmente privo di significative aree golenali, se si eccettuano i primi 8 e gli ultimi 5 chilometri di asta arginata.

Le portate di piena di riferimento definite dal PAI, indicano a Marano sul Panaro, per il tempo di ritorno di 200 anni, la portata al colmo di 1380 m<sup>3</sup>/s e, in ingresso alla cassa di espansione, la portata al colmo di 1480 m<sup>3</sup>/s. A valle delle casse di espansione, nel PAI è indicato un valore di portata al colmo di riferimento valido per tutto il tratto arginato. Tale valore, assunto pari a 940 m<sup>3</sup>/s, è un valore obiettivo, relativo all'assetto di progetto del corso d'acqua definito nel Piano, sostenibile solo in condizioni di buona manutenzione. Tale valore necessita oggi di attenta verifica, poiché l'attuale capacità del tratto arginato, fortemente condizionata dallo stato di manutenzione della vegetazione dell'alveo e dalla sedimentazione sui piani golenali, risulta complessivamente inferiore.

Il territorio comunale di San Felice sul Panaro, rientra anche all'interno delle aree interessate da rischio idraulico significativo connesso con eventi alluvionali del **fiume Secchia**, che comprende tutto il tratto dalla cassa di espansione di Modena - Rubiera - Campogalliano, alla confluenza in Po

e racchiude il territorio di Pianura Padana compreso tra il torrente Crostolo e il fiume Panaro, con un'estensione di circa 1500 km<sup>2</sup>.

Il sistema che difende la pianura dalle inondazioni del fiume Secchia è composto dalla cassa di espansione localizzata tra la via Emilia e l'Autostrada A1 (completamente delimitata da rilevati arginali), da un'area di naturale espansione delle piene compresa tra la cassa di espansione e il canale Calvetro, e dal sistema arginale maestro che si sviluppa con continuità su entrambe le sponde a valle dell'Autostrada A1 risalendo per breve tratto a monte di essa in destra idraulica. La lunghezza complessiva degli argini che compongono tale sistema è di circa 150 km.

La cassa di espansione occupa una superficie di circa 200 ettari ed ha un volume di invaso di circa 18 milioni di metri cubi. Il sistema arginale maestro del fiume Secchia si sviluppa con continuità su entrambe le sponde poco a valle della cassa di espansione, ma non in continuità con essa, permettendo così l'inondazione di un'area "polmone" di espansione e laminazione delle piene che è delimitata in parte da terreni a quote più alte, in parte dall'argine del canale Calvetro, in parte dall'argine maestro destro del Secchia avente origine subito a valle dell'immissione del rio Cittanova.

Le portate di piena di riferimento da Castellarano a Rubiera sono state aggiornate mediante lo Studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del Po, in base alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.12 del 2008 "Indirizzi e modalità per la revisione del quadro conoscitivo del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), ai sensi ed in adempimento dell'art. 1, comma 9 dell'Elaborato 7 (Norme di attuazione) di tale Piano stralcio". In particolare, la portata al colmo di riferimento, con tempo di ritorno di 200 anni, a Castellarano è di 1700 m<sup>3</sup>/s, mentre a Rubiera è di 2000 m<sup>3</sup>/s.

A valle delle casse di espansione, e quindi in tutto il tratto arginato, non è definibile un valore di portata di tempo di ritorno di 200 anni nelle condizioni attuali del corso d'acqua e del sistema difensivo. Infatti la cassa di espansione, non essendo sufficiente per la laminazione dell'onda di un tale evento, rilascia verso il tratto arginato portate maggiori di quelle che esso può sostenere, con conseguenti possibili sormonti e, con essi, probabili rotte. Nel PAI è indicato un valore di portata al colmo di riferimento per il tratto arginato, ma tale valore, assunto pari a 750 m<sup>3</sup>/s, è un valore obiettivo, relativo all'assetto di progetto del corso d'acqua definito nel Piano, raggiungibile mediante il potenziamento della capacità di laminazione a monte del tratto arginato stesso, e da esso sostenibile solo in condizioni di buona manutenzione. Infatti, nell'ambito della redazione del PAI, si era stimato che il valore di portata al colmo di 750 m<sup>3</sup>/s fosse il massimo defluibile con adeguata sicurezza nel tratto arginato, qualora esso fosse mantenuto in un buono stato di manutenzione. Tuttavia in base ai più aggiornati studi svolti in attuazione della Direttiva 2007/60/CE, tale valore necessita oggi di attenta verifica, poiché l'attuale capacità del tratto arginato, fortemente condizionata dallo stato di manutenzione della vegetazione dell'alveo e dalla sedimentazione sui piani golenali, risulta complessivamente inferiore.

Nonostante l'entrata in funzione della cassa di espansione, gli argini maestri del fiume Secchia sono soggetti al rischio di tracimazione già per piene di media probabilità e, per come sono attualmente realizzate le arginature, alla tracimazione dell'argine consegue rapidamente il collasso con esiti catastrofici per la pianura retrostante; le attuali dimensioni della cassa di espansione e dei suoi manufatti di regolazione, consentono infatti una buona laminazione delle piene di elevata probabilità, ma molto ridotta per le piene di media probabilità.

Storicamente, tali argini, nel tempo ed in seguito agli eventi di piena più rilevanti, sono stati progressivamente rialzati e ringrossati, fino a diventare delle vere e proprie dighe in terra pensili sul piano di campagna, di altezza massima anche superiore ai 10 metri e ad oggi non più significativamente adeguabili in quota per raggiunte condizioni limite strutturali. Oltre al rischio di tracimazione, essi sono quindi soggetti ad altre due tipologie di rischio: il rischio di sifonamento e sfiancamento e il rischio di erosione (in certi tratti, sono praticamente in froldo).

Proprio recentemente, purtroppo, nel corso dell'evento di piena del 17-19 gennaio 2014, si è verificata una rotta nell'argine destro in località San Matteo, nello stesso tratto di una rotta del 1972, ma non nello stesso punto, con effetti disastrosi per il territorio di pianura compreso tra il Secchia e il Panaro.

Tale rotta è avvenuta senza sormonto per livelli di piena inferiori all'evento del dicembre 2009 (si veda al riguardo il precedente paragrafo 1.3.1).

### ***2.1.2.1 Scenari di pericolosità definiti dalla Pianificazione sovraordinata***

#### **Piano Gestione Rischio Alluvioni del Distretto del PO (Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po)**

In conformità agli artt. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE, dell'art. 7 del D. Lgs. n. 49/2010 nonché dell'art. 4 del D. Lgs. n. 219/2010, nella seduta di Comitato Istituzionale del 17 dicembre 2015, con deliberazione n. 4/2015, è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel distretto del Po (PGRA), approvato nella seduta di Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/201.

Il PGRA definisce, in linea generale per l'intero bacino del fiume Po, la strategia per la riduzione del rischio di alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su 5 obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell'esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi.

Il PGRA è stato elaborato sulla base della diagnosi di criticità derivante dalle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (che sono state a suo tempo elaborate, approvate e pubblicate in coerenza con quanto previsto dall'art. 6 del medesimo D. Lgs. n. 49/2010 e che costituiscono specifici elaborati di Piano).

La suddetta mappatura è stata redatta utilizzando tutte le conoscenze e gli studi idraulici disponibili presso l'Autorità di bacino, le Regioni del Distretto idrografico padano ed i Comuni che al momento di avvio dell'attività di mappatura (dicembre 2010) avevano già proceduto alla predisposizione degli Studi idrologici e idraulici per l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai previgenti strumenti della pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI).

Con riferimento alla "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" si evidenzia che il territorio comunale viene classificato nei seguenti scenari di pericolosità:

#### **Ambito di riferimento: reticolo naturale principale e secondario (cfr. Fig. 29)**

P1 - L (scarsa probabilità di alluvioni o eventi estremi); comprende tutto il territorio comunale; a tale scenario è associato un tempo di ritorno di 500 anni con grado di pericolosità basso.

#### **Ambito di riferimento: Reticolo secondario di pianura (cfr. Fig. 30)**

- P3 - H (Alluvioni Frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità); a tale scenario è associato una pericolosità elevata; comprende aree allagate da fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua del reticolo secondario o di bonifica, segnalate direttamente dai Consorzi di Bonifica ed enti Gestori del reticolo; diverse aree sono quelle interessate dell'evento piovoso particolarmente intenso del 12-13/05/1996, rilevate dal Consorzio di Bonifica e riportate anche nella Tav. QC.5/T2 "Suolo, sottosuolo, acque - Emergenze e criticità" del QC del PSC originario, come la zona a nord-est del capoluogo, l'area ad est dell'abitato Dogaro lungo l'omonimo corso d'acqua, l'area posta a sud-est del capoluogo lungo il cavo Sant'Antonio, l'area a nord della zona industriale e l'area posta all'estremità nord-est del territorio comunale, connessa con le criticità della Fossa Reggiana, del Fosso Lungo e del Fosso Storto;

- P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità); a tale scenario, che interessa tutta la restante parte del territorio comunale, è associato una pericolosità media.

Facendo riferimento alla "Mappa del rischio potenziale" si evidenzia che il territorio comunale viene classificato nei seguenti scenari di pericolosità:

Ambito di riferimento: reticolo naturale principale e secondario (cfr. Fig. 31)

R4 - 0,00 Km<sup>2</sup>

R3 (rischio elevato) - 0,00 Km<sup>2</sup>

R2 (rischio medio) - 6,3 Km<sup>2</sup>

R1 (rischio moderato o nullo) - 45,3 Km<sup>2</sup>

TOTALE - 51,66 Km<sup>2</sup>

Ambito di riferimento: reticolo secondario di pianura (cfr. Fig. 32)

R4 - 0,00 Km<sup>2</sup>

R3 (rischio elevato) - 1,5 Km<sup>2</sup>

R2 (rischio medio) - 12,74 Km<sup>2</sup>

R1 (rischio moderato o nullo) - 37,66 Km<sup>2</sup>

TOTALE - 51,66 Km<sup>2</sup>

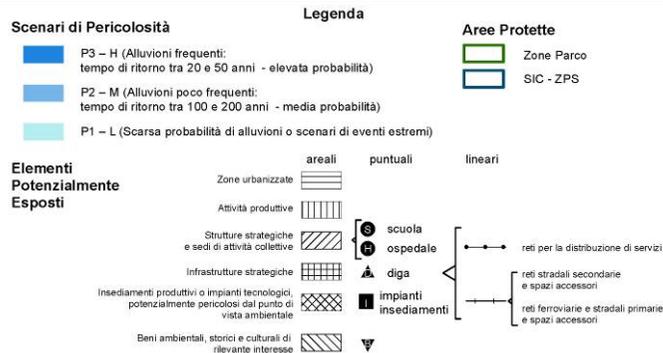
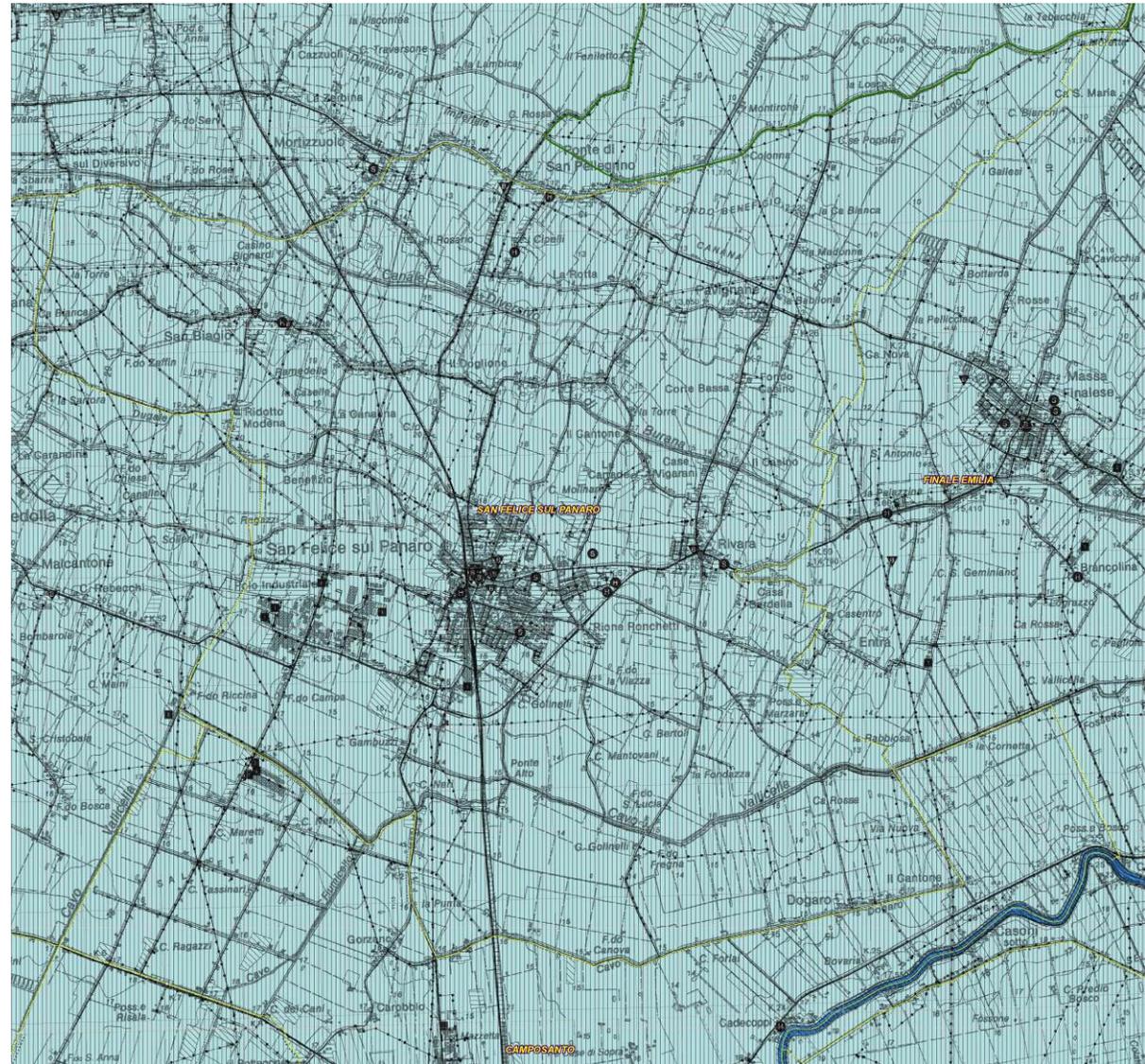


Fig. 29 - Estratto PGRA - "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" - Ambito territoriale: reticolo idrografico principale e secondario

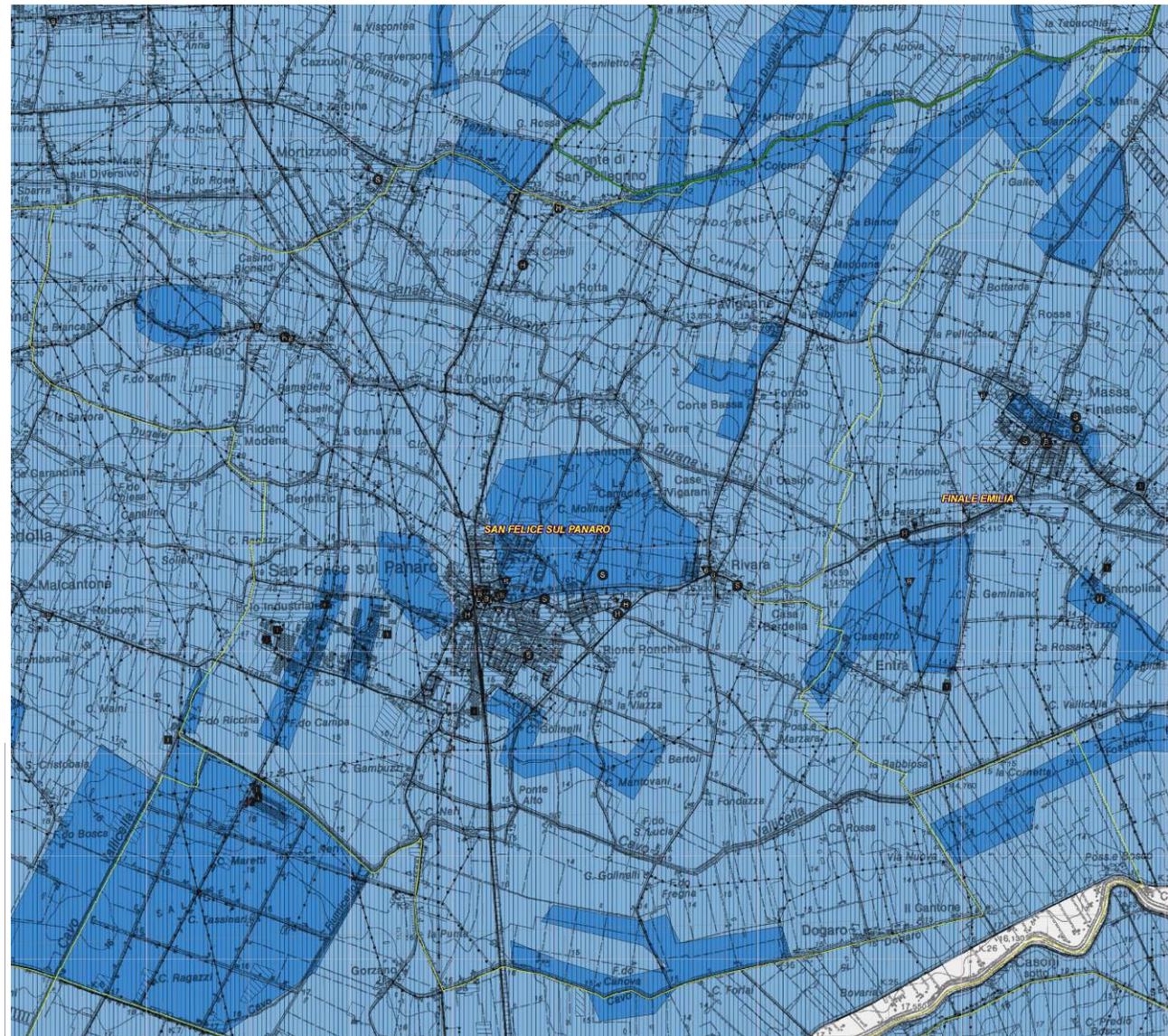
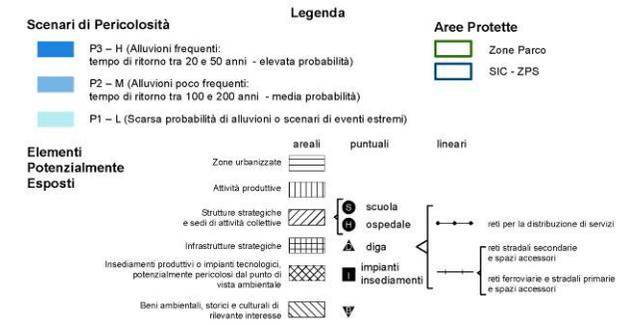


Fig. 30 - Estratto PGRA - "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti" - Ambito territoriale: reticolo secondario di pianura

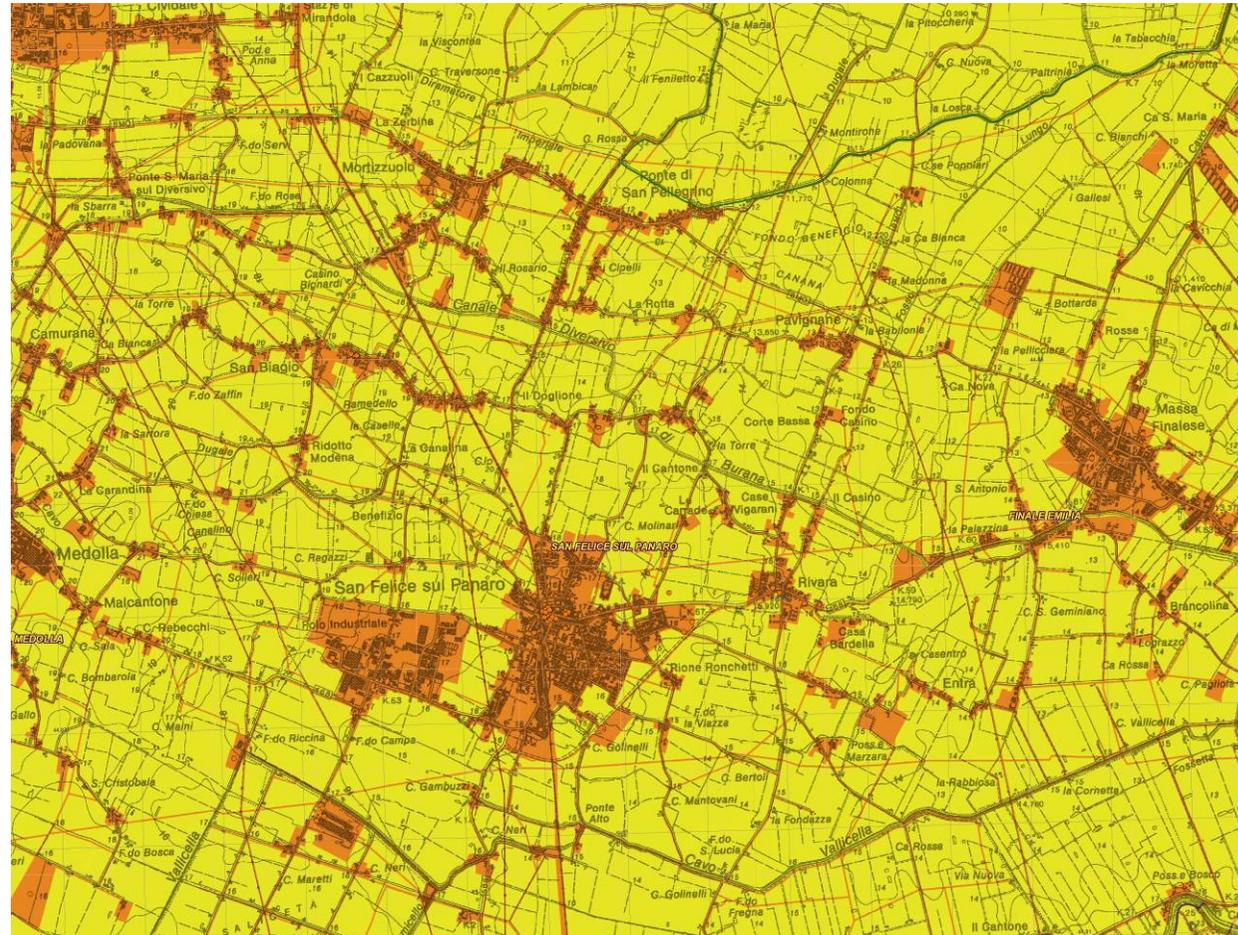


Fig. 31 - Estratto PGRA - "Mapa del rischio potenziale" - Ambito territoriale: reticolo idrografico principale e secondario



Fig. 32 - Estratto PGRA - "Mappa del rischio potenziale" - Ambito territoriale: reticolo secondario di pianura

### **Piano Stralcio fasce fluviali Autorità di Bacino del Po (PAI)**

Con riferimento alle perimetrazioni del PAI vigente, l'intero territorio comunale è compreso entro la perimetrazione della **fascia C** - Area di inondazione per piena catastrofica (Art. 31)

Nell'ambito della redazione del PGRA è stata condotta una specifica attività volta a verificare le esigenze di aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (Piano per l'Assetto Idrogeologico - PAI e PAI Delta) allo scopo di armonizzarli con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - PGRA. Un'attività particolare, in coordinamento con le Regioni del Distretto, ha riguardato le Norme di Attuazione (NA) del PAI e del PAI Delta allo scopo di aggiornarle ed integrarle in relazione alla necessità di acquisire i nuovi quadri conoscitivi del PGRA.

Con Decreto del Segretario Generale n. 115 del 19 giugno 2015 è stato pubblicato lo Schema di Progetto di Variante alle NA del PAI e del PAI Delta, al fine di promuovere la partecipazione attiva di tutte le parti interessate all'elaborazione, al riesame ed all'aggiornamento degli strumenti della pianificazione di bacino distrettuale del fiume Po, ai sensi e per gli effetti dell'art. 66, comma 7, lettera c) del D.lgs. 152/2006: AdbPo\_DecretoSG\_115-2015\_VarianteNA-PAI. A conclusione della fase di partecipazione attiva con Deliberazione n. 5/2015, nella seduta di Comitato Istituzionale del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Progetto di Variante alle NA del PAI e del PAI Delta e si è avviata la fase di osservazione.

Al fine di rispondere alla necessità, sollevata da alcune amministrazioni in fase di osservazione, relativa alle indicazioni operative per l'applicazione delle misure di salvaguardia nelle aree individuate nei diversi ambiti delle mappe di pericolosità e del rischio del PGRA, con specifico riferimento a quegli ambiti di pericolosità non già individuati nelle perimetrazioni del PAI e PTCP vigenti, per i quali la Variante fornisce un quadro conoscitivo, ma non un apparato normativo, quali nello specifico l'ambito del reticolo secondario di pianura, la Giunta della Regione Emilia Romagna in data 01 agosto 2016, tramite il DGR 1300/2016, ha deliberato di approvare il documento tecnico "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'art. 58 Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) - Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 5 del 17/12/2015". Tra le altre disposizioni la DGR 1300\_2016 della RER, al punto 5.2 detta disposizioni specifiche" relative al Reticolo Secondario di Pianura (RSP), recitando: *Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali."*

In data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 il Comitato Istituzionale ha adottato la Variante alle norme del PAI e del PAI Delta. Nella Gazzetta Ufficiale n. 50 del 1 marzo 2017 è stato pubblicato l'avviso di adozione delle deliberazioni adottate dal Comitato Istituzionale nella seduta del 7 dicembre 2016.

Ai sensi dell'Art. 57 delle NA del Progetto di Variante PAI, *"Gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della Pericolosità, mappe degli elementi esposti a rischio e Mappe del Rischio di alluvione ....., costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI"*.

### **Piano territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)**

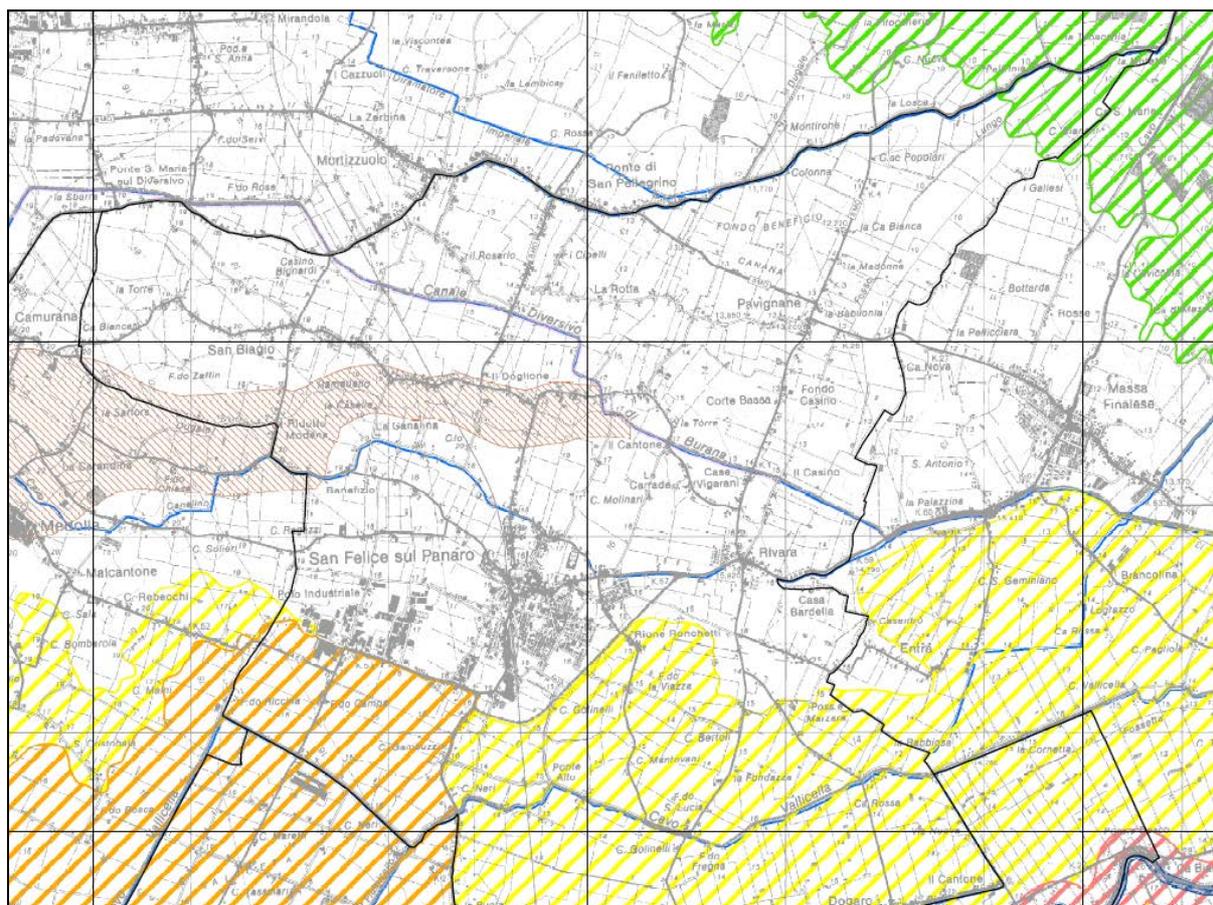
Il PTCP della Provincia di Modena, approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 46 del 18/03/2009, affronta il tema della pericolosità e/o criticità idraulica nella Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica", definendo aree a differente grado di criticità e pericolosità idraulica rispetto al reticolo idrografico principale, normate dai contenuti dell'art. 11 delle NTA del PTCP.

La sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio viene definita dalla cartografia provinciale, individuando ambiti a diverso grado di pericolosità/criticità idraulica, sulla base della valutazione dei possibili effetti in occasione di una piena cinquantennale, in relazione alle diverse altezze arginali (Aree A1 - pericolosità idraulica), e alle situazioni morfologiche in cui in caso di allagamento si riscontra la possibilità di permanenza dell'acqua o comunque la bassa capacità di smaltimento (Aree A2 e A3 - criticità idraulica). In particolare, l'approccio metodologico utilizzato dal PTCP per la definizione delle aree a differente criticità idraulica è basato su un approccio modellistico teorico per le Aree A1 e su un approccio morfologico - altimetrico per la definizione delle aree A2, A3 e A4.

Con specifico riferimento al territorio comunale, la carta 2.3 del PTCP individua le seguenti aree soggette a differente pericolosità e/o criticità idraulica:

- Aree A2 - aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m. Tali aree si trovano in comparti morfologici allagabili e sono caratterizzate da condizioni altimetriche particolarmente critiche; nel territorio comunale di San Felice è presente una sola area A2 nella zona sud occidentale, confinata verso est dalla S.P. 568 e verso nord dalla S.P. 468 Via Perossaro;
- Aree A3 - aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B, situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe precedente, aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili. E' compresa in quest'area la restante zona meridionale del territorio comunale, confinata verso ovest dalle S.P. 568 e 468, mentre verso nord si ferma poco a sud della Via Marzanella Rivarese;
- Aree A4 - aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento situate in comparti non immediatamente raggiungibili dall'acqua, ma caratterizzate da condizioni altimetriche che ne determinano la difficoltà di drenaggio e tempi lunghi di permanenza. Risulta compresa entro tale aree, una piccola zona all'estremità nord orientale del territorio comunale.

Nella figura seguente si riporta un estratto della Tavola 2.3. del PTCP, per la parte di territorio comprendente il comune di San Felice sul Panaro.



VOCI DI LEGENDA	
<b>Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica</b>	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

**Fig. 33 - Estratto Tav. 2.3.1 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" (PTCP della Provincia di Modena)**

In seguito alla sottoscrizione dell'Intesa di cui all'art. 57 del D.Lgs. 112/1998 avvenuta in data 14/10/2010, tra la Provincia di Modena, l'Autorità di Bacino del fiume Po e la Regione Emilia-Romagna, ai sensi dell'art. 21 comma 2 della LR 20/2000, il PTCP della Provincia di Modena ha assunto valore ed effetto di PAI.

### 2.1.2.2 Restituzione cartografica delle aree interessate da criticità idraulica

La perimetrazione delle aree interessate da criticità idraulica è stata riportata nella Tavola QC.5/t2 "Geomorfologia", facendo riferimento alla "Tavola 2.3 - Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP della Provincia di Modena, alla cartografia storica che documenta aree allagate in occasione di differenti eventi calamitosi, oltre al dato rilevato dal

Consorzio di Bonifica circa le aree allagate in occasione dell'evento piovoso particolarmente intenso del 12-13/05/1996.

Con riferimento alla cartografia di PTCP, vengono individuate zone critiche nelle aree meridionali del territorio comunale, più prossime al fiume Panaro; in particolare s'individua:

- un'esigua area nella parte sud-occidentale, compresa entro le "Aree A2 - aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1.0 m"; si tratta di aree che ricadono all'interno dei comparti morfologici a maggiore probabilità di inondazione e comprendono le zone maggiormente depresse del comparto, con caratteristiche altimetriche tali da prevedere il concentrarsi di grossi quantitativi di acqua. Tali aree vengono considerate ad elevata criticità idraulica, in esse l'altezza raggiunta e i tempi di permanenza legati ad un difficile smaltimento determinano l'insorgere di difficoltà e danni al sistema insediativo presente;
- una porzione maggiormente estesa, ma comunque sempre confinata all'estremità meridionale del territorio comunale, compresa entro le "Aree A3 - aree depresse ad elevata criticità idraulica, aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica"; si tratta di aree depresse ubicate nei comparti idromorfologici ad elevata probabilità di inondazione ma la situazione altimetrica è tale che il tirante d'acqua, in occasione della rotta arginale, non può raggiungere valori elevati. Entro tale perimetrazione è compreso l'abitato di Dogaro.
- Un'esigua porzione di territorio posta all'estremità nord-est del territorio, compresa entro il perimetro delle "Aree A4 - aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento situate in comparti non immediatamente raggiungibili dall'acqua, ma caratterizzate da condizioni altimetriche che ne determinano la difficoltà di drenaggio e tempi lunghi di permanenza"; tali aree erano state ricomprese nel QC originario all'interno di aree a maggior criticità idraulica, individuate sulla base dei dati bibliografici esistenti, delle criticità segnalate dal Consorzio di Bonifica e delle evidenze dei fenomeni di allagamento storicamente occorsi. La maggior pericolosità rilevata rispetto alla cartografia provinciale era connessa non tanto al reticolo principale (alla cui criticità lo strumento provinciale fa riferimento), quanto al reticolo idrografico di bonifica di pianura, che evidenziava nell'area condizioni di particolare criticità, come messo in evidenza dai ripetuti fenomeni di esondazione occorsi anche in epoche più recenti. Tale evidenza, già presente nell'ambito del QC del PSC originario, ha trovato per altro conferma anche dal confronto con le cartografie delle "Mappe di Pericolosità e degli elementi esposti" del PGRA, che con riferimento al reticolo idrografico di pianura, attribuiscono alla quasi totalità di questa porzione di territorio uno scenario di pericolosità P3 - alluvioni frequenti.

Per quanto riguarda le aree interessate da allagamenti, si è fatto riferimento a dati bibliografici che hanno permesso d'individuare le aree allagate almeno 1, 2, o tre volte e le rotte fluviali negli ultimi due secoli; tra queste, le aree allagate almeno tre volte sono da considerarsi quelle a maggior grado di criticità e pertanto si ritiene necessario escludere nuove previsioni insediative all'interno di tali aree.

A queste si deve aggiungere per la zona meridionale del territorio comunale, già compresa in area allagata almeno tre volte, interessata dal recente allagamento in occasione della rotta del fiume Secchia del 19 gennaio 2014.

Nella Tavola QC.5/T2 "Suolo, sottosuolo, acque - Emergenze e criticità", sono stati cartografati gli elementi escludenti e/o condizionanti le trasformazioni dei suoli; in tale cartografia sono stati confermati gli elementi di criticità idraulica già riportati ed è stata aggiunta la perimetrazione delle Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B di cui alla Carta 2.3 "Rischio idraulico, non già comprese entro la perimetrazione delle "Aree allagate almeno tre volte negli ultimi due secoli", definite dal QC del PSC vigente, interessate da maggior criticità idraulica. Nella suddetta cartografia sono inoltre stati aggiornati i tracciati dei corsi d'acqua della rete di bonifica e le

relative zone di rispetto idraulico, coincidenti con 10 m per lato. Con riferimento alle criticità di tipo idrologico ed idraulico, sono stati riportati i seguenti elementi:

tra gli elementi escludenti l'edificazione:

- le **Aree allagate almeno tre volte negli ultimi due secoli**; si tratta di aree del territorio maggiormente depresse nelle quali è maggiormente probabile l'allagamento in occasione di eventi calamitosi: entro tali aree è necessario escludere nuove previsioni insediative (nuovi ambiti), subordinare gli interventi di nuova costruzione eventualmente ammessi dal PSC alla realizzazione di misure di riduzione del rischio idraulico e ad accorgimenti costruttivi che permettano di ridurre la vulnerabilità degli edifici, quali la sopraelevazione del piano di calpestio del piano terreno ad una quota rialzata di almeno 50 cm rispetto alla quota media del piano campagna circostante o del marciapiede stradale, in relazione alle diverse zone del territorio comunale in cui l'intervento ricade, la realizzazione di unità immobiliari residenziali almeno su due piani con scala interna di collegamento tra il piano terra e il piano primo, ecc. All'interno di tali aree sono state ricomprese, come detto, anche le aree A4 del PTCP presenti nella sola porzione nord-est del territorio comunale, alle quali è quindi stato attribuito un maggior grado di pericolosità idraulica rispetto a quella definita dallo strumento provinciale.

Tra gli elementi condizionanti l'edificazione:

- le **Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1.0 m**, coincidenti con le Aree A2 del PTCP a cui è stata apportata una leggera modifica con ampliamento del limite nord-ovest, che è stato pertanto ampliato verso nord, "appoggiandolo" all'elemento "barriera" rappresentato dalla strada per Medolla, come avviene d'altra parte nelle zone poste ad est e ad ovest. In tali aree è necessario subordinare eventuali previsioni insediative a misure complessive di riduzione del rischio idraulico, all'utilizzo di opportuni accorgimenti nelle tecniche edificatorie (presenza di scale interne, assenza di vani interrati, divieto di realizzare edifici residenziali al solo piano terra con sviluppo almeno su due piani e scala interna di collegamento, ecc.) e ad un'opportuna pianificazione dell'emergenza, da perseguire per raggiungere la sicurezza e l'incolumità delle persone nonché la limitazione dei danni economici;
- le **Aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B**, (nuova perimetrazione inserita con la presente variante), coincidenti con le aree A3 del PTCP non già comprese entro la perimetrazione delle "Aree allagate almeno tre volte" considerate a maggior grado di criticità in quanto interessate da almeno tre episodi alluvionali accertati; anche entro tali aree si dovranno regolamentare gli interventi ammessi, sia di nuova costruzione che quelli sul patrimonio edilizio esistente, inserendo misure di riduzione del rischio idraulico;
- le **presunte aree allagate in occasione dell'evento piovoso particolarmente intenso del 12-13/05/1996**, rilevate dal Consorzio di Bonifica; tali aree costituiscono elemento di rischio idraulico connesso con il reticolo idraulico minore; la perimetrazione di tali aree, già riportata nella carta QC.5/T2 del QC originario, trova una buona corrispondenza con quella delle aree individuate nello Scenario di pericolosità P3-H - elevata pericolosità - Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura, del PGRA dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Queste aree comprendono buona parte delle aree A4 del PTCP presenti nella sola porzione nord-est del territorio comunale, alle quali è quindi stato attribuito un maggior grado di pericolosità idraulica rispetto a quella definita dallo strumento provinciale, derivante dalle criticità connesse con il reticolo secondario di pianura.

### **2.1.3 Aspetti qualitativi**

Per la definizione degli aspetti qualitativi delle acque superficiali si è fatto riferimento ai contenuti del "Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena (10° relazione)"

Anni 2010 - 2011 pubblicato nel gennaio 2013 a cura di Arpa - sezione di Modena, quali ultimi dati disponibili a livello provinciale ed al Report regionale "La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna - Annuario dei dati 2014".

Il monitoraggio delle acque superficiali in Emilia-Romagna, attivo fino al 2009 ai sensi del D.Lgs 152/99, nel 2010 è stato adeguato alla Direttiva 2000/60/CE, recepita dal D.Lgs 152/06 e successivi decreti attuativi; sono state introdotte pertanto grosse innovazioni, sia nell'individuazione delle reti di monitoraggio, sia in termini di profili di analisi e di frequenze di controllo applicati. Il lavoro preliminare finalizzato all'individuazione, caratterizzazione e tipizzazione dei corpi idrici, che ha delineato il quadro tecnico ed ha permesso di istituire la rete di prima individuazione, è stato estremamente complesso ed è terminato alla fine del 2009. Solo nel 2010 con la D.G.R. 350, la Regione Emilia-Romagna ha ufficializzato le nuove reti e i programmi di monitoraggio predisposti per il triennio 2010 -2012, contestualmente all'avvio del nuovo sistema di monitoraggio.

Per ciascun distretto idrografico è stata inoltre prevista la predisposizione di un Piano di Gestione (P.d.G.), cioè di uno strumento conoscitivo, strategico e operativo attraverso cui pianificare, attuare e monitorare le misure per la protezione, risanamento e miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei, favorendo il raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti dalla Direttiva. Il termine del primo ciclo di piani di gestione era dicembre 2015, data entro la quale ogni Stato membro avrebbe dovuto raggiungere il "buono" stato e garantire il mantenimento dello stato "elevato", qualora già raggiunto per tutti i corpi idrici e contestualmente deve avere avvio il secondo ciclo, 2015-2021.

Gli esiti dei monitoraggi condotti nel triennio 2010-2012, unitamente al 2013, costituiscono pertanto il quadro conoscitivo dell'aggiornamento/riesame dei Piani di Gestione distrettuali 2015-2021, utile per la valutazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi previsti.

La valutazione dello stato dei corpi, per il quadriennio 2010-2013, è stata quindi ottenuta, integrando i dati del triennio 2010-2012 (classificazione ufficiale) con i risultati del monitoraggio condotto nell'anno 2013.

Alla luce dei dati di monitoraggio 2013, per ciascun corpo idrico è stato effettuato un riesame dello stato (ecologico, chimico e quantitativo) già assegnato alla fine del triennio 2010-2012; nella classificazione 2010-2012 ad ogni livello dello stato era stato infatti associato il livello di confidenza della classe attribuita inteso come "stima del livello di fiducia e precisione dei risultati forniti dal programma di monitoraggio" al fine di valutare l'attendibilità della classificazione.

Per quanto riguarda il fiume Panaro (tributario indirettamente delle acque ricadenti nel territorio comunale), per il territorio di San Felice si può far riferimento alla stazione di monitoraggio di Bondeno, posta a monte del territorio comunale.

P8	Ponte Bondeno	01221600	RA O T	Chiusura di bacino. Riceve i contributi dal canale collettore Acque Alte in località Finale Emilia, che riceve a sua volta quelli del canal Torbido, del canale collettore Acque Basse nei pressi di Bondeno e del canale Diversivo di Burana che si immette nel Panaro nei pressi di Santa Bianca.
----	---------------	----------	--------------	---

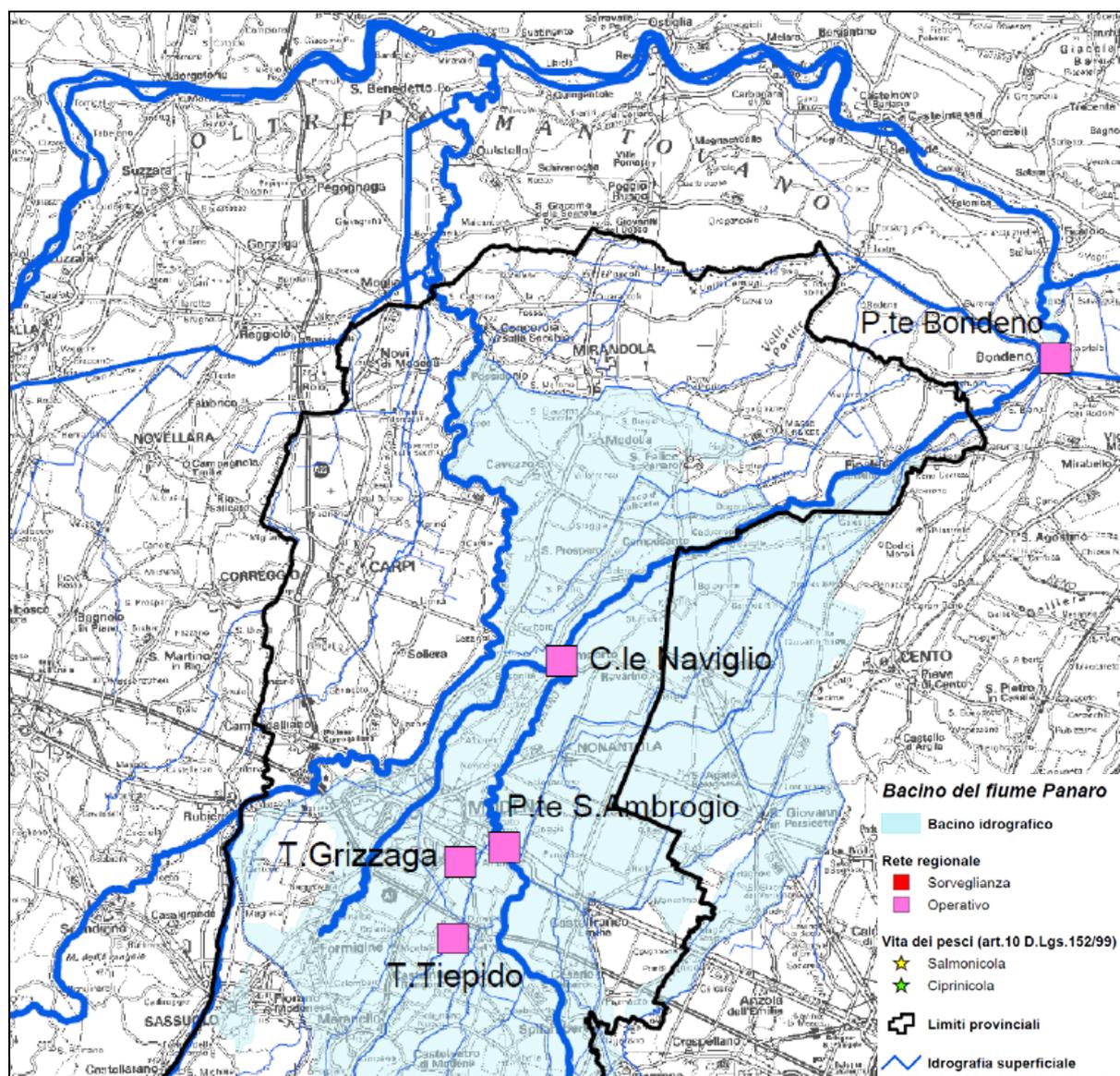


Fig. 34 - Mappa delle reti di monitoraggio delle acque superficiali

Facendo riferimento al Report regionale, nel triennio 2010 - 2012, per la stazione di Bondeno si evidenzia uno stato ecologico "Sufficiente", confermato anche per il monitoraggio del 2014 ed uno stato chimico "Buono", confermato anche per dal monitoraggio 2013 e 2014 (cfr. tabelle 12 e 12bis).

Distretto Idrografico	Corpo idrico	Asta	Nome stazione di misura	Classificazione stato ecologico 2010-2012	Valutazione stato ecologico 2013	Valutazione stato ecologico 2014
Distretto Idrografico Pianura Padana	Fiumi	F. Po	Pontelagoscuro - Ferrara	MB		L, MB
		R. Bardonecchia	Pte C.S. Giovanni - Bosnasco	MB		MB
		R. Lora - Carogna	Via Malvicino, C. San Giovanni	D, MF		L, MB, D, MF
		T. Boriaccio	A valle di Castel San Giovanni	L, MB, MF		L, MB, MF
		T. Tidone	Pontetidone	MB, MF	MB	MB
		F. Trebbia	Foce in Po	MF	MB	
		T. Nure	Ponte Bagarotto	MB	MF	
		T. Chiavenna	Chiavenna Landi	L, MB		
		T. Arda	A Villanova	L, MB, D		
		T. Ongina	S.P. ex S.S. 588 loc. Vidalenzo	L, MB, D		
		F. Taro	San Quirico - Trecasali			MB
		C.le Milanino	Loc. Fossette di Sissa*	L (ART)		
		Sissa Abate	Dietro Borghetto Casa Rondello**		L (ART)	L (ART)
		T. Parma	Colomo	L (NO BIO)		L (NO BIO)
		T. Enza	Brescello	L (NO BIO)		(NO BIO)
		T. Crostolo	Ponte Baccanello - Guastalla	L (NO BIO)		L (NO BIO)
		F. Secchia	Pte Bondanello - Modia (MN)	L (NO BIO)		(NO BIO)
		F. Panaro	Ponte Bondeno (FE)	L (NO BIO)		L (NO BIO)
		Canal Bianco	Ponte s.s. Romea - Mesola	L (ART)		L (ART)
		Po di Volano	Codigoro (Ponte Varano)	L (ART)		L (ART)
C.le Navigabile	Monte valle Lepri - Ostellato	L (ART)		L (ART)		

Nota: \*/\*\*Stazioni sostituite tra il 2012 e il 2013

■ Elevato ■ Buono ■ Sufficiente ■ Scarso ■ Cattivo ■ Monitoraggio non previsto negli anni indicati

L = LIMeco; CH1B = Parametri chimici a supporto (tab. 1B DM 260/2010); LT = LtLEco; MB = Macrobenetos; D = Diatomee bentoniche; MF = Macrofite acquatiche; ESP = Giudizio esperto concordato con RER sulla classificazione ufficiale del triennio 2010-12 nelle chiusure di bacino; NO BIO = Informazioni derivanti dai soli elementi chimici per inapplicabilità dei metodi di monitoraggio degli elementi biologici

tab. 12 - Stato Ecologico dei fiumi e invasi (2010-2012, 2013, 2014) (FONTE "La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna - Annuario dei dati 2014 - ARPA ER)

Distretto Idrografico	Corpo idrico	Asta	Nome stazione di misura	Classificazione stato chimico 2010-2012	Valutazione stato chimico 2013	Valutazione stato chimico 2014
Distretto Idrografico Pianura Padana	Fiumi	F. Po	Pontelagoscuro - Ferrara			
		R. Bardonezza	Pte C.S. Giovanni - Bosnasco			
		R. Lora - Carogna	Via Malvicino, C. San Giovanni			
		T. Boriacco	A valle di Castel San Giovanni			
		T. Tidone	Pontetidone			
		F. Trebbia	Foce in Po			
		T. Nure	Ponte Bagarotto			
		T. Chiavenna	Chiavenna Landi			
		T. Arda	A Villanova			
		T. Ongina	S.P. ex S.S. 588 loc. Vidalenzo			
		F. Taro	San Quirico - Treccasali			
		C.le Milanino	Loc. Fossette di Sissa			
		T. Parma	Colorno	Difenileteri Bromati		
		T. Enza	Brescello			
		T. Crostolo	Ponte Baccanello - Cuastalla			
		F. Secchia	Pte Bondanello - Moglia (MN)	Difenileteri Bromati		
		F. Panaro	Ponte Bondeno (FE)			
Canal Bianco	Ponte s.s. Romca - Mesola					
Po di Volano	Codigoro (Ponte Varano)					
C.le Navigabile	Monte valle Lepri - Ostellato					

STATO CHIMICO

■ Buono ■ Non buono ■ Monitoraggio non previsto negli anni indicati

tab. 12 bis - Stato Chimico dei fiumi e invasi (2010-2012, 2013, 2014) (FONTE "La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna - Annuario dei dati 2014 - ARPA ER)

#### 2.1.4 Carico idraulico sui bacini urbani ed extraurbani

Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.

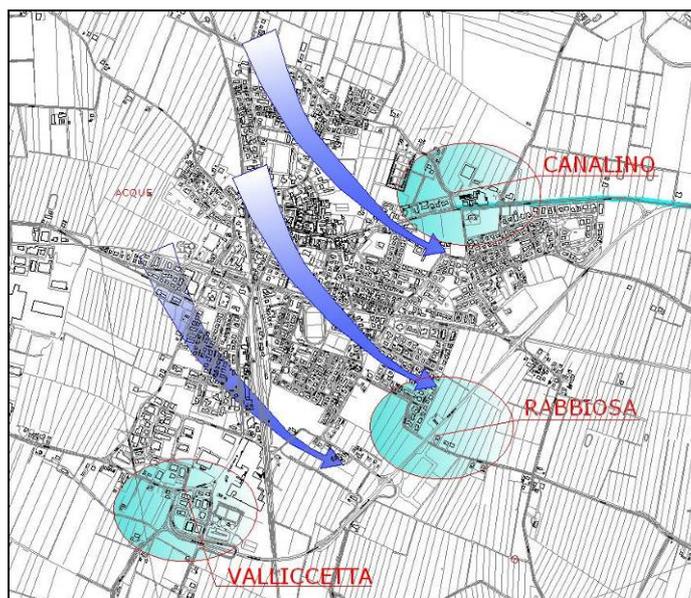
#### 2.1.5 Considerazioni sul sistema fognario e depurativo

Con riferimento alle analisi relative al sistema fognario di San Felice, si evidenzia, nel complesso, una situazione abbastanza problematica.

Il sedime su cui si sviluppa la rete di drenaggio urbano dell'agglomerato di S. Felice risulta essere caratterizzato da un singolare andamento altimetrico decrescente da nord-est verso sud-ovest; su questo andamento si conforma l'idrografia superficiale dei canali di bonifica ed irrigazione, che in definitiva rappresenta il sistema ricevente del sistema di collettamento urbano.

I principali canali a cui converge il sistema di drenaggio delle acque reflue urbane sono:

- il Cavo Canalino
- la fossa Rabbiosa
- la bonifica Vallicetta.



Le principali situazioni di crisi legate alla rete fognaria sono dovute a 2 tipi di situazioni riscontrabili in San Felice.

La prima è dovuta alla presenza di un importante reticolo irriguo che insiste nell'intorno dell'abitato e attraverso i comparti urbani solcando densamente l'intero territorio comunale.

La seconda dipende dalla presenza di geometrie di sezione sottodimensionate rispetto al livello di impermeabilizzazione ad oggi raggiunte.

Per quanto concerne i canali irrigui la problematica attiene agli elevati battenti idrici in essi presenti soprattutto nel corso della stagione calda quando si verificano anche gli eventi meteorici più intensi per i quali vi è un evidente condizionamento dello scarico.

Per quanto riguarda invece le caratteristiche della rete fognaria, essa presenta un asse principale di raccolta con sviluppo nord-sud costituito da due collettori principali in esercizio parallelamente allo sviluppo della ferrovia cittadina, rispettivamente a est e a ovest rispetto a quest'ultima:

- il collettore a ovest della ferrovia sottopassa la ferrovia in due punti, a nord e a sud della stazione di S. Felice, che rappresentano le interconnessioni di tipo idraulico tra il sistema di drenaggio della parte est e della parte ovest dell'abitato di S. Felice;
- dall'efficienza del collettore a est della ferrovia dipende in gran parte la sicurezza idraulica dell'intero agglomerato di S. Felice; prima dello sbocco a cielo aperto nel cavo S. Antonio, una soglia deriva le acque di magra maggiormente contaminate verso un impianto di sollevamento che le vettorializza verso il sistema di depurazione cittadino.

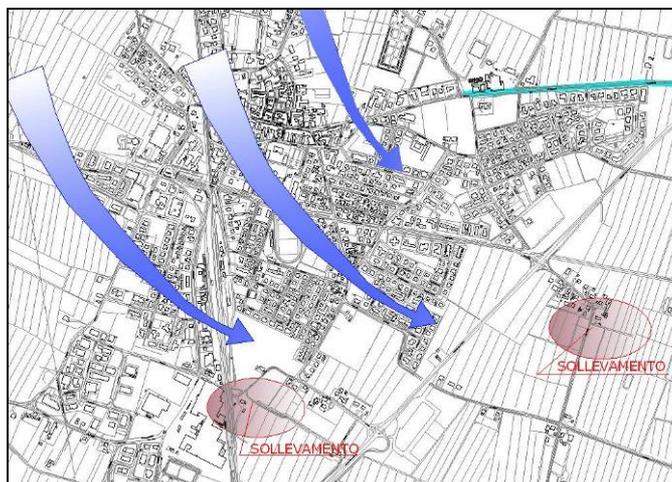
Il principale problema relativo alle fognature di S. Felice è rappresentato dalla commistione tra reticolo di drenaggio e canali di bonifica, in particolare nella zona a nord-ovest dell'agglomerato del capoluogo. Con specifico riferimento al periodo estivo tendono a defluire all'interno del reticolo di drenaggio cittadino le acque in carico nei fossi adibiti all'irrigazione e alla bonifica della campagna. Tale condizione di esercizio, oltre a limitare l'efficacia del processo depurativo, tende a diminuire fortemente l'efficienza del sistema di drenaggio che, in concomitanza degli eventi piovosi di una certa entità, si ritrova fortemente limitato dalla presenza di acque parassite che saturano la capacità di trasporto dei collettori predisposti all'esercizio fognario.

A tale problematica si deve aggiungere il fatto che, nel periodo estivo, l'esercizio irriguo della bonifica condiziona lo sbocco del sistema fognario che, di fatto, risulta essere parzialmente occluso sin dallo sbocco, oltre al fatto che, specie nella parte storica, la rete fognaria presenta diametri ridotti e sequenze di tubazioni lungo lo sviluppo della rete molto variabili e spesso a geometria non progressivamente crescente.

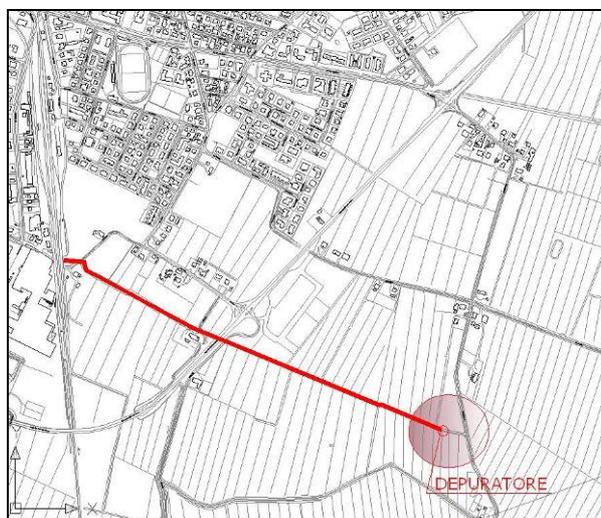
Come già accennato, il sistema di collettamento dell'agglomerato principale risulta caratterizzato da alcuni impianti di sollevamento tra cui due assumono peculiarità di principali:

- a tergo del fosso Bastiglia,
- in prossimità dell'interferenza a sud con l'infrastruttura viaria.

I sollevamenti risultano essere caratterizzati da una logica di funzionamento che prevede l'innalzamento geodetico dei liquami che, subito a valle dell'impianto, proseguono a gravità fino all'impianto di depurazione.

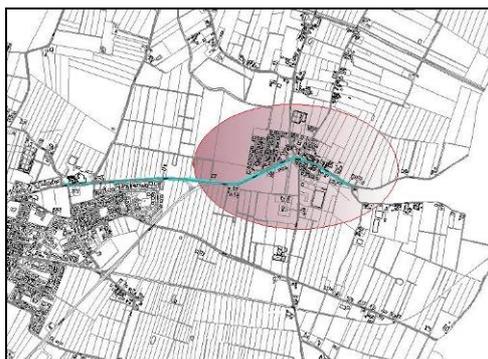


Il depuratore cittadino è in esercizio in prossimità del Cavo S. Antonio, un affluente di destra della fossa Rabbiosa.



Accanto al sistema di drenaggio dell'agglomerato principale si annovera l'agglomerato di più modeste dimensioni di Rivara, a nord-est del capoluogo, in fregio al cavo Canalino, caratterizzato da un impianto di depurazione autonomo, a cui collettano i liquami di origine antropica di due impianti di sollevamento. Tale impianto ha dimostrato negli ultimi decenni un critico stato conservativo delle opere sia civili che elettriche che elettromeccaniche che richiederebbero interventi onerosi di risanamento e/o sostituzione.

Complessivamente si rileva un funzionamento sostanzialmente critico del sistema fognario, segnatamente per i quartieri del capoluogo posti a Sud/Sud-Est del centro storico di S. Felice. Altre situazioni problematiche legate alla zona storica sono state parzialmente sistemate con interventi di potenziamento e diversivi mirati.



In particolare si segnala tra gli interventi effettuati la realizzazione dello scolo per acque meteoriche tra Via Campo di Pozzo e l'Allacciante Fosso Campa, denominato nel QC del PSC originario "Gronda ovest" a risoluzione di criticità segnalate nella zona ovest del capoluogo, oltre che la realizzazione di due fossi di scolo nella zona a nord del capoluogo, lungo la Via Tassi e la Via La Venezia.

Allo stato attuale si conferma che la rete esistente non è, in ogni caso, in grado di sopportare incrementi di superfici da impermeabilizzare, necessitando pertanto di adozione di sistemi di laminazione delle acque.

Si segnala in ogni caso, che rispetto alla situazione esistente al momento della formazione del QC del PSC originario, alcune situazioni problematiche sono state risolte; sono stati attuati alcuni interventi di riequilibrio della rete, specie per sgravare il Centro Storico ed è stato realizzato il tracciato della Gronda Ovest, nel tratto compreso tra il fosso Campa - allacciante Vallicelletta a sud e la Via Campo di Pozzo tratto ad andamento E/O, a nord, ritenuta necessaria per sgravare l'area posta ad ovest del capoluogo.

Si segnala la necessità di completare il tracciato dell'infrastruttura anche nella parte nord prolungando l'attuale tracciato sino alla ferrovia, al fine di raccogliere le acque di scolo provenienti dall'area agricola posta ad ovest del Via Campo di Pozzo tratto ad andamento N/S e quella urbanizzata posta ad est.

#### Considerazioni generali sulla depurazione

Con riferimento al sistema della depurazione, le verifiche sulla capacità residua del depuratore del capoluogo, hanno confermato le criticità già emerse in passato; la depurazione delle acque reflue urbane del capoluogo, originate dalle nuove espansioni, potrà essere garantita solo mediante il potenziamento dell'impianto depurativo del capoluogo.

Il depuratore al servizio della frazione di Rivara, ha dimostrato, nel corso degli ultimi decenni di lavorare con buoni rendimenti depurativi, offrendo disponibilità di trattamento per futuri ed eventuali allacciamenti di ulteriori agglomerati urbani, salvo utenze produttive da verificare preventivamente. Tuttavia si accusa un critico stato conservativo delle opere sia civili che elettriche ed elettromeccaniche, tali da richiedere interventi onerosi di risanamento e/o sostituzione.

Nel Piano degli interventi del gestore è pertanto stato inserito il progetto di potenziamento del depuratore del capoluogo che permetterà anche di collettare gli scarichi della frazione di Rivara ed i reflui provenienti dalla frazione di Camposanto.

Per l'intervento è già prevista una programmazione tecnico-economica, ma resta in attesa dello sblocco di opportuni canali di finanziamento.

Per le zone di Confine, Ponte San Pellegrino e Mortizzuolo è stata attuata l'eliminazione degli impianti e degli scarichi esistenti e il collettamento alle fognature del Comune di Mirandola.

Il sistema di trattamento a servizio della località Dogaro, è funzionale al bacino di pertinenza e rivolto esclusivamente ad una tipologia di reflui di origine civile o dalle caratteristiche fortemente assimilabili.

## 2.2 Acque sotterranee

### 2.2.1 Struttura idrogeologica

Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario; viene modificata solamente l'ultima parte relativa alla caratterizzazione idrochimica, come di seguito riportate.

NOTA: La Fig. 17 diventa Fig. 35

La Fig. 18 diventa Fig. 36

Per una caratterizzazione idrochimica delle acque sotterranee si è fatto riferimento ai dati contenuti del "Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena (10° relazione)"

Anni 2010 - 2011 pubblicato nel gennaio 2013 a cura di Arpa - sezione di Modena, quali ultimi dati disponibili a livello provinciale, a quelli della "Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2010 - 2013" a cura della RER ed a quelli del Report regionale "La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna - Annuario dei dati 2014".

Con riferimento alla rete di monitoraggio, il territorio comunale appartiene alla "Piana alluvionale deltizia" (cfr. figura 37).

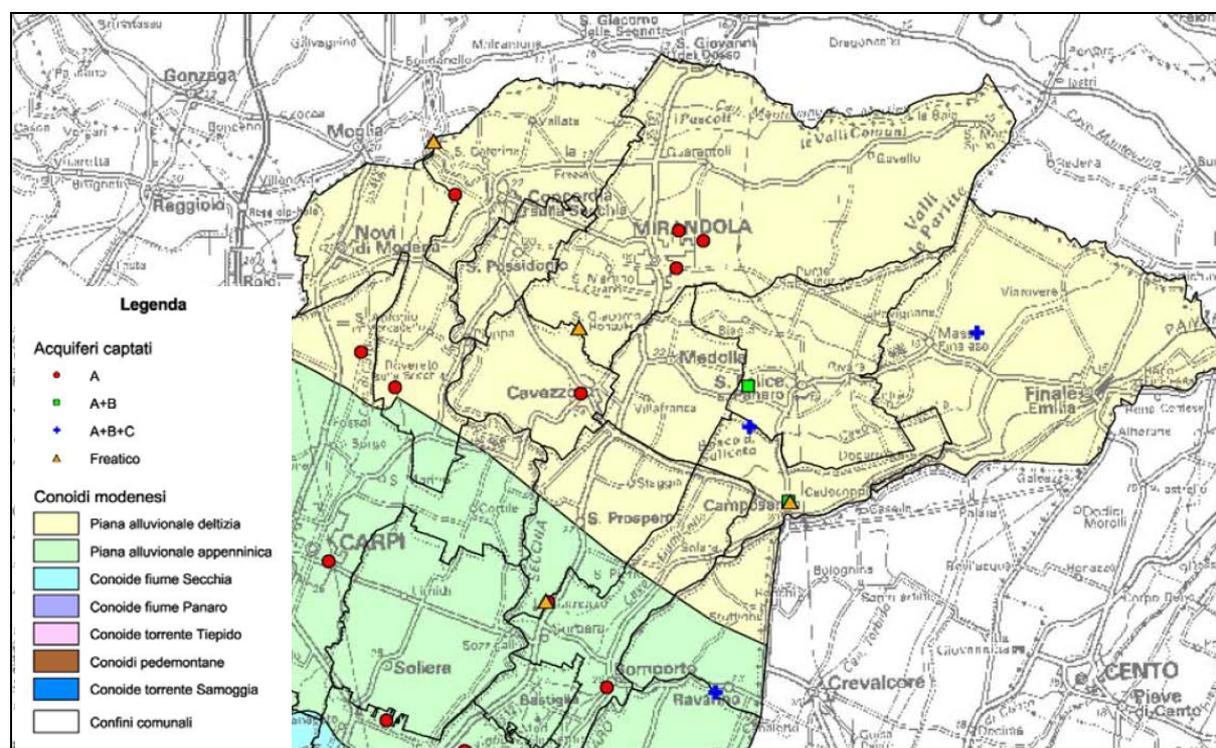


Fig. 37 - Acquiferi captati (FONTE: "Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena (10° relazione)" - Anni 2010 - 2011 a cura di Arpa Mo)

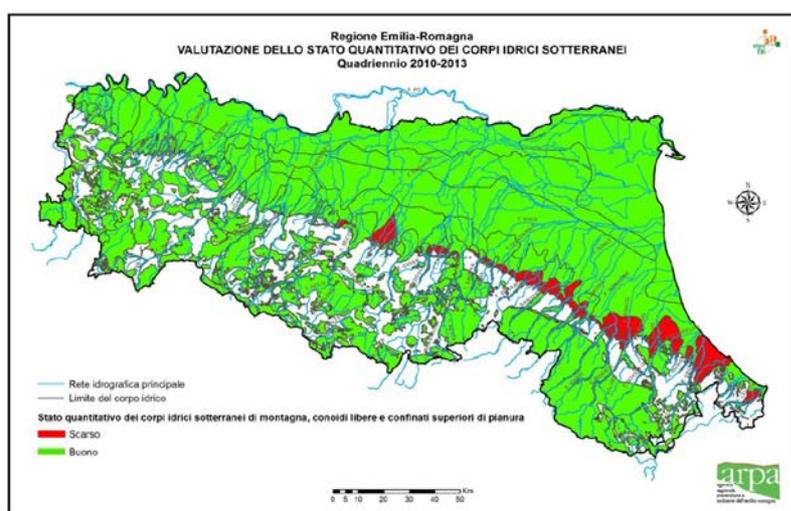
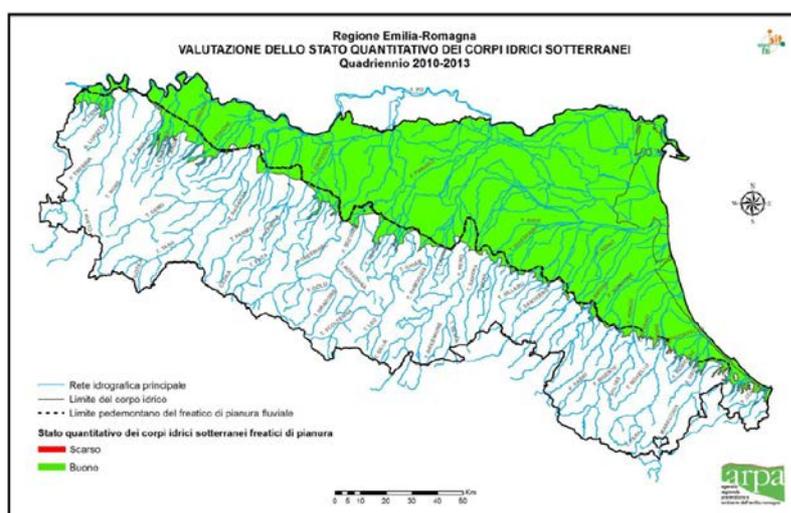
## 2.2.2 Qualità delle acque sotterranee

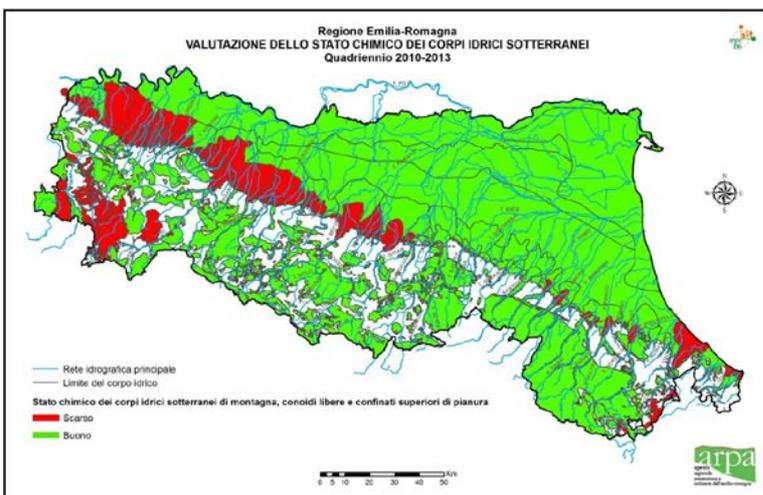
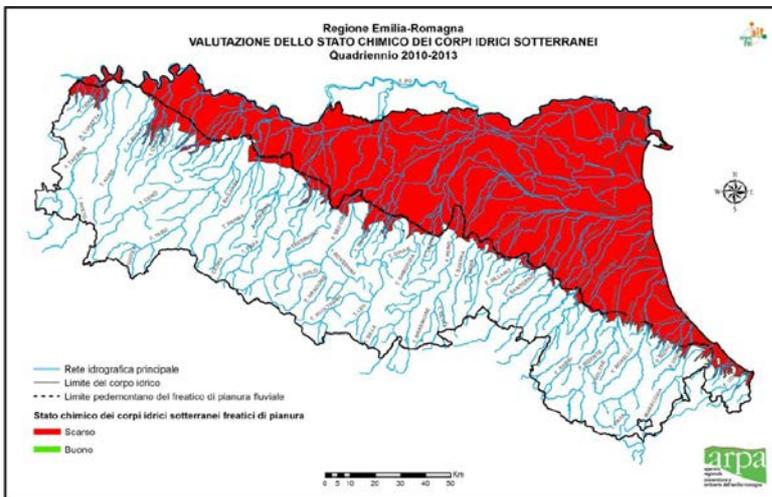
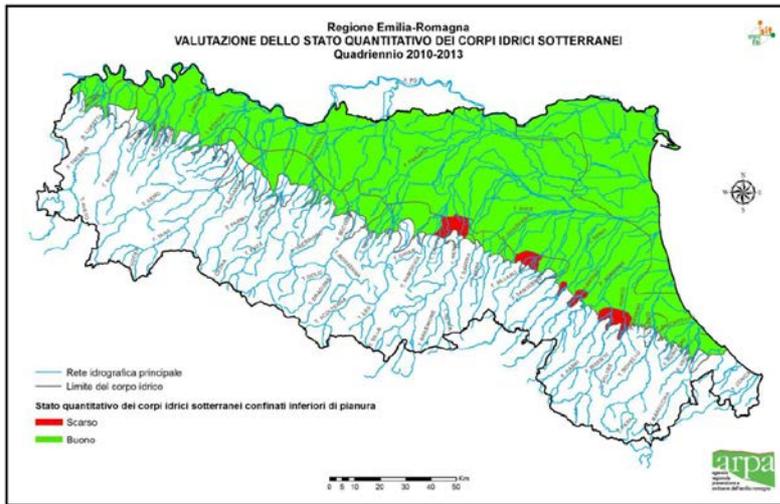
Per il territorio comunale si può fare riferimento alla stazione di monitoraggio.

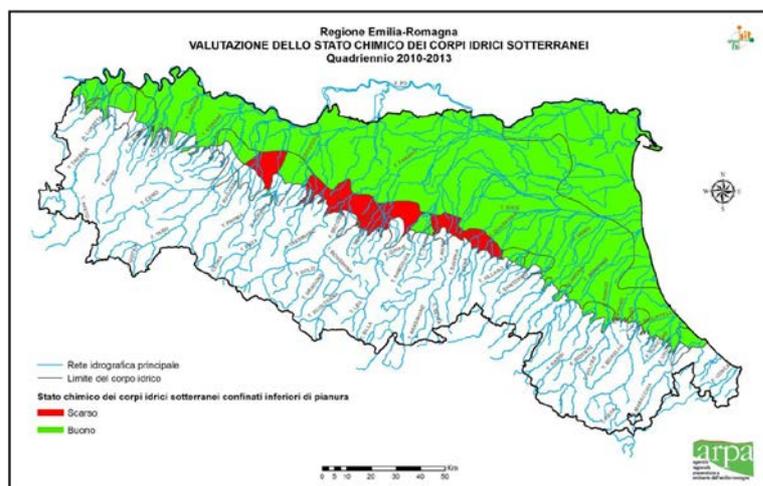
Codice Corpo idrico sotterraneo	Codice RER	Codice P.d.G. (DGR 350/10)	Autorità di Distretto	Provincia	Comune
2700ER-DQ2-PACI	MO45-01	MO45-00	PO	MO	San Felice s/P

Per tale stazione, lo stato quantitativo è risultato BUONO nel 2103, mentre non ci sono dati relativi al 2012; lo stato chimico, nel periodo 2010 - 2013 è risultato BUONO.

Con riferimento ai report regionali, per l'area comunale, nel periodo 2010 - 2013, lo stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei freatici di pianura, delle conoidi libere e confinate superiori di pianura e dei corpi idrici sotterranei confinati inferiori di pianura, risultava BUONO; nello stesso periodo, lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei freatici di pianura risultava SCARSO, mentre quello delle conoidi libere e confinate superiori di pianura e dei corpi idrici sotterranei confinati inferiori di pianura, risultava BUONO.







### 2.2.3 Piezometria

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

### 2.2.4 Vulnerabilità naturale dell'acquifero

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

### 2.2.5 Centri di potenziale pericolo d'inquinamento delle acque sotterranee

*Si conferma quanto riportato nel QC.5/R elaborato in sede del PSC 2009 originario.*

*NOTA: la Fig. 19 diventa fig. 38*

## 2.3 Limiti e condizioni alla trasformazione

Irrigui, di scolo o, molto più frequentemente, promiscui, a regime permanente o stagionale, i corsi d'acqua oltre ad avere evidenti funzioni idrauliche, soprattutto in un territorio come quello di San Felice a basse e bassissime pendenze, rappresentano un'importante rete ecologica, che rende permeabili realtà fortemente antropizzate.

É in tal senso che si intende rimarcare la necessità di tutelare, salvaguardare, valorizzare tutta la rete scolante, assegnando ai diversi corsi d'acqua importanze relative da cui fare discendere limiti relativi alle trasformazioni degli stessi.

Ci si riferisce in particolare agli interventi di tombamento, attraversamento, consolidamento delle sponde, fino ad oggi realizzati in modo non del tutto e non sempre rispettoso delle valenze paesaggistiche ed ecologiche dei corsi d'acqua, con uso diffuso del cemento armato a vista, peraltro non giustificato se non da ragioni di risparmio economico, valutando che la risoluzione di problemi legati alla stabilità di un paramento o di un ansa fluviale possa trovare soluzioni altrettanto valide sotto il profilo della stabilità, ma molto più efficaci sotto il profilo dell'inserimento paesaggistico.

La distinzione dei corsi d'acqua viene fatta avendo a riferimento il PTCP, che già individua corsi d'acqua da assoggettare a regime di tutela, per i quali valgono le limitazioni imposte dallo strumento sovraordinato. Per gli altri corsi d'acqua del territorio comunale, appartenenti alla rete del consorzio di Bonifica, dovrà essere definito un sistema di tutele idrauliche compatibile con le funzioni di scolo o irrigue dell'invaso con specifico riferimento alla normativa vigente ed al regolamento del Consorzio di Bonifica, oltre che compatibile con le eventuali componenti ecologico-paesaggistiche. Per i corsi d'acqua definiti pubblici (di proprietà Aimag o comunale),

sarà necessario istituire una fascia di rispetto al fine di consentirne l'accesso per gli interventi di manutenzione.

L'analisi del materiale bibliografico reperito ha permesso di riconoscere le parti del territorio comunale allagate in occasione di eventi alluvionali verificatisi negli ultimi due secoli.

Nella tavola sono riportate le aree allagate in occasione di tre o più alluvioni; in tali aree si ritiene che per ragioni morfologiche connesse con una morfologia depressa, il rischio di allagamenti in occasione di eventi calamitosi, sia maggiore.

All'interno di tali aree è quindi preferibile evitare l'edificazione, sia per motivi di natura idraulica, che per conseguire obiettivi di sostenibilità.

Le aree depresse sono inoltre particolarmente sensibili da un punto di vista idraulico ed una loro, benché parziale, modificazione, potrebbe generare scompensi per le aree poste a monte.

È per tale motivo che entro tali aree si ritiene necessario evitare l'edificazione diffusa per evitare di costituire barriere morfologiche/idrauliche per le aree poste a monte e garantire la continuità di scolo delle acque superficiali; se singoli interventi edilizi potrebbero infatti essere ammessi, previo recupero di quote compatibili con la sicurezza idraulica, interventi estesi, oltre ad essere ambientalmente non sostenibili per lo spreco delle risorse inerti necessarie all'innalzamento dell'area, potrebbero peggiorare, amplificandole, le condizioni di criticità idraulica delle zone poste a monte.

Anche le infrastrutture lineari di superficie, nel caso dovessero interferire con tali strutture, specie se trasversali alla direzione di scolo, dovranno prevedere accorgimenti diretti a mantenere la continuità idraulica, di per sé già carente in tali aree.

Per lo stesso principio si è ritenuto di assumere le aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica individuate dal PTCP.

Relativamente al territorio comunale di San Felice sono state perimetrare le aree ricomprese entro gli ambiti "A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1.0 m" e le aree "A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica, aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica"; in particolare, queste ultime sono per buona parte sovrapponibili con le "Aree allagate almeno tre volte" e pertanto nella perimetrazione e definizione delle criticità idrauliche, la parte in sovrapposizione è stata considerata nella classe a maggior criticità (Aree allagate almeno tre volte) e la parte restante non in sovrapposizione, è stata perimetrata come "Area depressa ad elevata criticità idraulica di tipo B". Per quanto riguarda invece le aree A2, denominate "Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m", la perimetrazione è stata modificata secondo quanto riportato nel precedente paragrafo 2.1.2.1.

Nella definizione degli elementi di criticità ambientale, entrambe le aree sono state considerate elementi condizionanti l'edificazione, con differente grado di severità e pertanto, sarà possibile individuare nuovi ambiti solamente a seguito della risoluzione delle condizioni di criticità idraulica riscontrata; sarà inoltre necessario subordinare la nova edificazione a misure di riduzione del rischio idraulico e alla definizione di soluzioni tecniche e costruttive che minimizzino la vulnerabilità degli edifici.

Tra le aree a maggior criticità idraulica sono state inserite anche quelle allagate in occasione dell'evento piovoso particolarmente intenso del 12-13/05/1996, come segnalate dal Consorzio di Bonifica, che rappresentano le aree soggette a fenomeni di allagamento per inofficiosità del reticolo idrografico secondario e della bonifica, che di fatto rappresenta una delle odierne e più concrete criticità idrauliche del territorio comunale. Per tali aree sarà necessario individuare opportuni interventi di risoluzione delle condizioni di criticità, in accordo con l'Ente gestore, da attuarsi preliminarmente o contestualmente all'attuazione di nuovi ambiti insediativi.

Con riferimento alla rete fognaria si conferma la necessità di potenziare il sistema di collettamento delle fognature nere al depuratore, essendo questo attualmente costituito da impianti di sollevamento e fognature a gravità che hanno quasi raggiunto il limite di capacità di trasporto.

Inoltre si auspica una disamina approfondita in merito ai seguenti aspetti:

- individuazione del recapito e definizione delle condizioni di scarico per ogni nuovo ambito di espansione;
- individuazione di interventi necessari per il potenziamento dei canali esistenti e di eventuali aree per la realizzazione di vasche volano per acque meteoriche;
- valutazione di sistemi e percorsi alternativi per l'alimentazione irrigua dei canali e dei fossi di campagna.

Sulla scorta delle analisi svolte, le analisi condotte sulla rete fognaria hanno evidenziato una sostanziale sofferenza della parte storica dell'abitato di San Felice, con ripercussioni dirette sulle zone ad essa esterne. La sofferenza è dovuta ad inadeguate geometrie delle condotte (sezioni ridotte oppure con strozzature per riduzione dei diametri di valle rispetto a quelli di monte) e a difficoltà di scarico in occasione di eventi meteorici intensi in periodi irrigui nei canali di bonifica, quando questi ultimi posseggono livelli idrometrici poco compatibili con le necessità di collettamento del sistema fognario. Rispetto all'originario quadro dello stato di fatto, il gestore del servizio ha già individuato possibili soluzioni per risolvere alcune delle criticità suddette e messo in campo specifici interventi.

Resta contingente tuttavia, la necessità di subordinare la nuova espansione residenziale e/o industriale all'applicazione del **principio dell'invarianza idraulica**, anche nei confronti di nuovi collettori da realizzare, anche attraverso l'individuazione di aree atte a favorire l'infiltrazione e l'invaso temporaneo diffuso delle precipitazioni meteoriche.

Al fine di non incrementare le condizioni di criticità idraulica ridurre la vulnerabilità delle aree a maggior rischio, la previsione di nuove urbanizzazioni in aree che allo stato attuale risultano permeabili, dovrà essere preceduta da accurate valutazioni sul carico idraulico ed in particolare dovrà essere valutata la reale capacità del reticolo esistente di ricevere ulteriori apporti idrici, così da non determinare situazioni di crisi, con possibili fenomenologie di esondazione localizzata sul piano stradale. Per gli ambiti di possibile trasformazione urbana per usi residenziali e/o di servizio e per quelli produttivi e terziario-commerciali, il PSC e il RUE dovranno indicare gli interventi tecnici da adottare per ridurre l'effetto dell'impermeabilizzazione delle superfici nei confronti dell'incremento dei tempi di corrivazione dei deflussi idrici superficiali e definire le percentuali minime di superficie permeabile da imporre soprattutto internamente ai lotti privati sia residenziali che produttivi, valutando anche un'adeguata procedura di verifica e controllo. Si ritiene opportuno, a tal proposito, imporre l'adozione di bocche tarate in uscita dalle aree di intervento, in modo da introdurre un forte deterrente sull'uso indiscriminato di superfici coperte e/o pavimentate nell'ambito delle trasformazioni e ridurre, di fatto, gli effetti di aumenti di carico idraulico non sostenibile dovuti agli apporti defluenti dalle superfici impermeabilizzate oltre il consentito; tale cautela consentirebbe oltretutto la possibilità concreta di esercitare azione di controllo e verifica da parte degli Enti preposti.

Dovrà essere previsto il drenaggio totale delle acque meteoriche con il sistema duale, cioè un sistema minore, costituito dai collettori fognari destinati allo smaltimento delle acque nere e di parte di quelle bianche, e un sistema maggiore, costituito dalle vie di acque superficiali (anche vasche volano, taratura delle bocche delle caditoie, estensione delle aree verdi) che si formano in occasione di precipitazioni più intense di quelle compatibili con la rete fognaria.

In merito agli ambiti urbani consolidati, quando intervengano interventi significativi di riqualificazione/ristrutturazione urbanistica, che configurino un aumento delle unità immobiliari o

comunque delle utenze, si segnala la necessità di prevedere opportune verifiche sulla potenzialità delle reti.

Dovranno essere fornite le indicazioni, attraverso il RUE, dell'utilizzo di adeguati suggerimenti edificatori atti a diminuire la pericolosità per le persone residenti negli edifici collocati nelle aree interessate da criticità idraulica, quali ad esempio, la presenza di scale interne di collegamento tra i diversi piani dell'edificio, la limitazione di vani interrati quali garage o taverne, la previsione di misure attive e/o passive di riduzione del rischio, ecc.



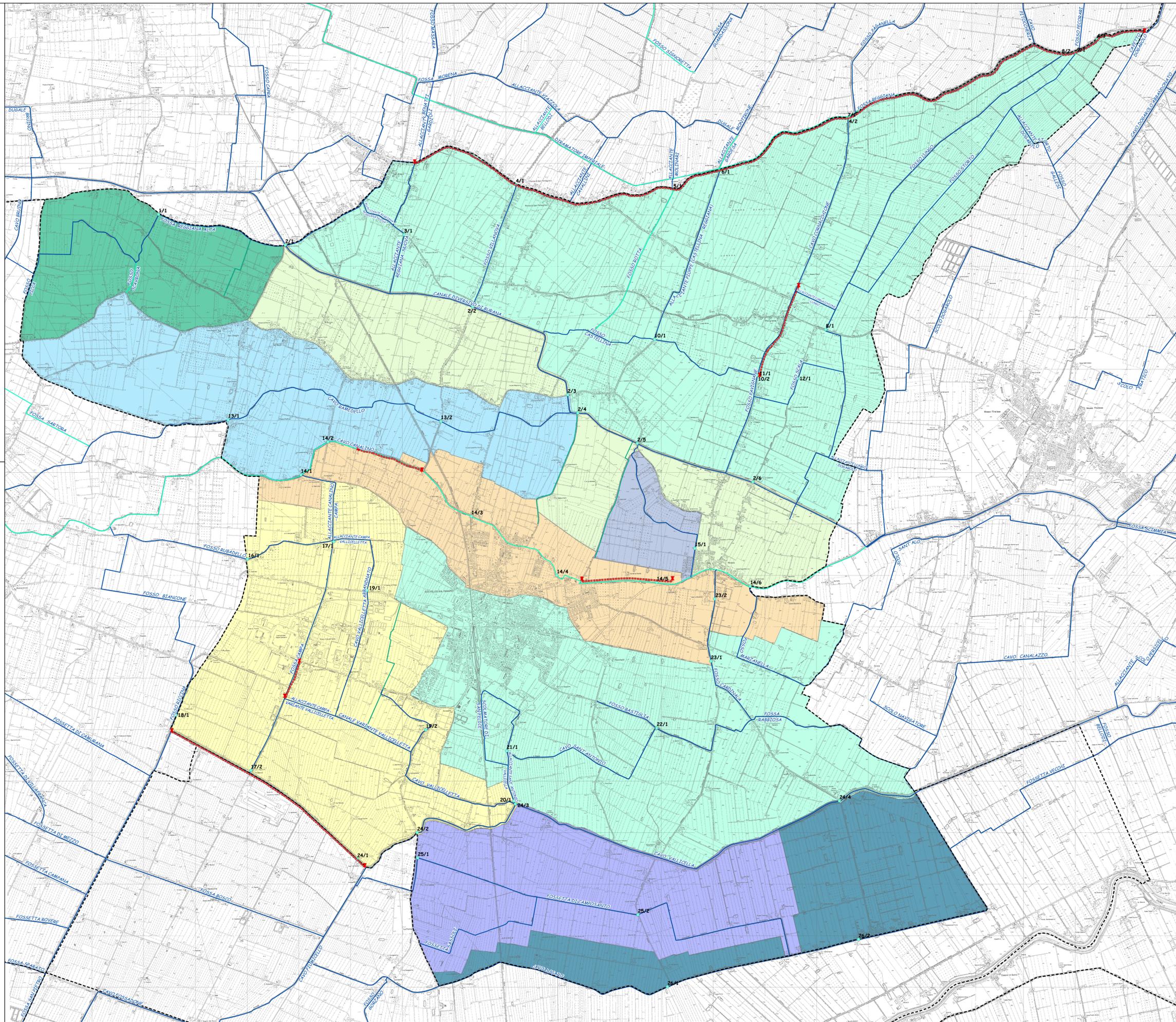
**QUADRO CONOSCITIVO  
AGGIORNAMENTO**

Ufficio di Piano  
Ing. Daniele Castellazzi - Geom. Lorena Ferrari

Responsabile di progetto:  
Arch. Carlo Ferrari

Analisi geologico-ambientali  
Dott. Geol. Valeriano Franchi, Dott. Geol. Stefano Asti, Dott. Geol. Alessandro Ghinai

Documento: QC	<b>Sistema naturale e ambientale</b>	tav. QC.5/13.agg Scala 1:15.000
ottobre 2006 agg. gen. 2017	<b>SUOLO-SOTTOSUOLO-ACQUE IDROGRAFIA</b>	



**LEGENDA**

**Corsi d'acqua**

- Rete Consorzio di Bonifica
- Irriguo
- Promiscuo
- Scolo
- Pubblici (comunali, AIMAG)
- Scolo

**Bacini**

- Diversivo di Burana
- Cavo Rusco Primo
- Dugale Ramedello
- Allacciate Canolino - Diversivo di Burana
- Cavo Canalino
- Cavo Dogaro
- Dogaro
- Reggiana Alta
- Vallicella

Delimitazione tratti critici (come indicati nel "Programma di previsione e prevenzione di protezione civile della Provincia di Modena: rischio idraulico", Dicembre 2006)

Sezioni di verifica

Confini comunali