



COMUNE DI FISCAGLIA  
PROVINCIA DI FERRARA

# PUG

Dott. Geol. Thomas Veronese

ELABORATO GEO – QC - REL  
SCALA

## RELAZIONE GEOLOGICA QUADRO CONOSCITIVO FISCAGLIA 2023

DATA

gennaio 2023

### Sindaco

Agr. Fabio Tosi

### Ufficio di Piano - Componenti interni

Geom. Ilaria Simoni - *Responsabile Settore Urbanistica ed Edilizia Privata*  
Geom. Giuliano Masina - *Funzionario del Settore Urbanistica ed Edilizia Privata*  
Arch. Antonio Molossi - *Responsabile Settore Ambiente e Protezione Civile*  
Geom. Enrico Menini - *Responsabile Settore LLPP e Patrimonio*  
Geom. Daniele Furini - *Funzionario Settore Urbanistica ed Edilizia Privata*  
Geom. Antonia Trevisani - *Funzionario Settore LLPP e Patrimonio*  
Geom. Alessandro Ferretti - *Funzionario Settore LLPP e Patrimonio*  
Geom. Simone Siviero - *Funzionario Settore Ambiente e Protezione Civile*  
Dott.ssa Rita Crivellari - *Segretario Generale*  
Dott.ssa Roberta Guietti - *Responsabile settore Finanza e Personale*

### Gruppo di lavoro

Arch. Sergio Fortini - *Coordinatore*

Urb. Raffaele Gerometta - *Direttore Tecnico*  
Urb. Lisa de Gasper - *Esperto in materia cartografica*  
Ing. Elettra Lowenthal - *ValSAT*  
Arch. Chiara Biagi  
Andrea Franceschini - *Cartografia e procedure informatiche*  
Ing. Chiara Cesarini



Arch. Francesco Vazzano  
Arch. Michele Avenali  
Arch. Anna Luciani

### Assunto

Del. C.C. n. del

### Adottato

Del. C.C. n. del

### Approvato

Del. C.C. n. del

## INDICE:

PREMESSA .....	1
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	1
1. INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	1
1.1. Osservazioni sulla gestione del territorio in rapporto al clima.....	12
2. GEOMORFOLOGIA GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....	13
2.1. Evoluzione geomorfologia dei territori del comune di Fiscaglia .....	13
2.1.1. Carta Geomorfológica .....	14
2.1.2. Assetto stratigrafico delle successioni litologiche .....	17
2.1.3. Carta della Litologia di superficie .....	24
2.1.4. Unità fisiografiche del territorio .....	25
2.1.5. Carta delle qualità geotecniche.....	27
2.1.6. Riserve idriche sotterranee .....	31
2.1.7. Carta degli acquiferi sotterranei .....	36
2.1.8. Salinizzazione dei serbatoi acquiferi.....	37
3. PERICOLOSITA' IDRAULICA NEL TERRITORIO .....	38
3.1. Il sistema di bonifica .....	40
3.1.1. Carta del sistema di Bonifica.....	42
3.2. Assetto topografico del territorio comunale Fiscaglia .....	45
3.2.1. Carta altimetrica .....	46
3.2.2. Carta altimetrica di dettaglio .....	47
3.3. Rischio idraulico Fiume Po di Volano.....	52
4. PROCESSI GEODINAMICI: SUBSIDENZA.....	55
4.1 Carta dei Processi geodinamici.....	60
5. PERICOLOSITA' SISMICA.....	61
5.1. Carta sismotettonica .....	63
5.2. La micro zonazione sismica del comune di Fiscaglia.....	64
5.2.1. Liquefazione delle sabbie e Indice di Potenziale di Liquefazione .....	64
5.2.2. Carta della Distribuzione degli Hsm.....	71
6. PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO.....	79

**Allegato: ATLANTE DI DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PO DI VOLANO**

## **PREMESSA**

Su incarico dell'amministrazioni comunale di Fiscaglia (FE) con Determina n. 984 del 30/12/2022, "Affidamento dell'incarico professionale per l'esecuzione dei servizi tecnici geologici di architettura e ingegneria per la redazione del Piano urbanistico Generale (PUG) relativamente agli aspetti geologici e correlati, CIG: Z1E3912881 a favore del DOTT. GEOLOGO THOMAS VERONESE." si esegue un'operazione di rivalutazione e omogeneizzazione degli studi condotti in passato per il PSC di Migliaro - Massa Fiscaglia e per il PSC di Migliarino, consegnati quando erano ancora comuni indipendenti.

Migliarino aveva intrapreso un percorso comune di pianificazione territoriale ai sensi della L.R. 20/2000 insieme a Ostellato, Voghiera, Portomaggiore ed Argenta; Migliaro e Massa Fiscaglia avevano iniziato un loro separato percorso per arrivare all'adozione del PSC in forma associata (L.R. 20/2000 Emilia Romagna). In tutti e due i casi tale processo di pianificazione si era interrotto, per cui è stato ora ripreso dal comune di Fiscaglia nato dalla fusione dei tre precedenti comuni, facendo riferimento alla L.R. 24/2017.

Gli studi condotti allora sono rimasti nel cassetto da molti anni, ed oggi vengono recuperati e rivalutati. Si procede anche ad un aggiornamento per quanto riguarda gli studi di pericolosità idraulica e gli studi di pericolosità sismica.

Lo scopo dello studio territoriale e ambientale è quello di poter definire uno sviluppo sostenibile del territorio partendo da una valutazione approfondita e condivisa dello stato dello stesso, ed "elevando a risorsa tutto il patrimonio ambientale ed architettonico insediato".

Si raccolgono in questo lavoro, tutti gli elementi noti che devono caratterizzare la conoscenza del territorio in esame, funzionali alla pianificazione territoriale.

La valutazione della sostenibilità ambientale del nuovo Piano Urbanistico Generale (PUG – L.R. 21 dicembre 2017, n° 24) viene fatta in funzione delle caratteristiche urbanistiche, architettoniche, ambientali, agricole, geologiche, economiche e sociali; in questo studio si analizzano le caratteristiche ambientali, geomorfologiche, morfologiche e idrogeologiche del territorio comunale. In questo modo si fornisce il contributo per creare quella piattaforma conoscitiva del contesto in cui si va a pianificare, definito dalla legge regionale 24/2017.

## **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

I comuni in oggetto sono compresi nei seguenti Fogli:

- Scala 1: 25.000: Foglio 186 SE – Foglio 187 SO - Foglio 205 NO – Foglio 204 NE

- Scala 1:10.000: Foglio 186160 – 187130 – 187140 – 205020 - 205010 – 204040 – 205030 – 204070 – 204080.

## **1. INQUADRAMENTO CLIMATICO**

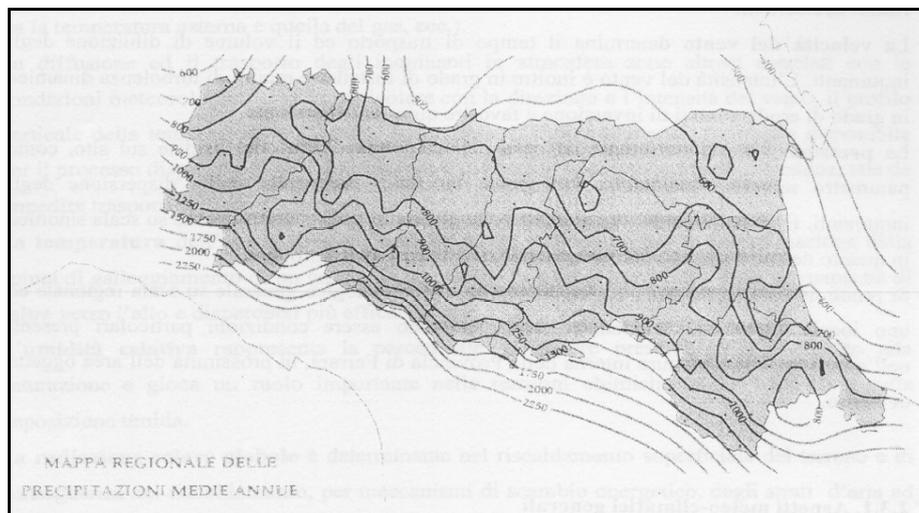
L'area oggetto di studio viene definita, nelle classificazioni climatiche su base termica, a clima temperato freddo, con estati calde, inverni piuttosto rigidi ed elevata escursione termica estiva. Questa connotazione viene in parte alterata dalla presenza della catena montuosa appenninica nella quale trovano posizione alcuni importanti sistemi vallivi con orientamento SW-NE e che determinano strutture topograficamente aperte alle correnti nord-orientali. Quest'area rappresenta una importante zona di confluenza e di smistamento delle masse d'aria provenienti, da varie direzioni (Atlantico, Mediterraneo, Europa settentrionale ed Europa Centro-Orientale) e con contrasti quindi ben definiti.

La regione padana si presenta suddivisa in tre grandi aree: una zona collinare, un'ampia zona pianeggiante e un'area prospiciente l'Adriatico settentrionale caratterizzata da condizioni meteorologiche costiere.

Durante l'inverno la pianura padana rappresenta un bacino di aria relativamente fredda, ad alta pressione, che sospinge i venti con direzione ovest est sulla fascia costiera adriatica. Il frequente spostamento verso sud ovest, nei mesi invernali e primaverili, di queste alte pressioni, o la loro relativa attenuazione rispetto all'aria anticiclonica russo-asiatica, può dar via libera alla Bora, che è un'altra caratteristica peculiare della fascia litoranea.

Nell'estate invece la situazione termico barometrica si inverte determinando venti da est (che sulla costa si traducono nelle classiche “levantare”) o più frequentemente venti di sud est (il cosiddetto Scirocco).

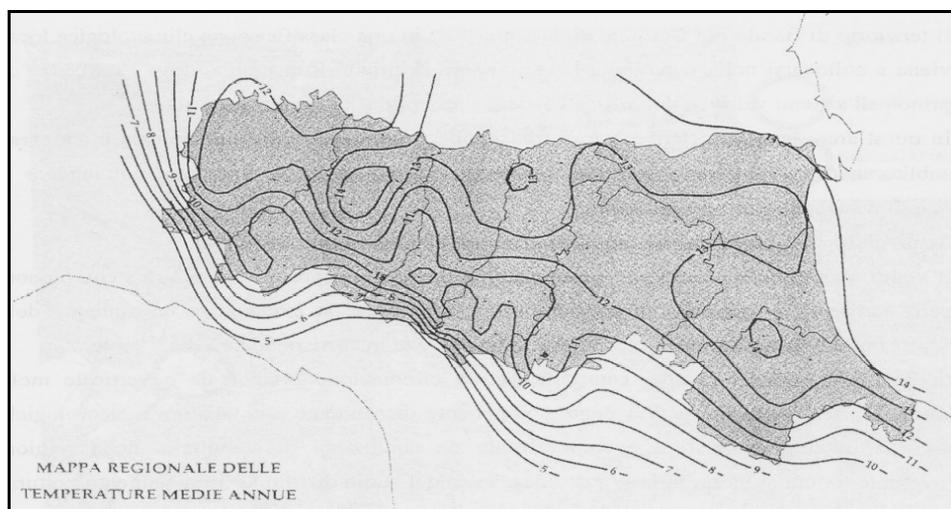
Nelle aree di pianura le **precipitazioni medie annue** oscillano da 500 a 1000 mm, nell'area allo studio si hanno valori che variano da 650mm a 700 mm. I massimi di piovosità autunnali e primaverili, tipici del resto della pianura, qui manifestano spesso la tendenza a saldarsi in un periodo unico invernale, con scarsità di precipitazioni in primavera. Si veda in proposito la **FIGURA 1.1**, tratta da “I numeri del Clima” dove vengono presentate le precipitazioni medie annue.



**FIGURA 1.1** – Precipitazioni medie annue (I numeri del Clima, RER, 1995)

In tutta la Padania orientale l'**umidità** relativa è assai alta, e scende sotto al 60% solo nei mesi di luglio e agosto, mentre è elevatissima nel periodo tra novembre e febbraio, ossia nei mesi in cui la notte è più lunga e si registra quindi, in condizioni anticicloniche, una più lunga permanenza di aria fredda al suolo, con conseguente formazione di nebbie. Ma l'inversione termica verticale si presenta spesso anche nelle altre stagioni, e con essa la nebbia, specie nelle aree più umide; nei mesi meno freddi però lo strato nebbioso conseguente è in questi casi meno spesso e limitato solo alle prime ore del mattino.

La temperatura media presenta un minimo annuale in gennaio e un massimo in luglio con un incremento di circa 4°C per mese (da gennaio a luglio) e un decremento di circa 5-6°C per mese (da settembre a dicembre). Si veda in proposito la **FIGURA 1.2**, tratta da “I numeri del Clima” dove vengono presentate le temperature medie annue.



**FIGURA 1.2** – Temperature medie annue (I numeri del Clima, RER, 1995)

Gli ultimi anni presentano caratteristiche climatiche anomale rispetto alle medie, è probabile che tali fenomeni si iscrivano in una tendenza al progressivo riscaldamento dell'atmosfera terrestre (effetto serra), con conseguenti diminuzioni delle precipitazioni nelle fasce subequatoriali e subtropicali. Fra i possibili futuri "scenari" è ipotizzabile una maggiore variabilità ed asprezza del clima, con maggior frequenza di eventi meteorologici finora considerati eccezionali.

Il riscaldamento dello strato inferiore dell'atmosfera, definito come "effetto serra", è attribuibile in gran parte alle emissioni di CO<sub>2</sub>, connesse principalmente ad attività antropiche e all'utilizzo di combustibili fossili, alle emissioni di CH<sub>4</sub> connesse alle attività agricole, agli allevamenti, allo smaltimento dei rifiuti e all'utilizzo dei combustibili fossili, ed alle emissioni di N<sub>2</sub>O connesse alle pratiche agricole e ai processi industriali.

Per la valutazione dei cambiamenti climatici avvenuti sul territorio, sono stati analizzati due parametri meteo di base: la temperatura dell'aria vicino al suolo e la precipitazione.

L'effetto serra è il graduale incremento della temperatura media dell'atmosfera a causa della riduzione del suo potere disperdente, derivante dalle modifiche delle concentrazioni di alcuni gas che la compongono (ad es. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O), le emissioni totali di CO<sub>2 eq</sub> sono un indicatore dell'andamento dei fattori causali dell'effetto serra. La provincia di Ferrara risulta una delle regioni in cui si registrano i valori di emissione minori. I dati sono stati estrapolati dall'"*Annuario regionale dei dati ambientali 2004*" di Arpa Emilia-Romagna.

Per quanto riguarda l'analisi dei venti si fa riferimento alle misure della stazione dell'Aeronautica Militare di Ferrara (OMM 16138 – Lat. 44°49', Long. 11°37', Alt. 9m s.l.m.) nel periodo dal gennaio 1951 al dicembre 1991. la scelta di questa stazione dipende dal fatto che occorre una banca dati sufficientemente rappresentativa per ricostruire una base storica sull'andamento dei venti nell'area allo studio.

Nella **FIGURA 1.3** sono riportati sottoforma di istogramma, di rosa dei venti e di tabella (Tabella 1) le distribuzioni delle frequenze annuali per classi di velocità.

Per quanto riguarda l'intensità del vento, i dati sono stati suddivisi in 6 classi di intensità secondo i seguenti intervalli:

Classe I : velocità del vento inferiore o uguale a 1 nodo definito come "calma";

Classe II : velocità del vento compresa tra 2 e 4 nodi ( $2 \leq v \leq 4$ );

Classe III : velocità del vento compresa tra 5 e 7 nodi ( $5 \leq v \leq 7$ );

Classe IV : velocità del vento compresa tra 8 e 12 nodi ( $8 \leq v \leq 12$ );

Classe V : velocità del vento compresa tra 13 e 23 nodi ( $13 \leq v \leq 23$ );

Classe VI : velocità del vento maggiore o uguale a 24 nodi ( $v \geq 24$ ).

I dati evidenziano una predominanza in tutte le direzioni dei venti a velocità compresa tra i 2 e i 4 nodi e tra i 5 e i 7 nodi (anche se in misura minore). Si evidenziano inoltre componenti non trascurabili di venti a velocità tra gli 8 e i 12 nodi nei quadranti NE e E, visibili nella rosa dei venti di **FIGURA 1.4**.

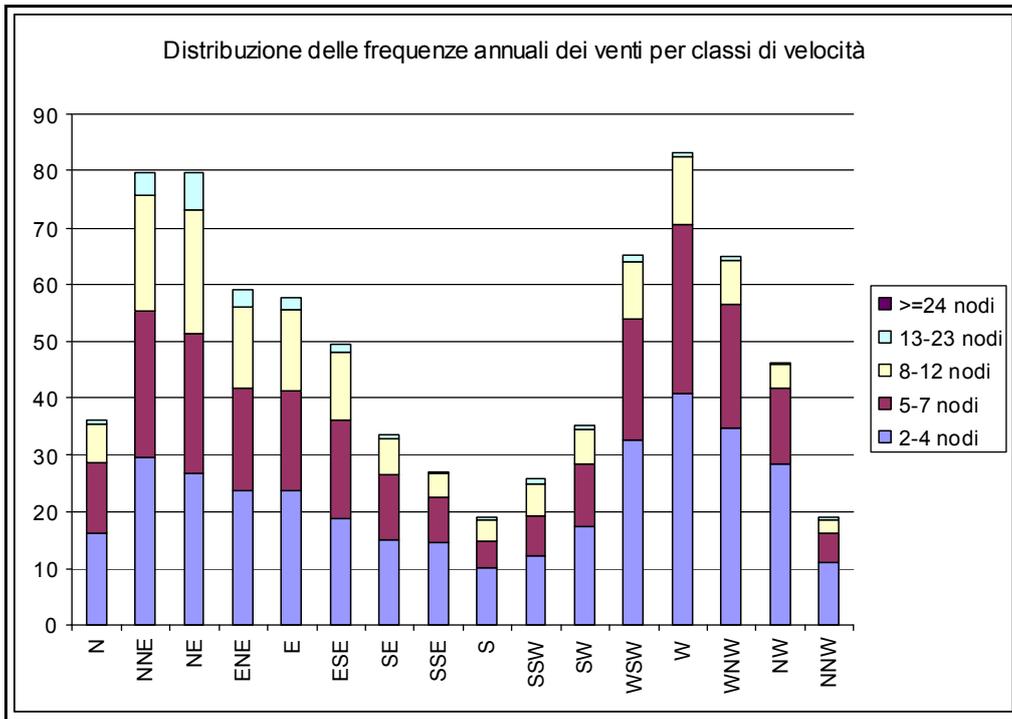


FIGURA 1.3 – Distribuzioni delle frequenze annuali per classi di velocità

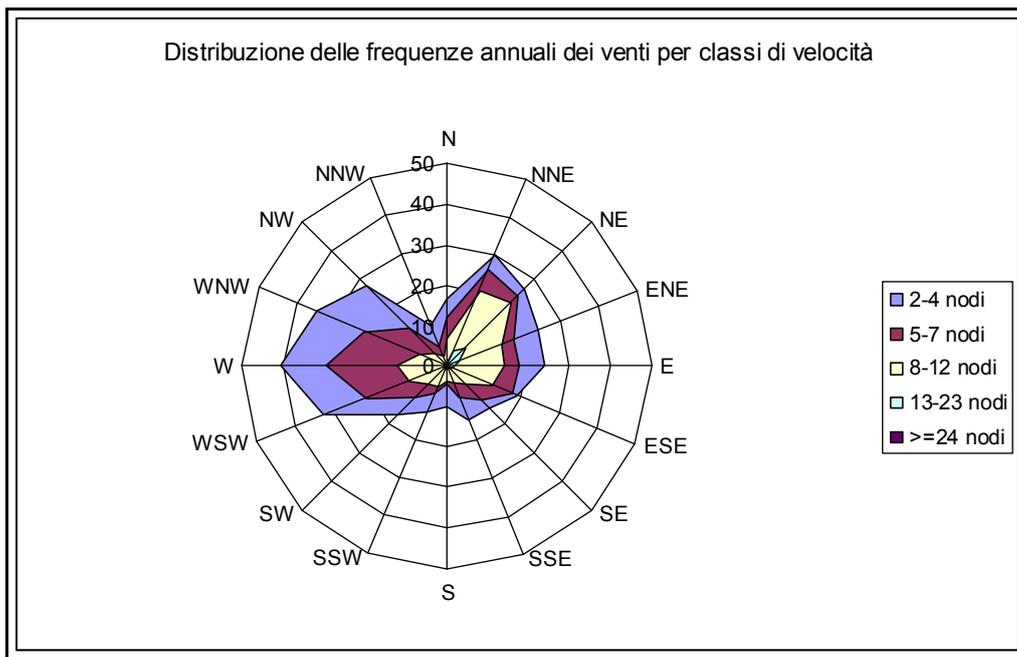


FIGURA 1.4 – Distribuzioni delle frequenze annuali per classi di velocità su rosa dei venti

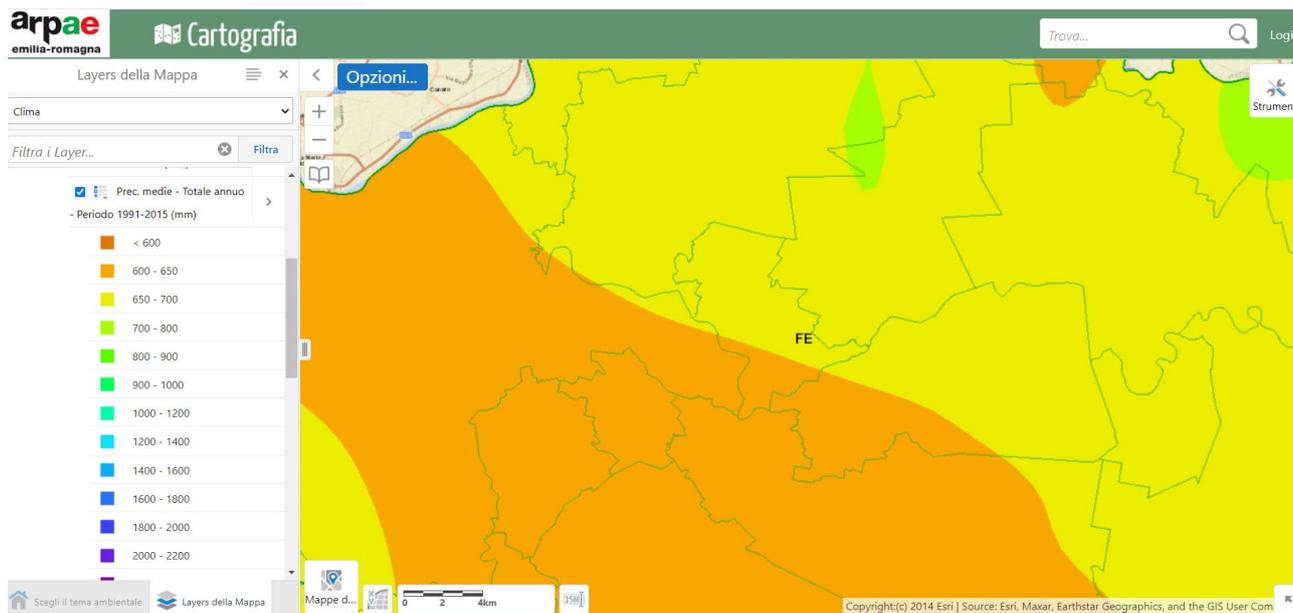
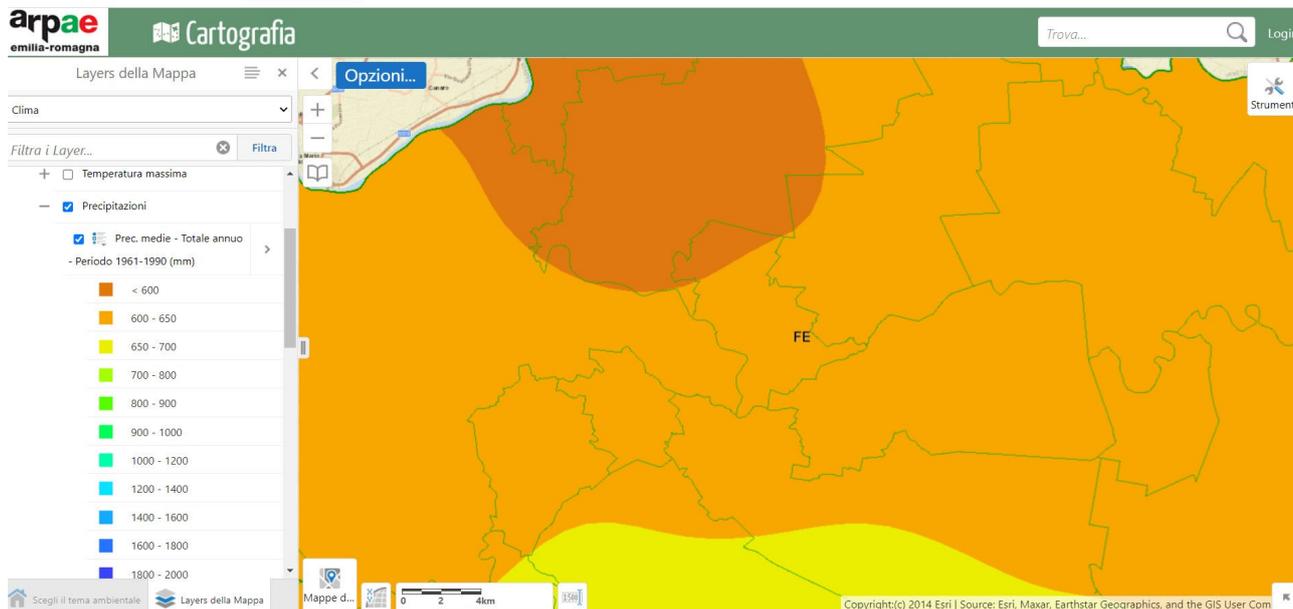
Settore		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
n.	gradi	0-1 nodi	2-4 nodi	5-7 nodi	8-12 nodi	13-23 nodi	>=24 nodi	totale
1	0-22,5		16,39	12,24	6,78	0,74	0,01	36,16
2	22,5-45		29,77	25,63	20,32	4,01	0,01	79,74
3	45-67,5		26,8	24,43	21,99	6,56	0,2	79,98
4	67,5-90		23,76	17,91	14,37	3,03	0,03	59,1
5	90-112,5		23,78	17,72	14,08	2,15	0,03	57,76
6	112,5-135		18,61	17,38	12,18	1,26	0,06	49,49
7	135-157,5		14,83	11,57	6,51	0,64	0	33,55
8	157,5-180		14,42	7,89	4,43	0,36	0	27,1
9	180-202,5		10,1	4,62	3,69	0,56	0	18,97
10	202,5-225		12,18	7,15	5,52	0,95	0,03	25,83
11	225-247,5		17,47	10,91	6,17	0,77	0,03	35,35
12	247,5-270		32,47	21,55	10,18	0,83	0,02	65,05
13	270-292,5		40,78	29,63	12,04	0,89	0,01	83,35
14	292,5-315		34,77	21,75	7,85	0,46	0	64,83
15	315-337,5		28,26	13,27	4,4	0,23	0,01	46,17
16	337,5-360		10,99	5,26	2,31	0,29	0	18,85
<b>direzione variabile</b>			1,02	0,23	0,09	0,01	0	1,35
<b>calme (&lt;=1 nodo)</b>		217,32						217,32
<b>totale</b>		217,32	356,4	249,14	152,93	23,76	0,45	1000

*Tabella 1.1 - Direzione e velocità del vento, stazione meteo di Ferrara A.M. 138, periodo gennaio 1951-dicembre 1991*

Sintetico aggiornamento dei dati meteo climatici reperiti sul sito:

<https://servizi-gis.arpae.it/Html5Viewer/index.html?locale=it-IT&viewer&viewer=Geoportal.Geoportal>

Si riportano le mappe con le precipitazioni medie annue nelle serie storiche 1961-1990 e 1991-2015.



**FIGURA 1.5** – *Precipitazioni medie annue periodo 1961-1990 e 1991-2015*

Mediamente si sono avute precipitazioni meteoriche per 600-700mm annui.

Si riporta anche il grafico della media di precipitazioni meteoriche annue per la Regione Emilia Romagna nel periodo 1961-2021.

Il valore medio regionale delle precipitazioni totali annue del 2021 è stato di 659 mm, il quarto valore più basso dal 1961, dopo 1988, 1983 e 2011; tuttavia in questo indice non si nota una tendenza lineare statisticamente significativa

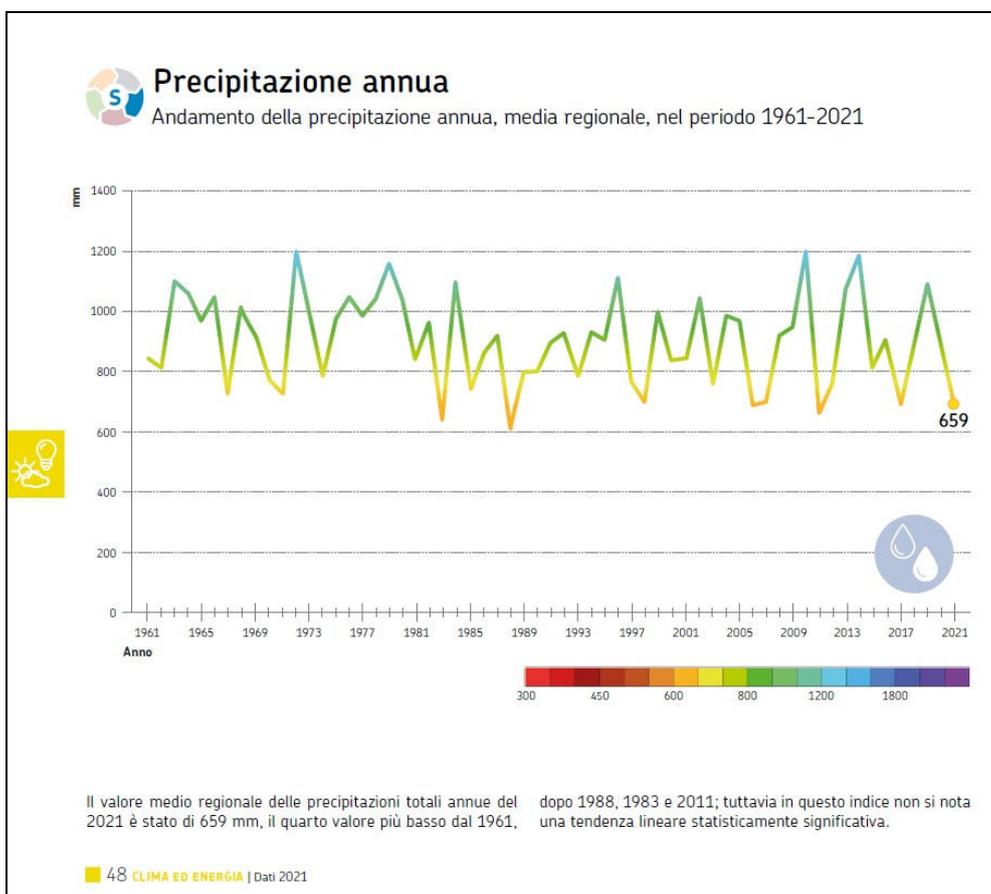
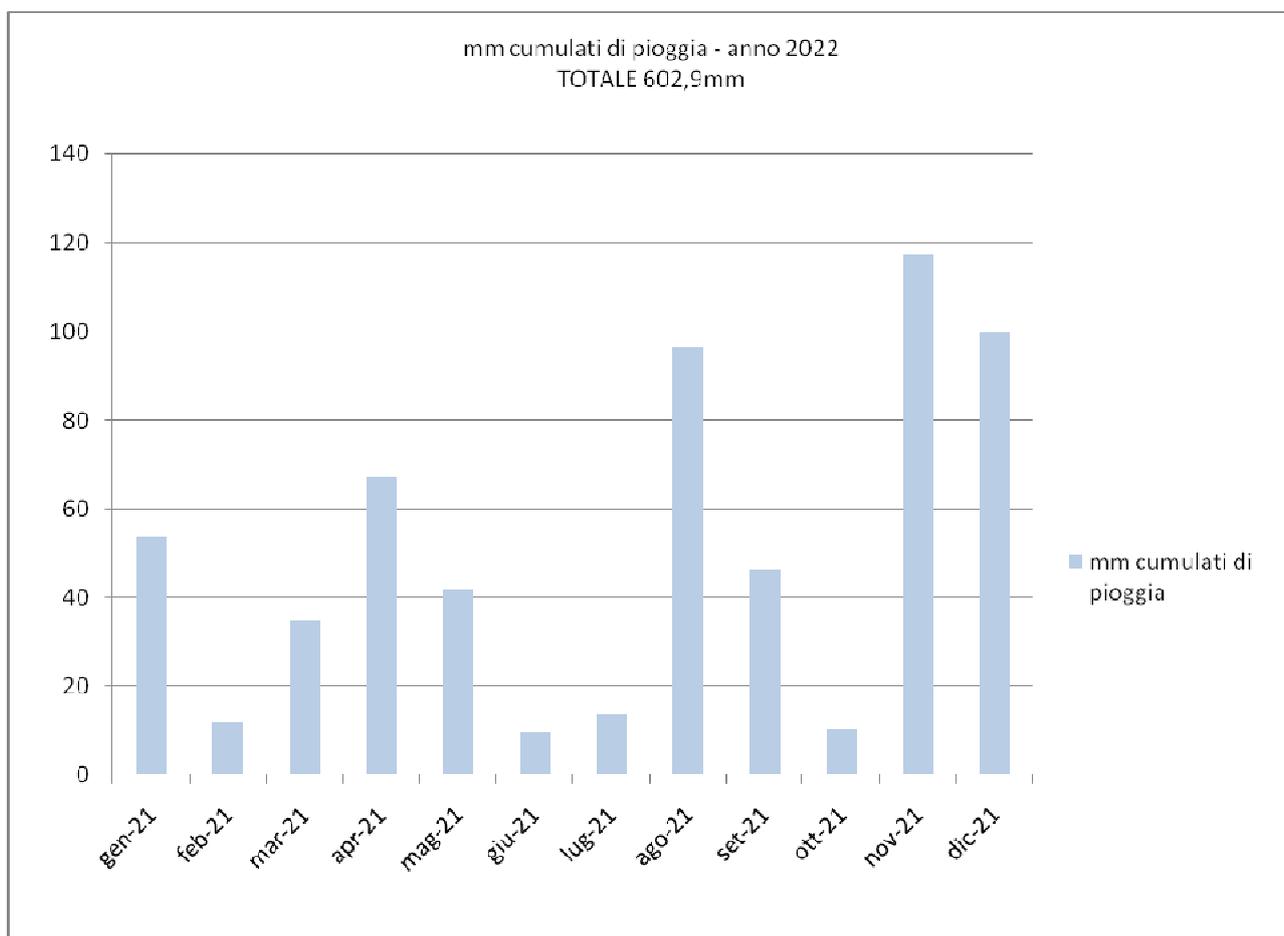
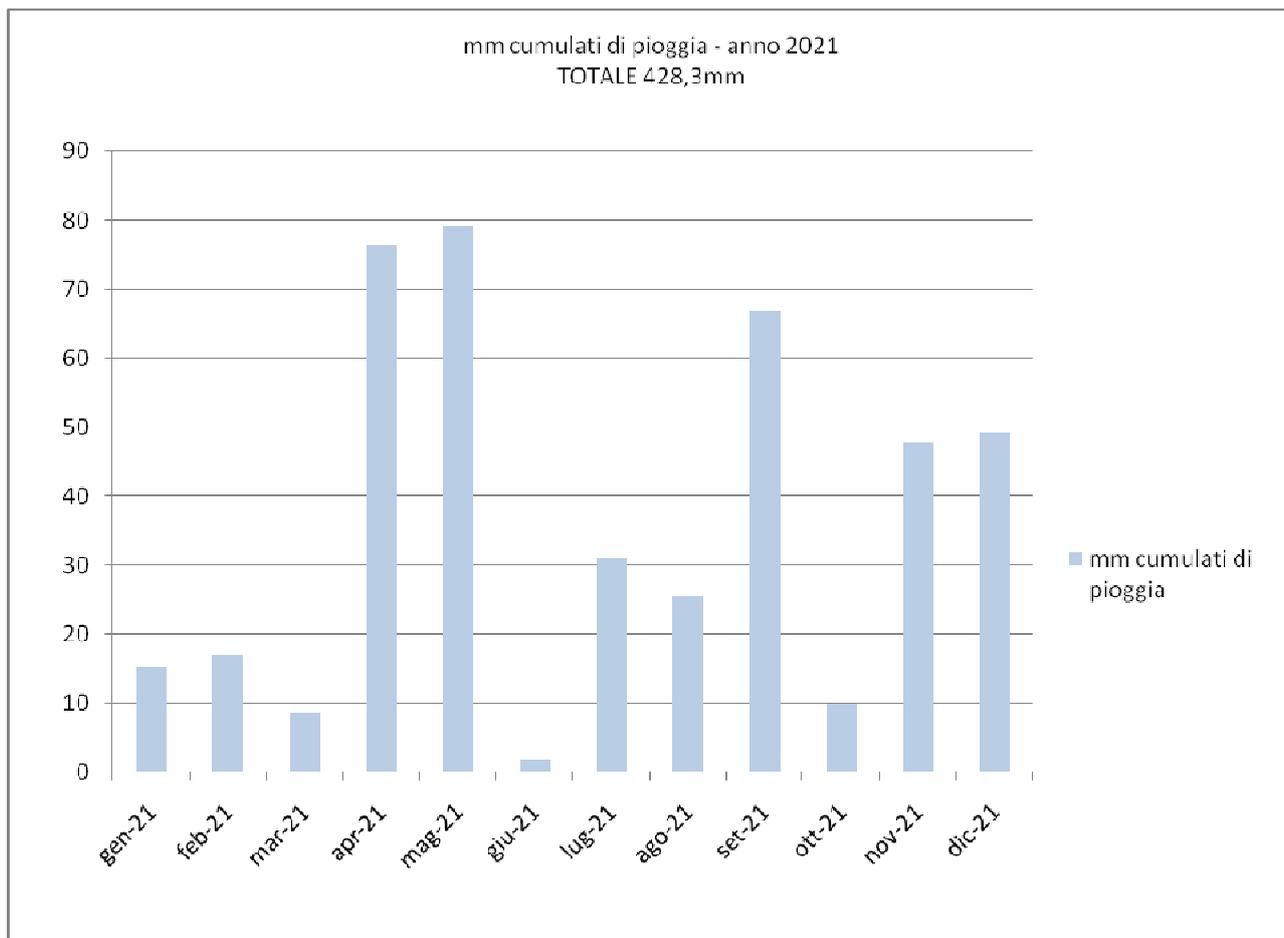


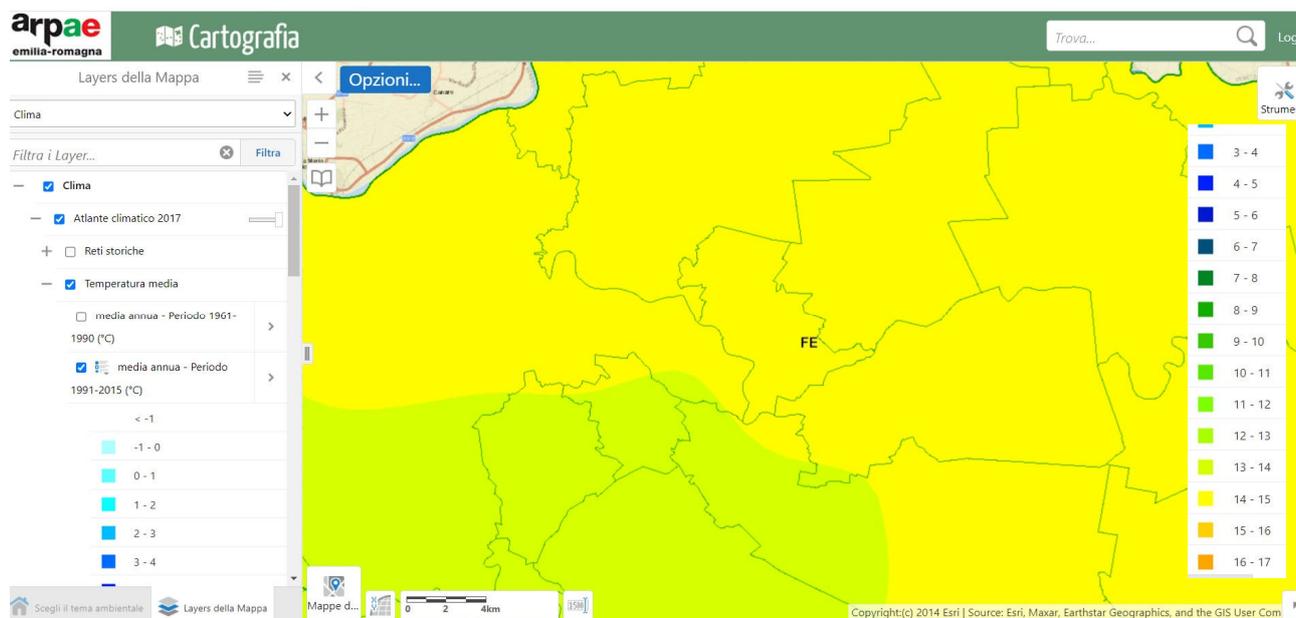
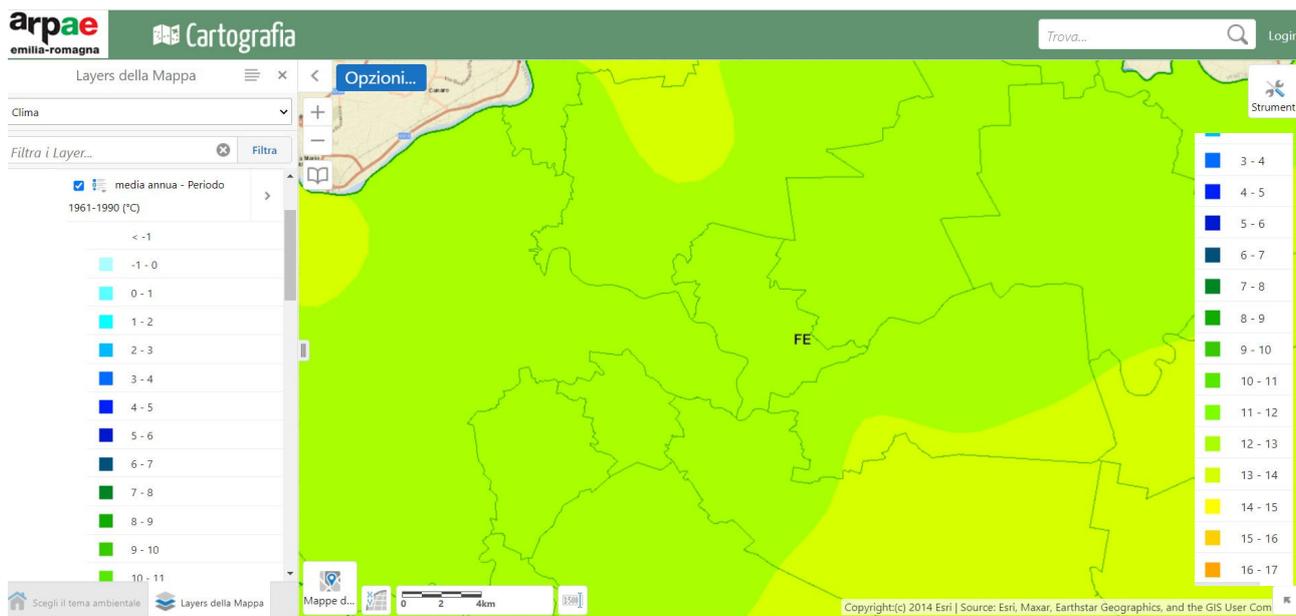
FIGURA 1.6 – Precipitazioni medie annue 1961-2021

Si sono reperiti i dati del pluviometro della rete di monitoraggio di ARPAE di Final di Rero, e si riportano i grafici delle precipitazioni mensili per l'anno 2021 e l'anno 2022.



**FIGURA 1.7** – Precipitazioni cumulate mensili nella stazione di monitoraggio ARPAE di Final di Rero anno 2021 e 2022

Si riportano le mappe con le temperature medie annue nelle serie storiche 1961-1990 e 1991-2015.



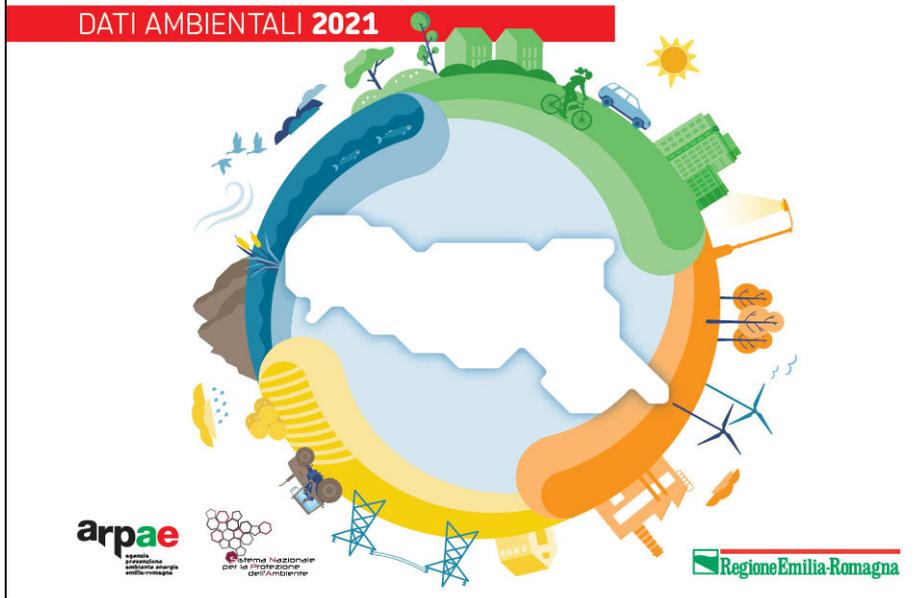
**FIGURA 1.8** – Temperature medie annue periodo 1961-1990 e 1991-2015

Si è passati da temperature medie di 13°C nel periodo 1961-1990 a temperature medie a 14°C nel periodo 1991-2015.

Se si osserva il grafico del trend della temperatura massima annua, media regionale, periodo 1961-2021 si riscontra una tendenza positiva alla crescita di circa +0,5 °C ogni 10 anni.

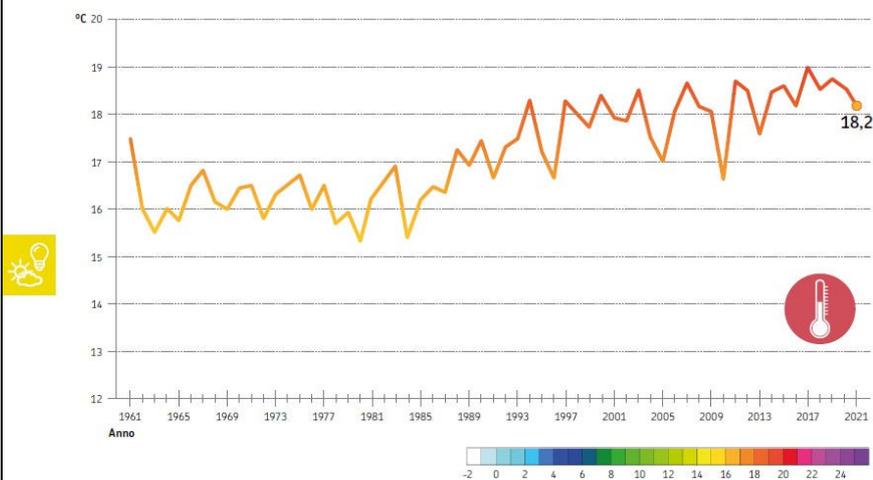
# La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna

DATI AMBIENTALI 2021



## Temperatura massima annua

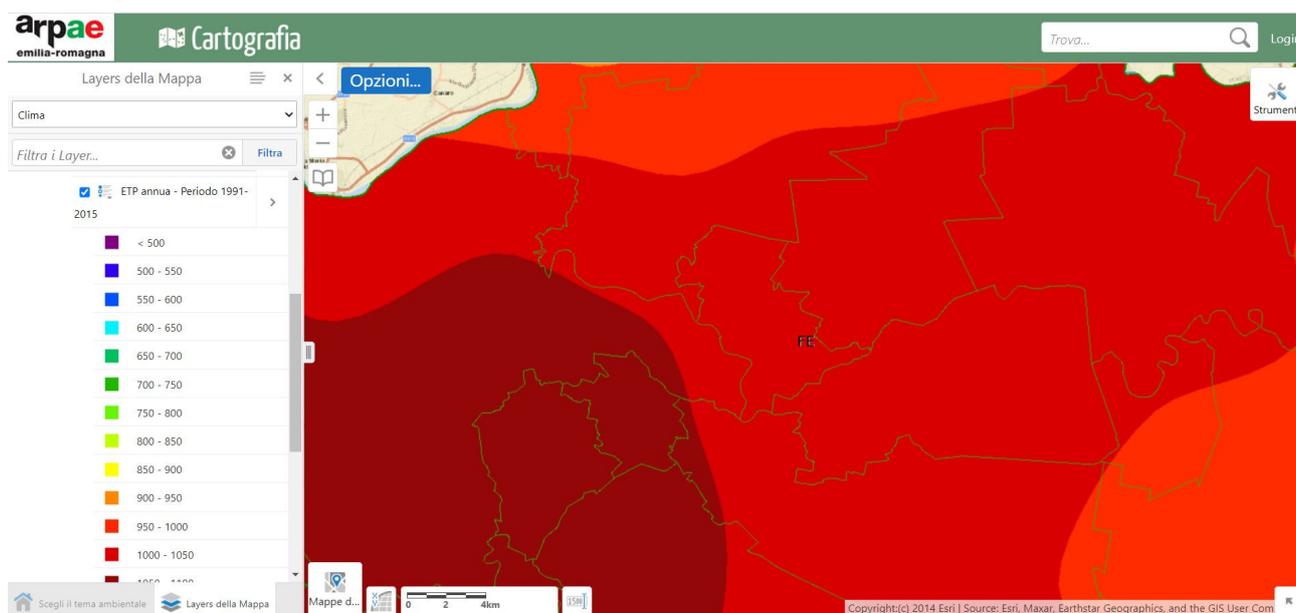
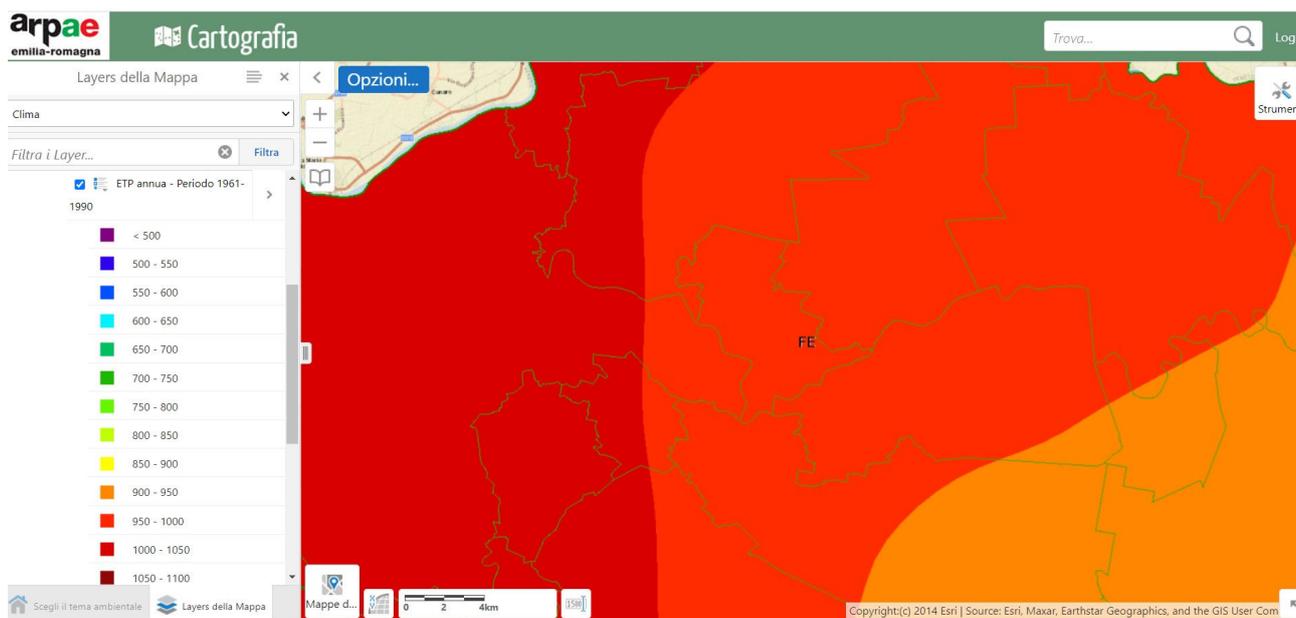
Andamento della temperatura massima annua, media regionale, nel periodo 1961-2021



Il valore medio regionale della temperatura massima annua è stato di circa 18,2 °C. L'andamento temporale dell'indicatore mostra, a livello regionale, una tendenza positiva di circa 0,5 °C / 10 anni sul periodo 1961-2021, significativa dal punto di vista statistico, con un contributo importante al segnale attribuito alla stagione estiva.

**FIGURA 1.9** – Temperatura massima annua media regionale, periodo 1961-1990 e 1991-2015

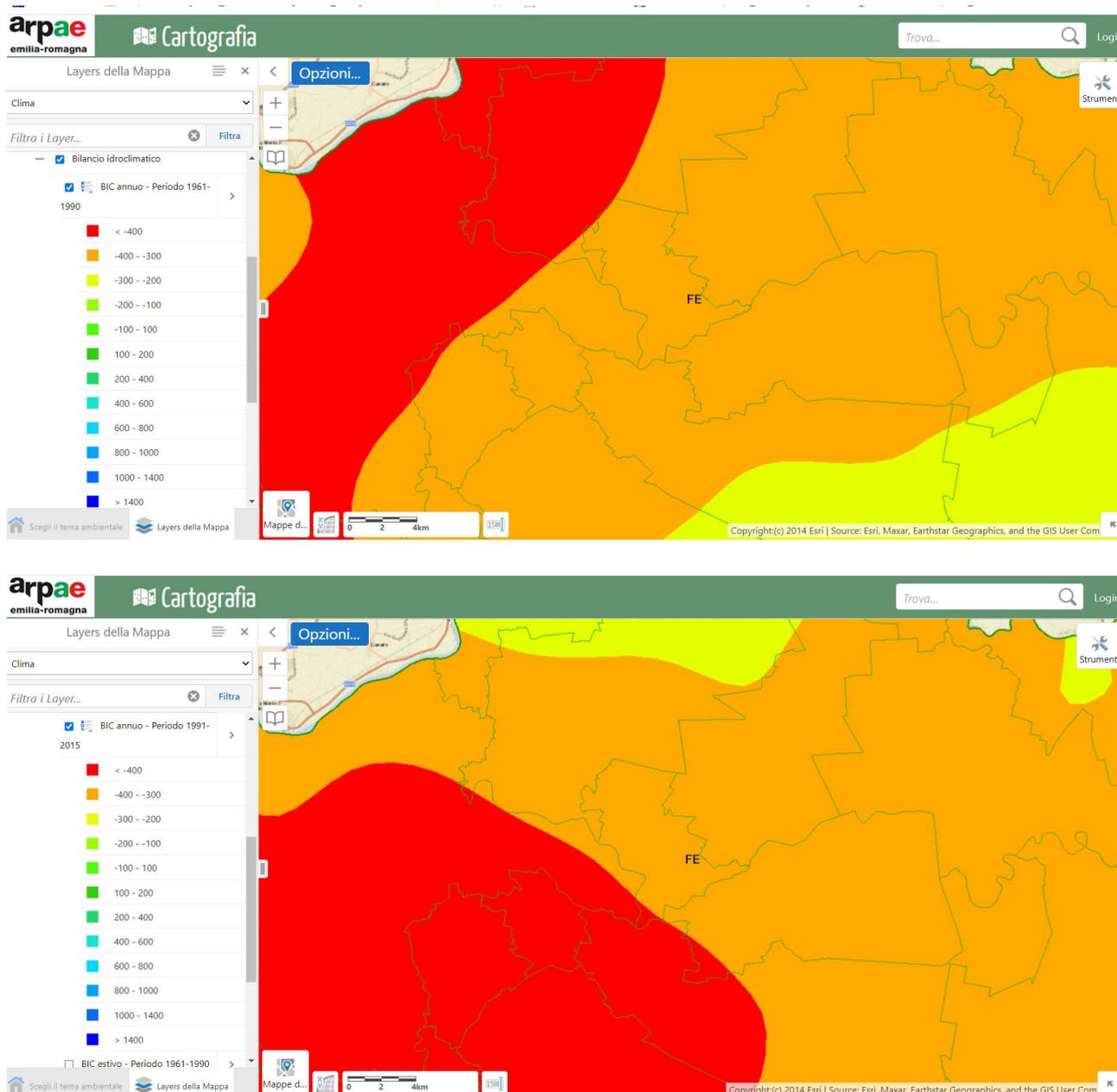
Si riportano le mappe dell'evapotraspirazione potenziale media annua nelle serie storiche 1961-1990 e 1991-2015.



**FIGURA 1.10** – Evapotraspirazione media annua periodo 1961-1990 e 1991-2015

Si è passati da una evapotraspirazione potenziale media di 950mm nel periodo 1961-1990 ad una evapotraspirazione potenziale media di 1000mm nel periodo 1991-2015. Questo dato porta come conseguenza ad un deficit idrico maggiore.

Si riportano le mappe del bilancio idroclimatico medio annuo nelle serie storiche 1961-1990 e 1991-2015.



**FIGURA 1.11** – Bilancio idroclimatico medio annuo periodo 1961-1990 e 1991-2015

Si è passati da un bilancio idroclimatico negativo di circa -300mm nel periodo 1961-1990 ad un bilancio idroclimatico negativo di circa -400mm nel periodo 1991-2015. Questo dato porta come conseguenza ad un deficit idrico maggiore.

### 1.1. Osservazioni sulla gestione del territorio in rapporto al clima

In questi ultimi anni il cambiamento climatico ha dimostrato di essere più veloce di quanto previsto, per cui anche le valutazioni di queste serie storiche di dati, sono diventate poco coerenti con le nuove condizioni climatiche. Esse aiutano a fare comunque dei confronti con le variazioni che si registrano ora, rispetto alle medie di quelle serie storiche. Sicuramente il riscaldamento globale sta innescando con maggior frequenza il verificarsi di eventi meteo estremi (bombe d'acqua, forti venti, trombe d'aria, tempeste di fulmini, caldi estremi e persistenti, siccità perduranti, ecc.).

E' sicuramente necessaria una ricalibrazione dell'utilizzo delle acque dolci, adeguando l'idroesigenza alle reali disponibilità estive, che non sono più quelle dei tempi in cui gli archi montuosi attorno alla pianura avevano grandi risorse sotto forma di ghiacciai, che proprio con il caldo rilasciavano nei fiumi grandi quantità di acqua anche nel periodo estivo.

D'altronde nel basso ferrarese è sempre stato auspicabile la piantumazione di coltivazioni idroesigenti, al fine di immettere tanta acqua dolce per contrastare la risalita del cuneo salino nelle falde freatiche.

Occorre senz'altro studiare nuove forme di accumulo di acque dolci quando disponibili, poiché sversare in mare le acque dolci in eccesso nei periodi invernali, per poi rimpiangerle nel periodo siccitoso estivo è irrazionale.

Mentre in passato, vista l'abbondanza della presenza di acqua, aveva fatto sì che tutto il sistema della bonifica nei terreni agricoli e tutto il sistema delle acque fognarie nei centri abitati, fosse impostato per allontanare velocemente le acque in eccesso, ora, con le siccità, ci si accorge che esiste anche il bisogno di far stazionare queste acque per più tempo sul territorio, al fine di facilitarne l'infiltrazione in falda (la tendenza è sempre stata quella di aumentare il coefficiente di deflusso superficiale, a discapito del coefficiente di infiltrazione).

## **2. GEOMORFOLOGIA GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

### **2.1. Evoluzione geomorfologia dei territori del comune di Fiscaglia**

L'evoluzione ambientale del territorio comunale di Fiscaglia è stata condizionata prevalentemente da processi sedimentari legati ai corsi d'acqua. Essi, infatti, consentono il trasporto di ingenti quantità di sedimenti grossolani e fini, che si accumulano non solo all'interno dell'alveo, ma anche nei territori limitrofi successivamente ad eventi alluvionali. Pertanto, quando si verificano le esondazione fluviali (rotte fluviali), si formano dei depositi a forma di ventaglio per la diminuzione di energia e capacità di trasporto, con la frazione grossolana (sabbie) concentrata all'apice del ventaglio e la frazione più fine (limi ed argille) deposte più lontano. Il territorio in esame è spesso caratterizzato anche da depositi torbosi dovuti alla formazione di ambienti paludosi e di bacini allagati delimitati fisicamente da argini naturali sempre più alti rispetto alle campagne circostanti più depresse.

Dunque le strutture geomorfologiche affioranti che caratterizzano il territorio dei due comuni sono costituite da:

- paleoalvei di riempimento attivo;
- paleoalvei di riempimento passivo;
- depositi di rotta e di esondazione fluviale;
- bacini interfluviali distali (piane alluvionali e depositi palustri).

Nel settore più orientale del comune di Fiscaglia, al di sotto dei depositi palustri, sono rinvenibili a pochi metri di profondità (3-5m) i primi cordoni litoranei sabbiosi ribassati per subsidenza e ricoperti dai successivi sedimenti organici di palude.

L'abitato di Massa Fiscaglia si sviluppa su un deposito di rotta in quanto topograficamente presenta propria l'assetto a conoide, con quote che degradano dal Po di Volano verso le ex zone palustri.

In corrispondenza dell'abitato di Migliaro è presente il paleo alveo del Po di Volano, e nel sottosuolo predomina una forte variabilità stratigrafica dovuta alla divagazione di corpi idrici minori legati comunque la Po di Volano, attivi prima che l'uomo intervenisse ad arginare il fiume per costringerlo nell'attuale alveo.

Migliarino rispecchia le stesse forme geomorfologiche di Migliaro, ma il suo territorio si spinge fino alle sponde del grande e importante paleo alveo del Po di Ferrara o Po di Spina, alle cui foce, poco più ad est si era insediata la popolazione etrusca della città perduta di Spina. I depositi sabbiosi di questo paleo alveo sono molto importanti per spessore e larghezza di alveo. Questo era il principale corso del fiume Po fino alla fine dell'epoca etrusca.

### 2.1.1. Carta Geomorfologica

La cartografia tematica di base per questo studio è stata fornita dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara la **carta geomorfologica** viene allegata a questa relazione in scala 1:25.000 (**FIGURA 2.1**).

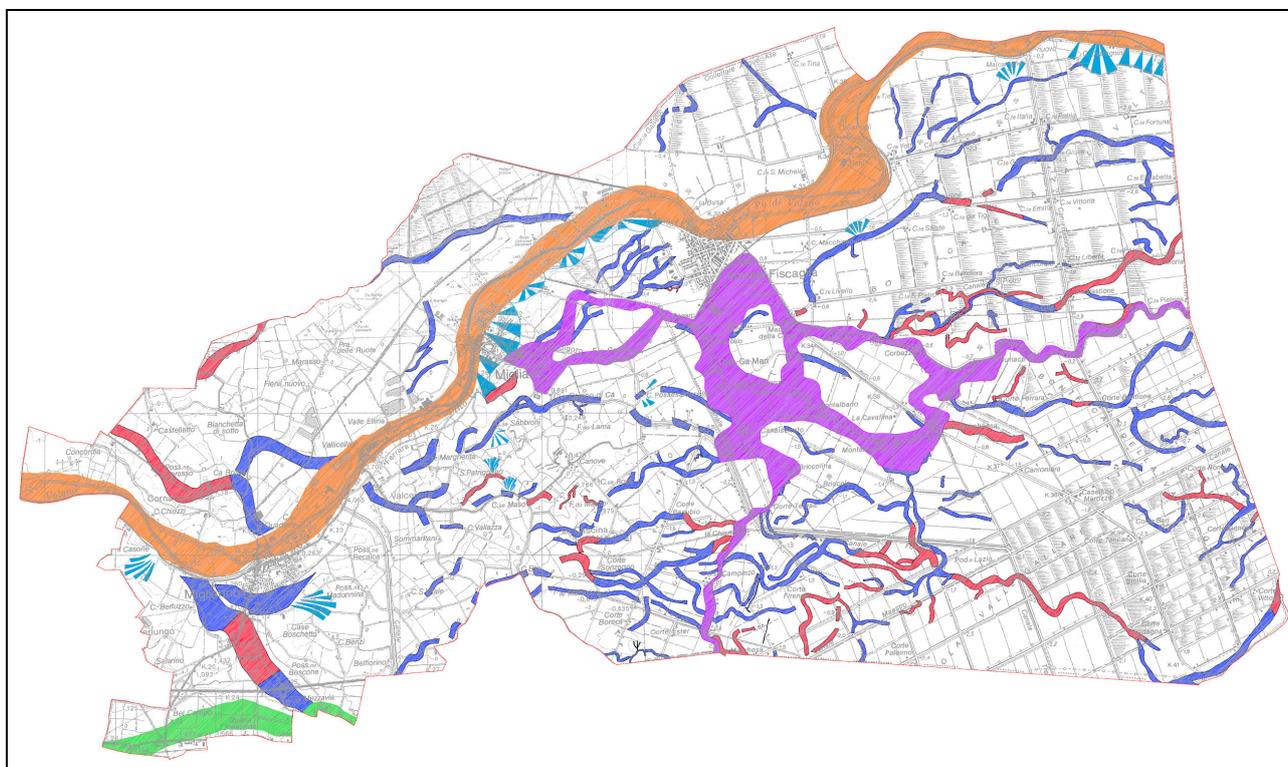
Tale carta è stata leggermente modificata dallo scrivente in funzione della fotointerpretazione delle ortofoto di diversi voli messi a disposizione dalle Amministrazioni Comunali, in funzione dei dati stratigrafici a disposizione, in funzione della carta del microrilievo (di cui si scrive più avanti) ed in funzione dei dati a disposizione sulle litologie di superficie.

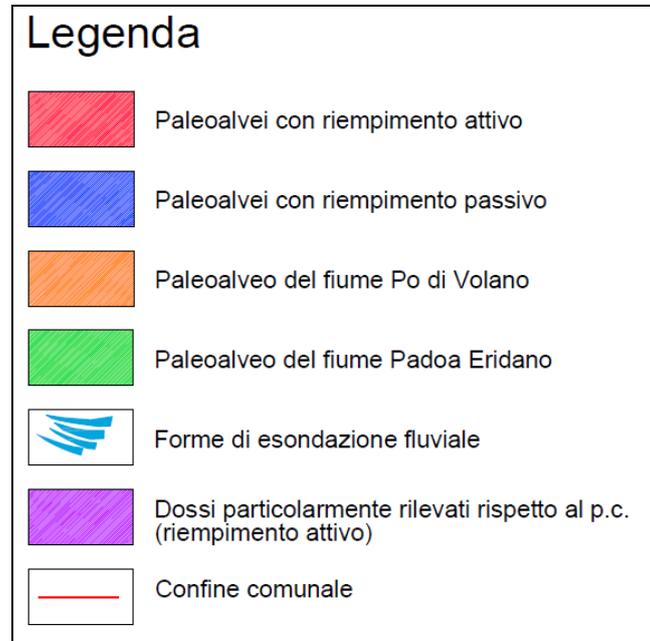
Le forme geomorfologiche principali rilevate sono:

- Paleoalveo del fiume Po di Spina.
- Paleoalveo del fiume Po di Volano.
- 3 paleoalvei di riempimento attivo (dovuto ad autosedimentazione in alveo, quindi con dominanza di sedimenti granulari sabbiosi e sabbioso-limosi), che si sviluppano 1) da Migliaro fino alla Marchesa, sovrapponendosi per buona parte del suo tracciato sull'argine Zappelli (antica delimitazione tra le aree vallive e le vecchie terre emerse; 2) dal precedente paleoalveo se ne dirama un secondo all'altezza di Case S. Lorenzo, e attraverso Montalbano e Montalbanino arriva fino oltre Corte Caimbanca; 3) da Massa Fiscaglia si sviluppa verso Corazza, Buriaco e Buriachetto, attraversando e caratterizzando con la sua elevazione rispetto le campagne circostanti la bonifica di Valle Volta.

- Numerosi paleoalvei di riempimento passivo (dovuto a sedimentazione di sedimenti alluvionali distali o sedimenti organici di ambiente impaludato, costituiti prevalentemente da sedimenti fini argilloso-limosi e/o organici); talvolta alcuni di questi paleoalvei presentano l'alveo vero e proprio con riempimento passivo e accennano invece ai due sistemi arginali con riempimento attivo; essendo questi piccoli sistemi arginali naturali di ridotto spessore, si è ritenuto più opportuno inserire questi tracciati fluviali nelle strutture di riempimento passive;

- depositi di rotta presenti a ridosso della strada Provinciale tra Migliaro e Massa Fiscaglia in dx fiume e depositi di rotta a Migliarino in dx fiume.





**FIGURA 2.1** – Stralcio della Carta Geomorfologica comune di Fiscaglia

Una peculiarità della carta geomorfologica precedentemente descritta è la presenza di tre dossi di particolare interesse geomorfologico e paesaggistico che ne valorizzano il territorio studiato.

I tre paleoalvei di riempimento attivo che caratterizzano i due comuni allo studio sono molto evidenti dal punto di vista paesaggistico, e, a parere dello scrivente si meriterebbero un nome. Si coglie l'occasione di questo lavoro per proporre i seguenti toponimi geomorfologica (**FIGURA 2.2**):

- 1) paleoalveo Zappelli;
- 2) paleoalveo Montalbano;
- 3) paleoalveo Corbazza.

Come già accennato in precedenza nella porzione più orientale del comune di Massa Fiscaglia, al di sotto di una coltre di 3-5m di sedimenti torbosi organici di origine palustre, si rilevano le prime sabbie la cui natura deposizionale è da ricondurre alla presenza di sistemi di dune paleocostiere ribassate dalla subsidenza (processo geodinamico di cui si parlerà più avanti).

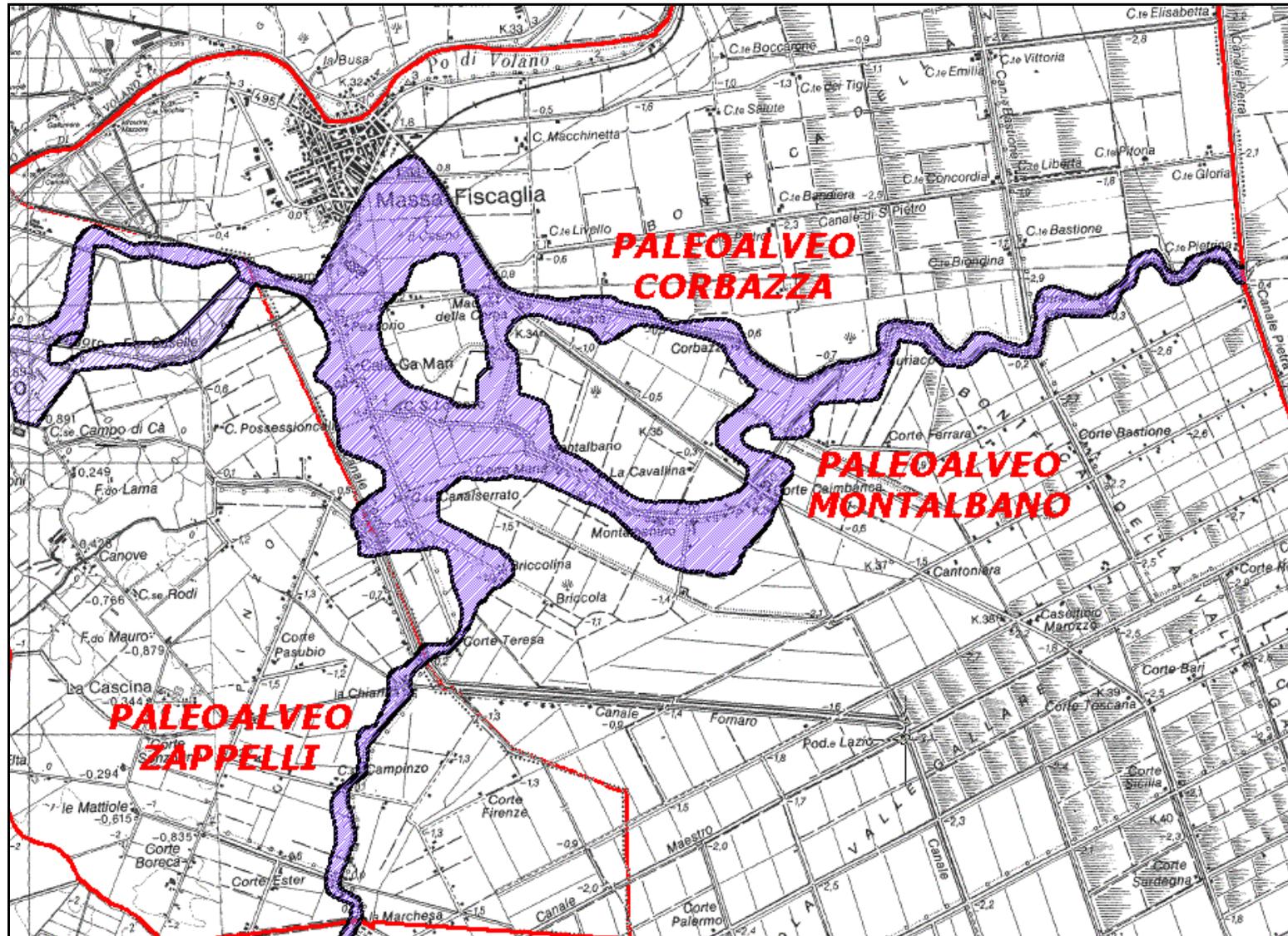


FIGURA 2.2 – Dossi di particolare interesse geomorfologico e paesaggistico

### 2.1.2. Assetto stratigrafico delle successioni litologiche

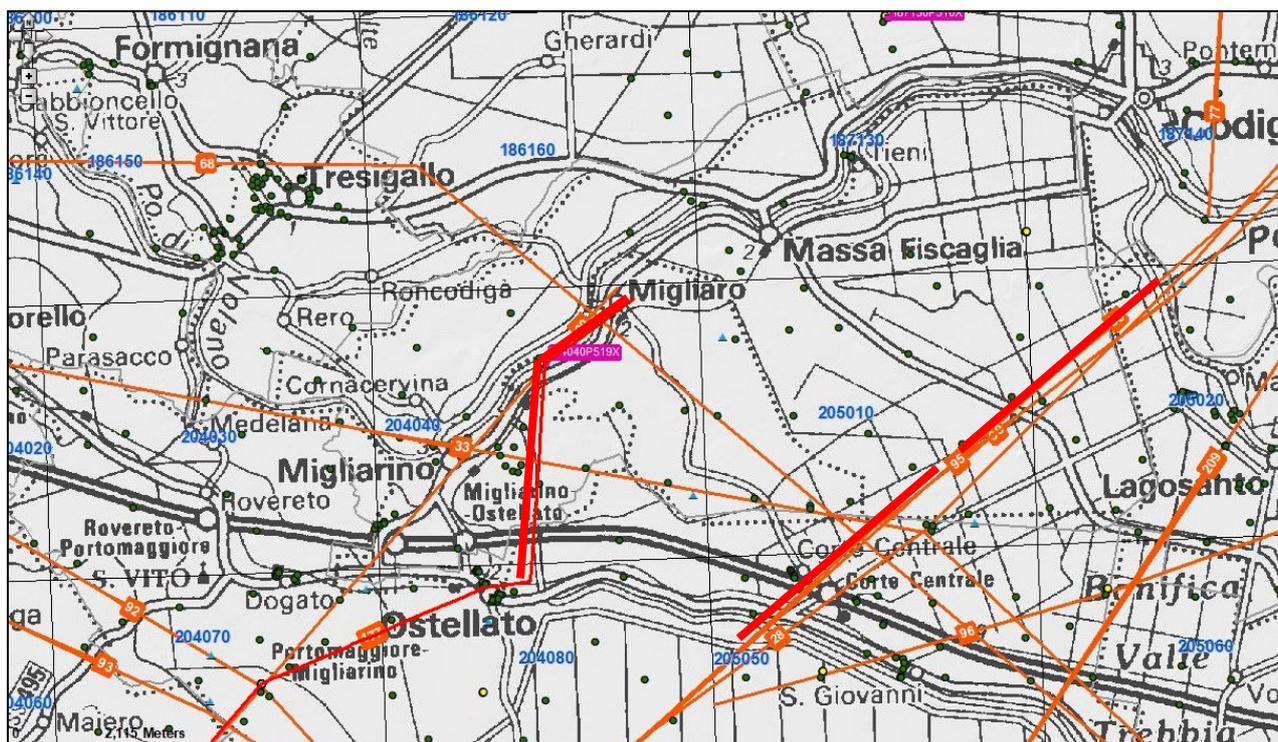
Nella situazione litostratigrafia locale, si distingue principalmente l'ambiente deposizionale fluviale formato dagli apporti sedimentologici del fiume Po di Spina e del fiume Po di Volano con le sue antiche diramazioni - sottili paleovalvei con direttrice ovest-est, che si staccavano dal Po di Volano. Generalmente nel comune di Fiscaglia, si rilevano ambienti deposizionali di bassa energia idrodinamica rappresentati da argille limose e da limi argillosi, talvolta alternati a depositi grossolani tipici di ambiente sedimentario ad alta energia idrodinamica.

Sul sito del Servizio Geologico e Sismico della regione Emilia Romagna si reperiscono due sezioni geologiche per comprendere la sequenza stratigrafica lungo queste due linee.

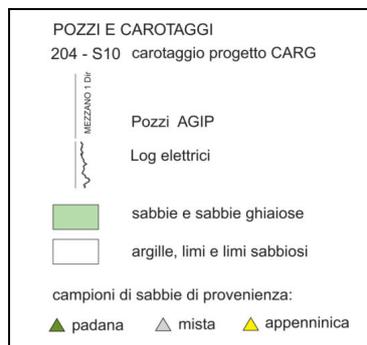
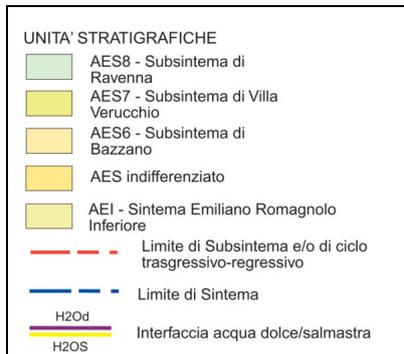
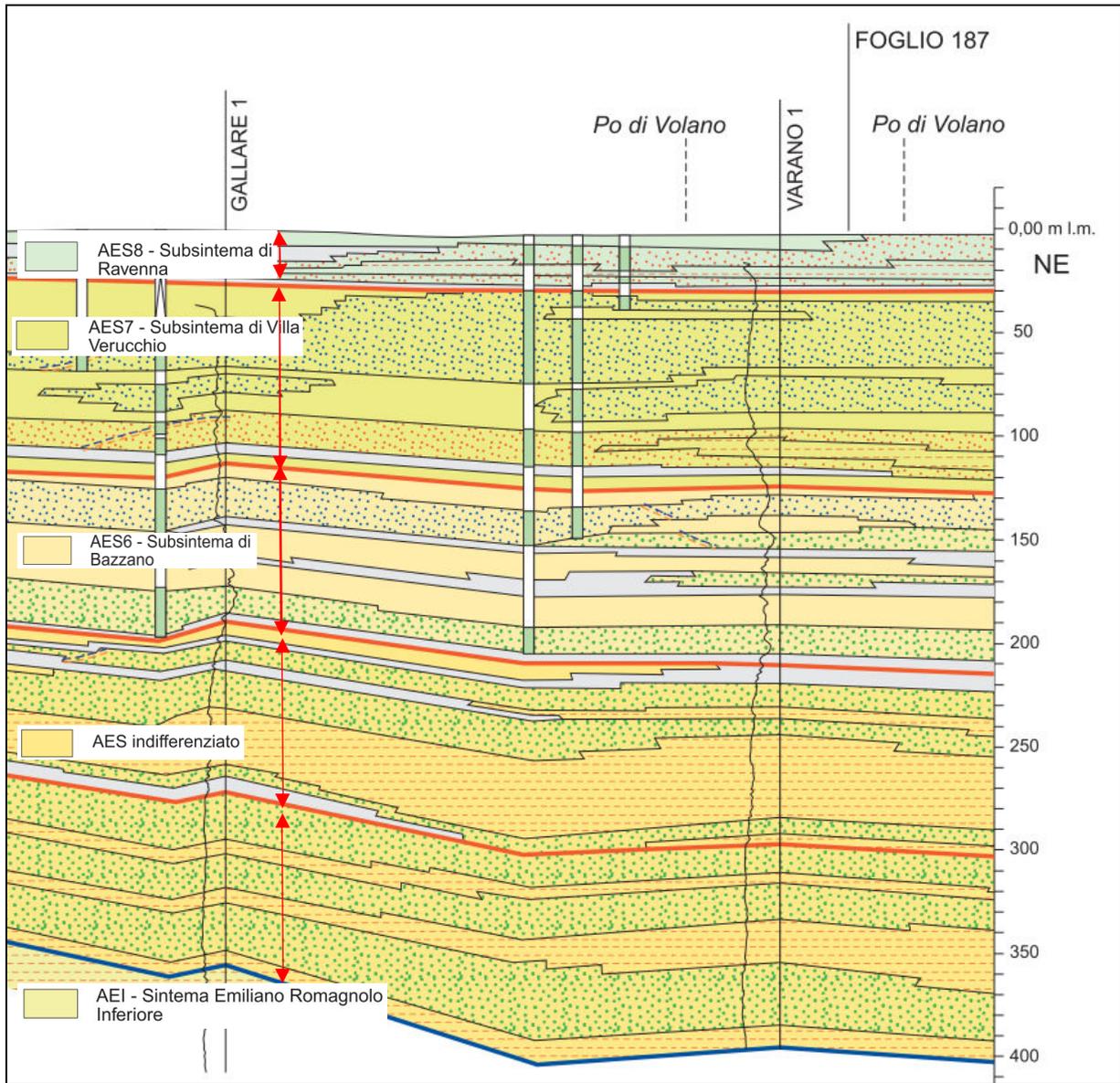
Per maggiori approfondimenti si faccia riferimento alle relazioni della microzonazione sismica di II livello.

In **FIGURA 2.3** si riportano le ubicazioni delle due sezioni che attraversano il territorio comunale.

La sezione 95 è profonda oltre i 300m, mentre la sezione 177 è superficiale e interessa i primi 20m di spessore.

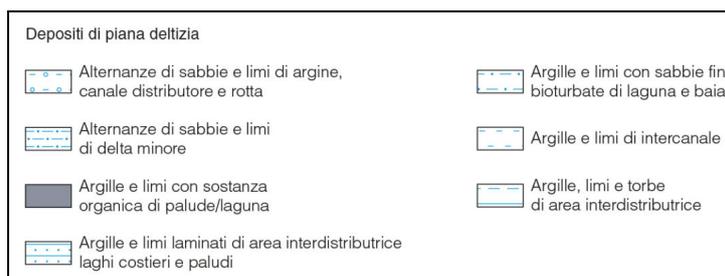
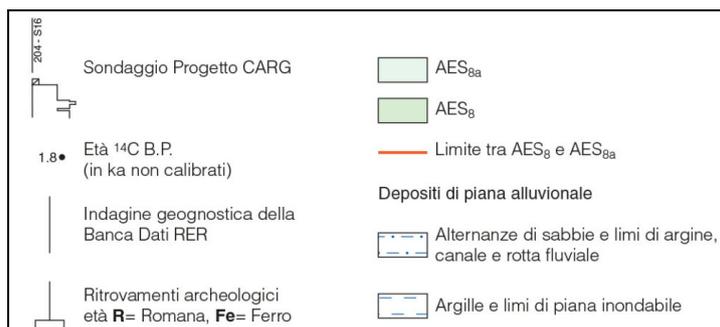
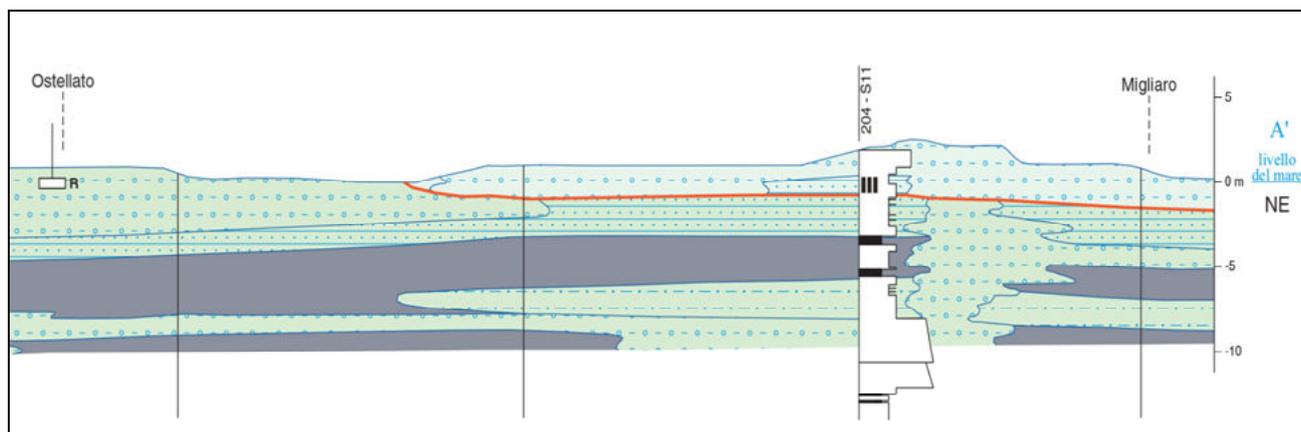


**FIGURA 2.3** – Ubicazione delle sezioni geologiche 117 e 95  
[http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgs/user/viewer.jsp](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgs/user/viewer.jsp)



**FIGURA 2.4** - sezioni geologica 95

[http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp)



**FIGURA 2.5** – sezioni geologica 177

[http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp](http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp)

Facendo ricorso alla banca dati personale dello scrivente, e alla banca dati della RER (progetto CARG), sono state ricostruite le stratigrafie in numerosi punti, mediante i diagrammi di resistenza di prove penetrometriche statiche con punta meccanica e prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono. L'attenzione è stata focalizzata in modo particolare attorno ai centri abitati di Migliaro e di Massa Fiscaglia.

Correlando i vari punti con stratigrafia nota, sono stati ricostruiti dei profili litologici di massima, che forniscono, a parere dello scrivente, importanti informazioni sui modelli geologici nei vari settori dei centri abitati allo studio **FIGURA 2.6**.

Dall'analisi delle prove penetrometriche più profonde si ricava che nei primi 20m circa i sedimenti dominanti sono di natura argillosa limosa, spesso con banchi torbosi, ad eccezione dei punti interessati da antichi tracciati ormai sepolti in profondità, del paleoalveo divagante del fiume Po di Volano. Oltre i 20 m di profondità, nel settore nord compaiono le sabbie continentali pleistoceniche che caratterizzano anche i territori nei comuni limitrofi di Codigoro e Jolanda di Savoia, mentre nelle porzioni sud del territorio comunale di Massa Fiscaglia, si rileva l'assenza di questo importante banco sabbioso, sostituito da argille e limi sempre di natura continentale.

I territori di bonifica sono ovviamente quelli che presentano nei primi metri i terreni più penalizzanti (si tratta spesso di torbe, limi argillosi e argille limose organiche, con umidità naturale molto elevata, spesso prossima o superiore al limite liquido).

In prossimità del paleo alveo del Po di Spina o (Padoa Eridano, poi Pado Vetere), si rilevano sabbie con copertura limoso argillosa.

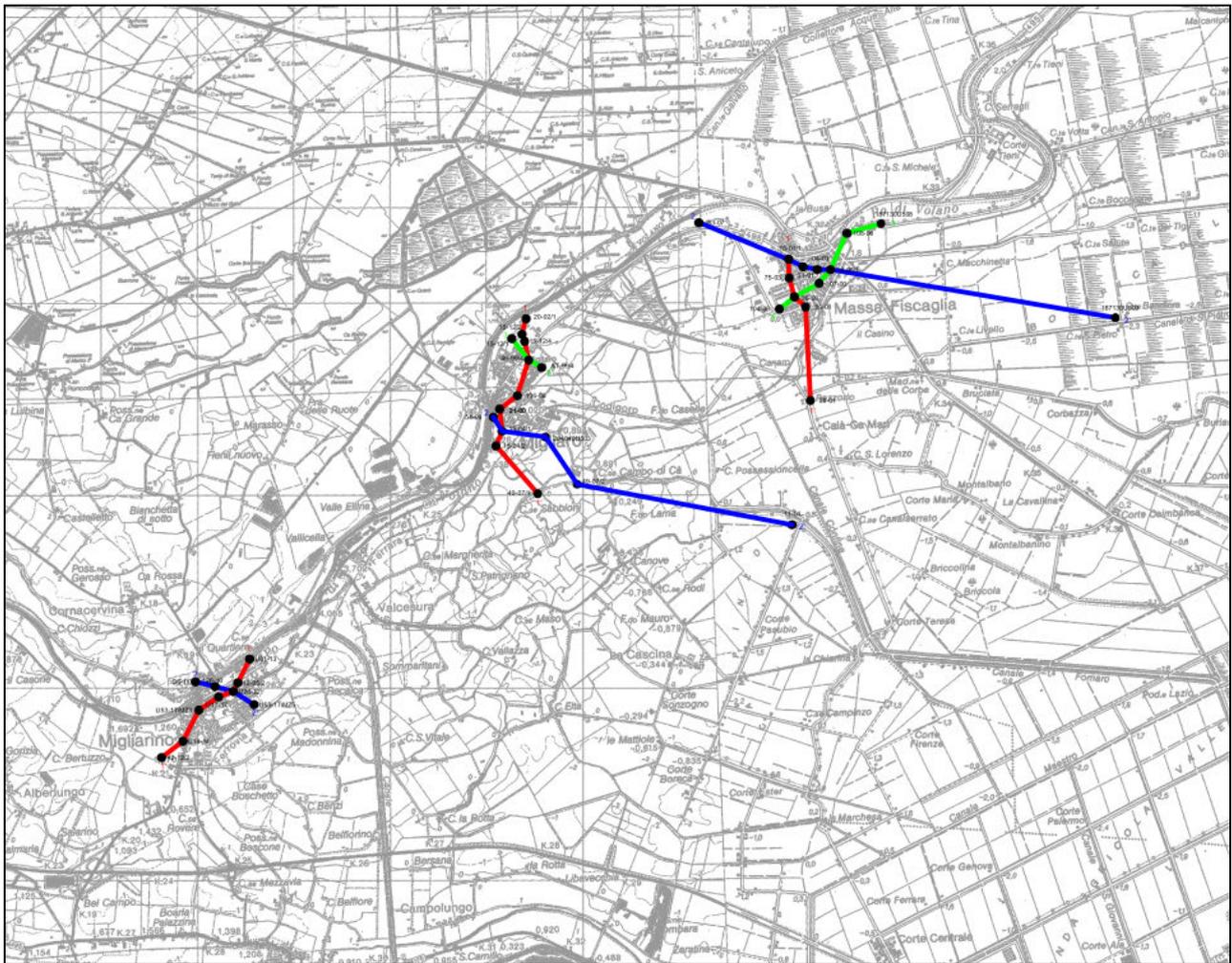
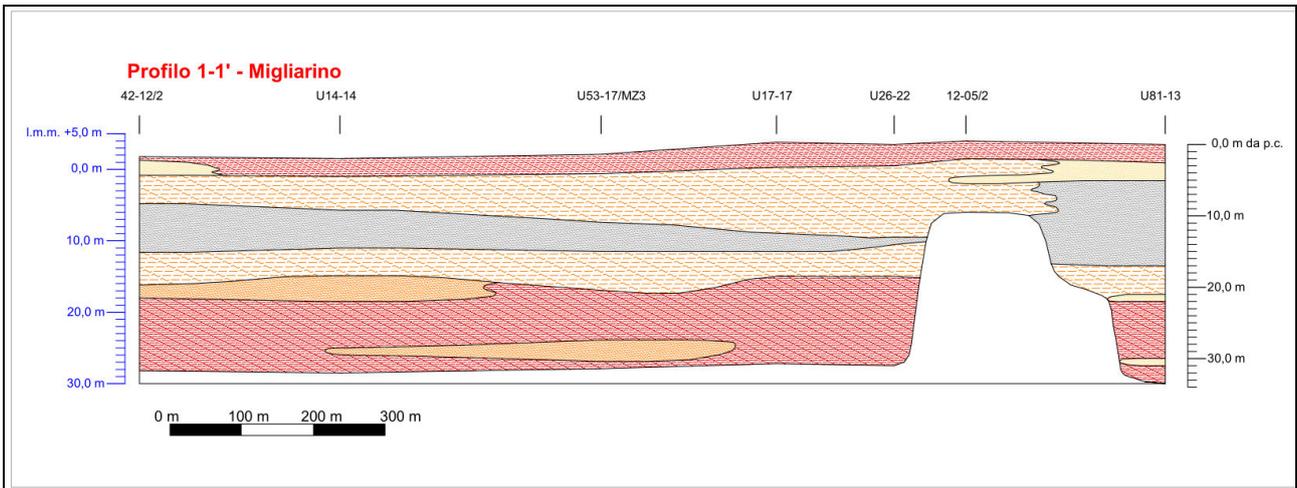
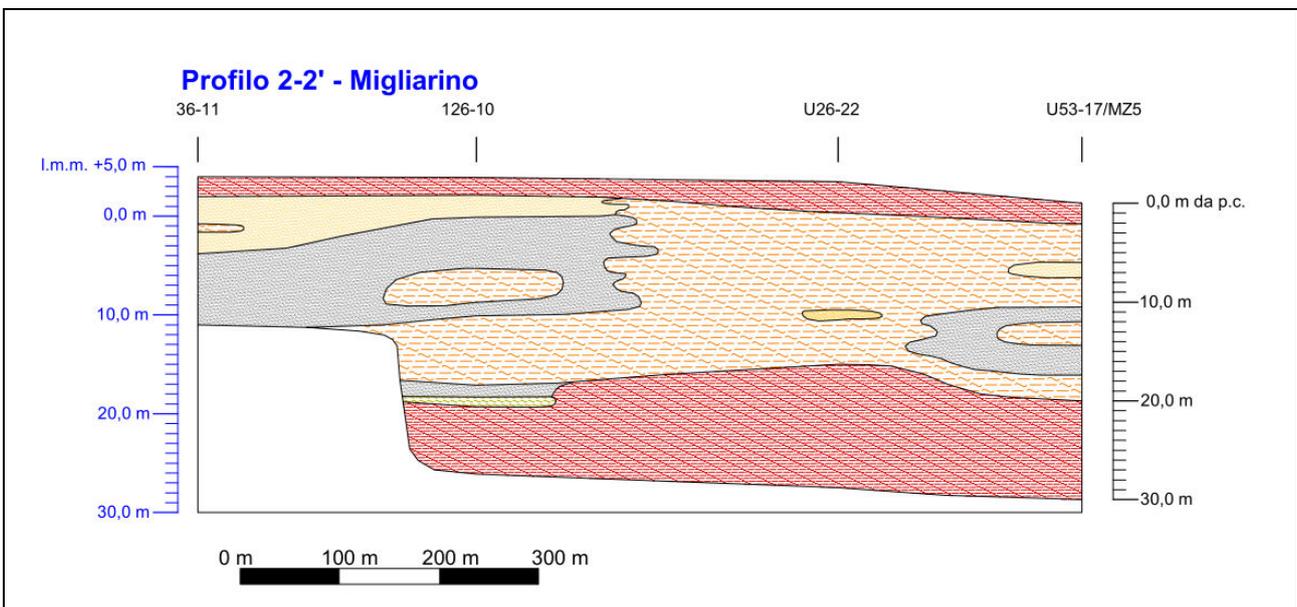


FIGURA 2.6 – Ubicazione nuove sezioni geologiche

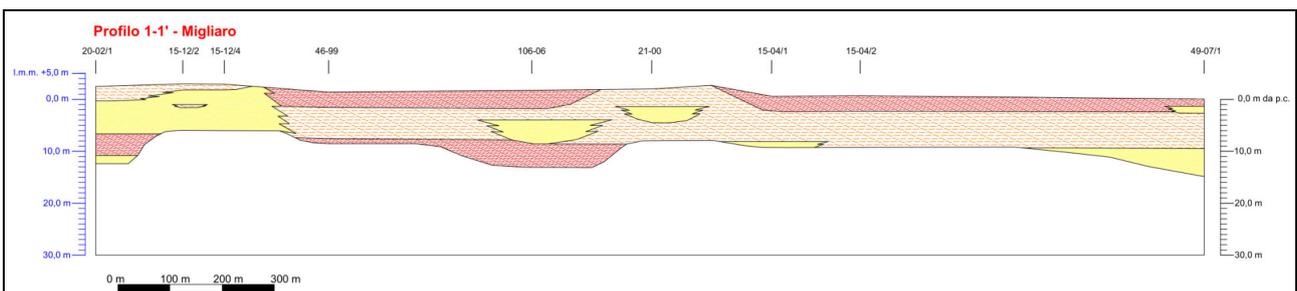




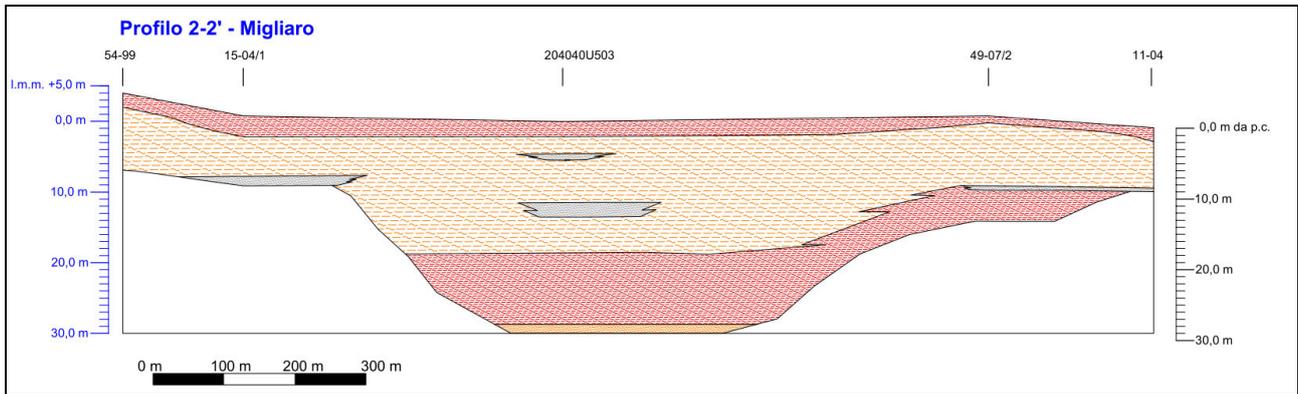
**FIGURA 2.7** – Sezione Migliarino



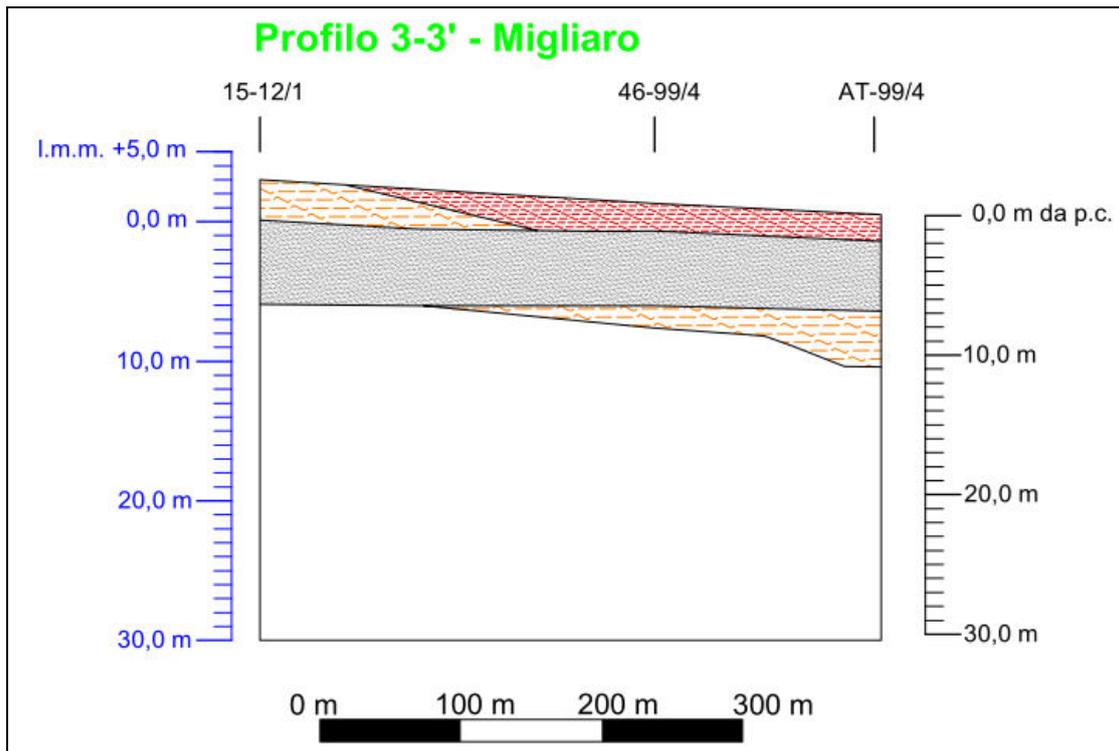
**FIGURA 2.8** – Sezione Migliarino



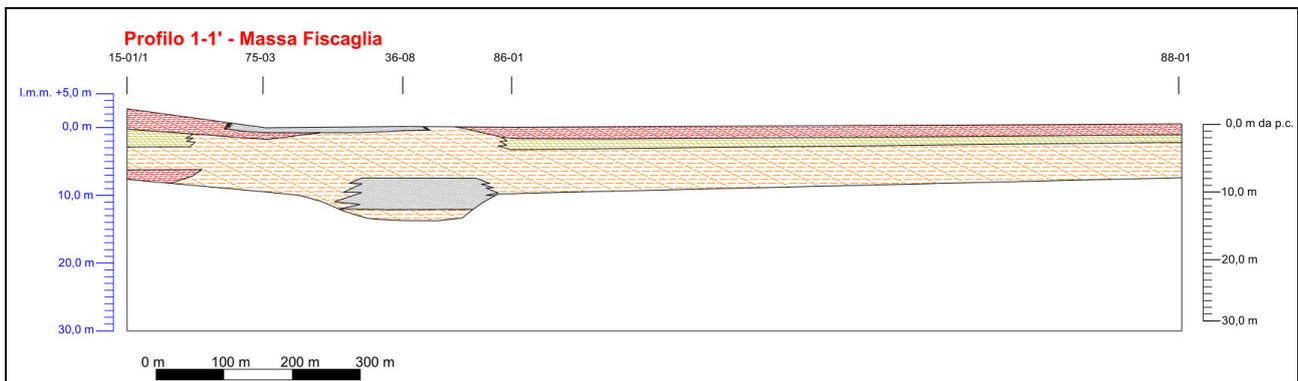
**FIGURA 2.9** – Sezione Migliaro



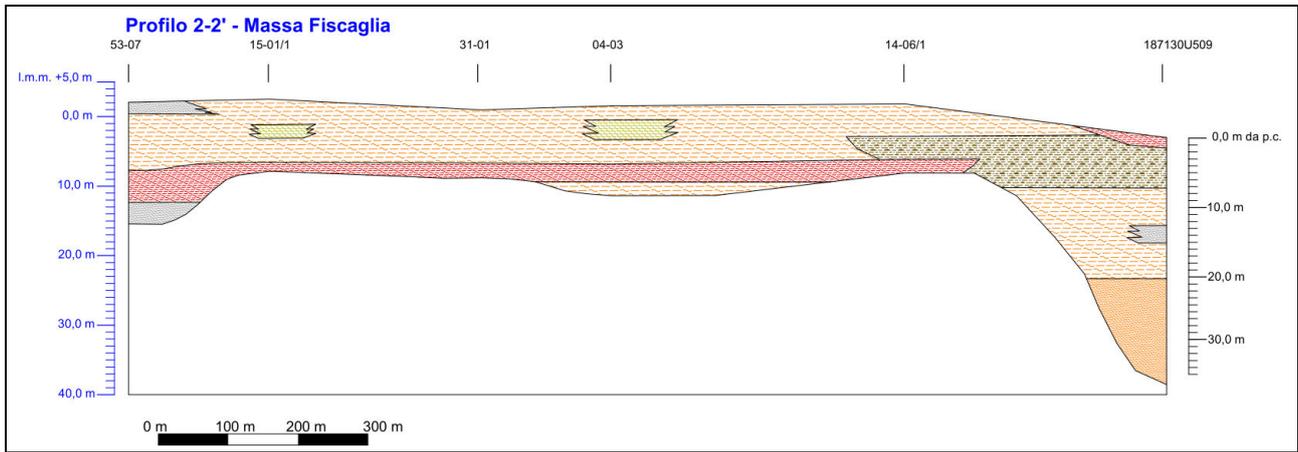
**FIGURA 2.10** – Sezione Migliaro



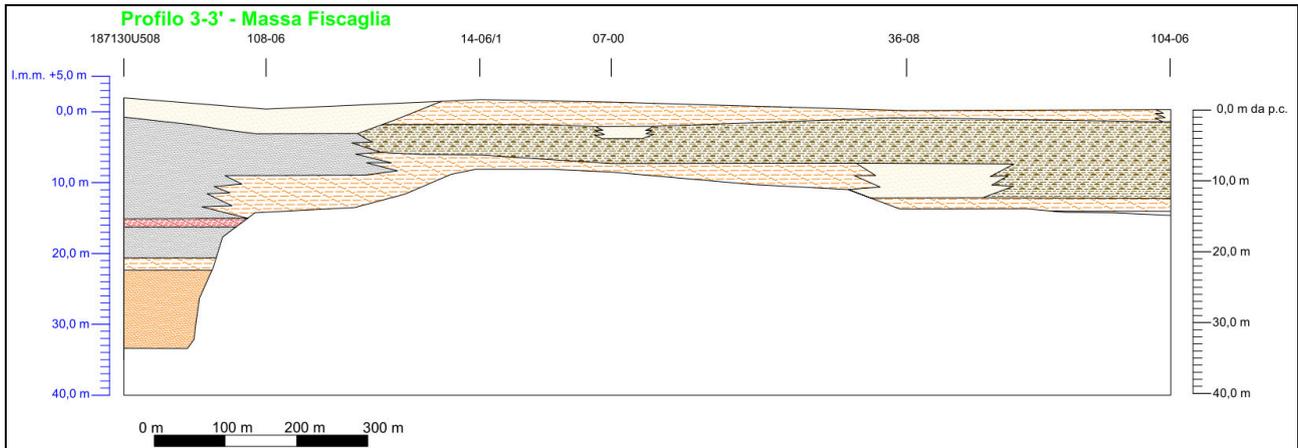
**FIGURA 2.11** – Sezione Migliaro



**FIGURA 2.12** – Sezione Massa Fiscaglia



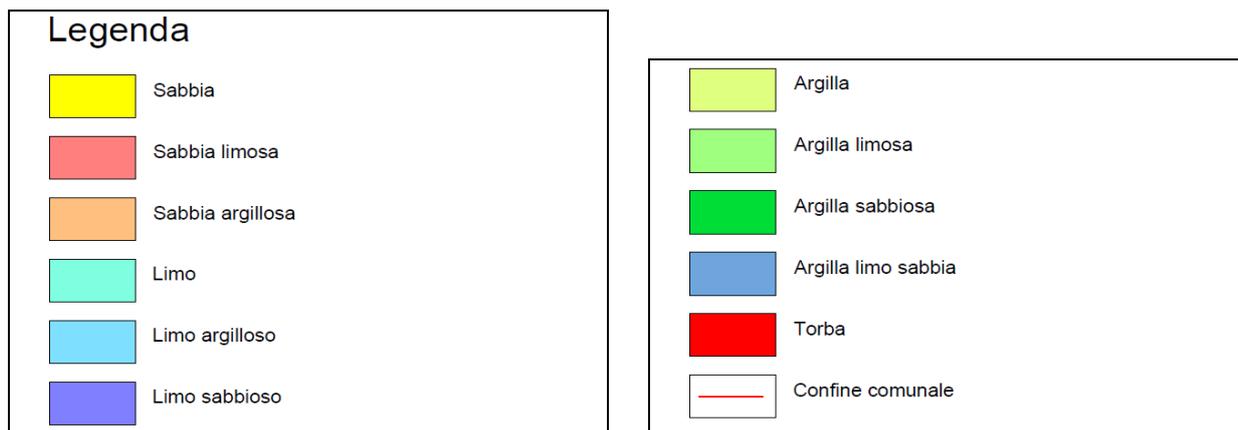
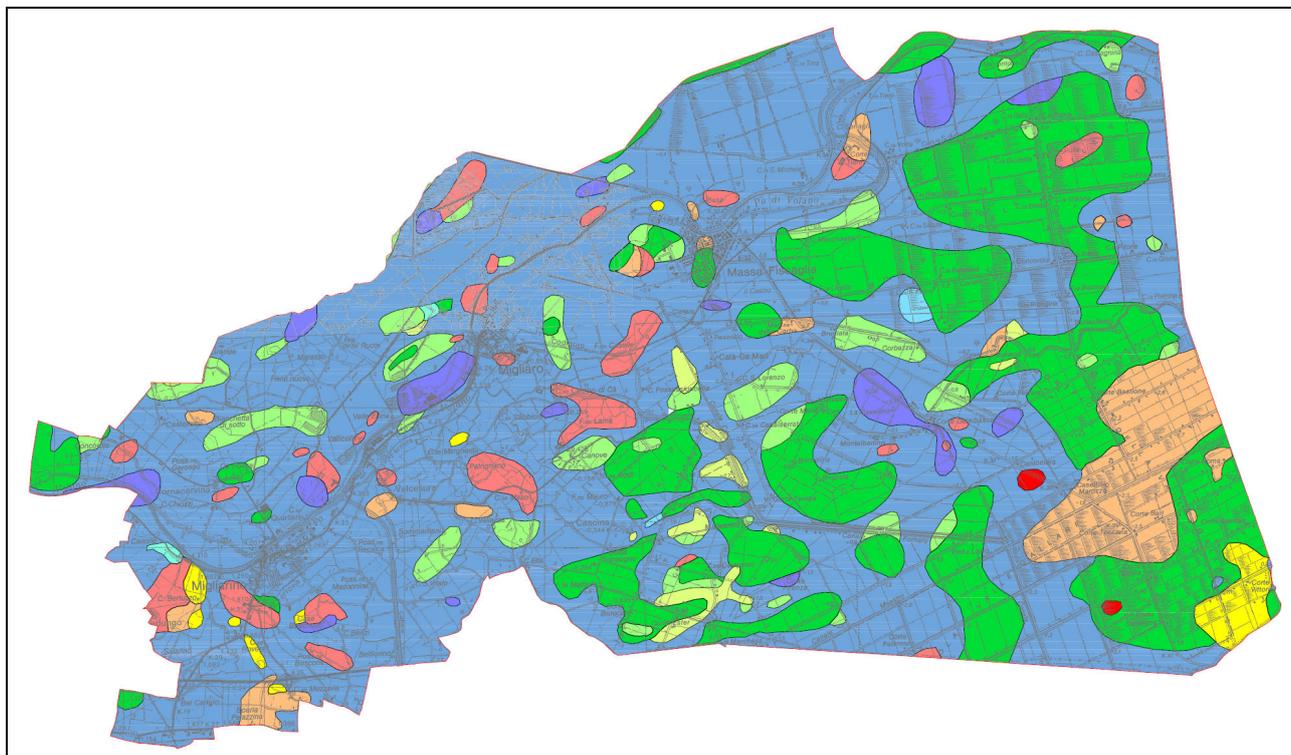
*FIGURA 2.13 – Sezione Massa Fiscaglia*



*FIGURA 2.14 – Sezione Massa Fiscaglia*

### 2.1.3. Carta della Litologia di superficie

La cartografia tematica di base per questo studio è stata fornita dall'Amministrazione Provinciale. La carta della litologia di superficie viene riprodotta in scala 1:25.000 (**FIGURA 2.15**). Detta carta tematica di base è stata costruita in base alle analisi granulometriche di campioni analizzati che rappresentano tutto lo strato che va da circa 10 cm fino a 80 cm di profondità dal piano campagna, non essendo stato preso in considerazione il livello più superficiale da 0 a 10 cm. Sostanzialmente nel territorio comunale Fiscaglia dominano generalmente in affioramento miscele binarie e ternarie di sabbia, limo e argilla, spesso alternate ad argille sabbiose. Nell'area della Valle Gallare, si possono rilevare sedimenti torbosi.



**FIGURA 2.15** – Stralcio della Carta della Litologia di superficie  
PUG Comune di Fiscaglia

### 2.1.4. Unità fisiografiche del territorio

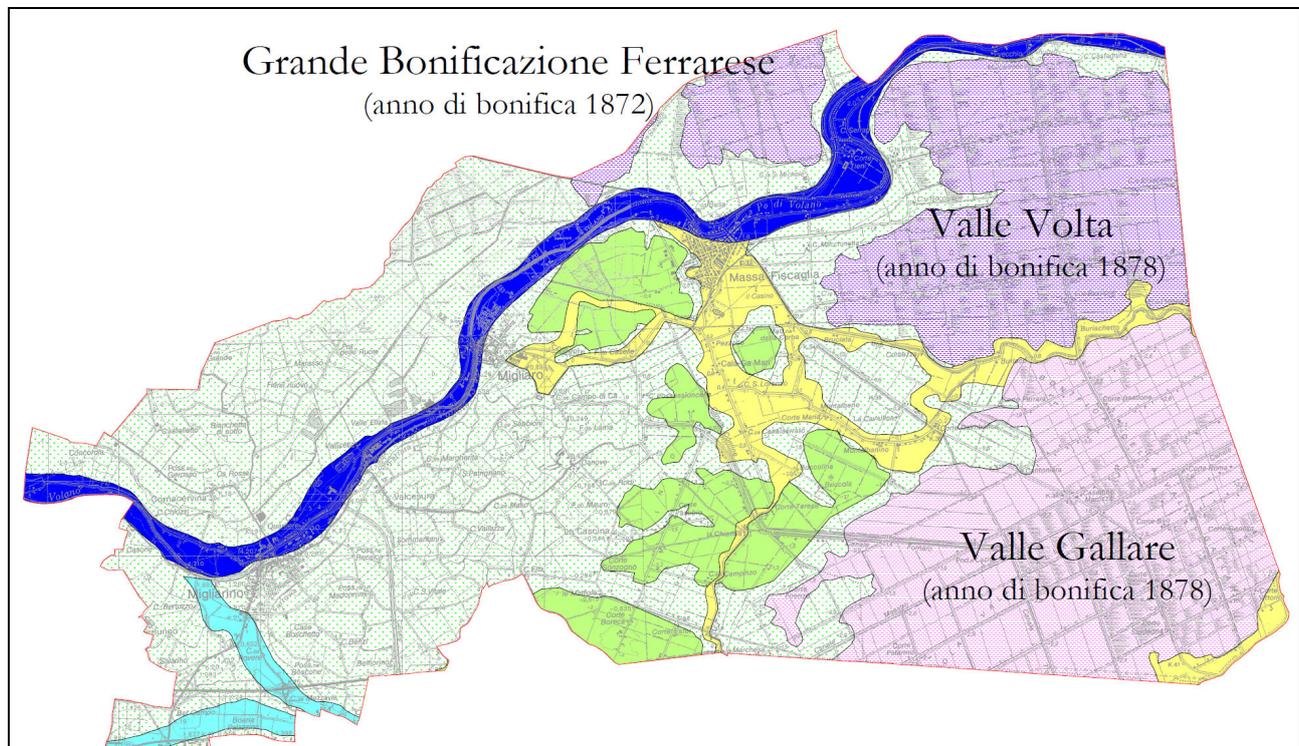
Dopo aver completato l'analisi ambientale del territorio comunale, individuando tutte le strutture geomorfologiche rilevabili, disegnando l'assetto altimetrico e rilevando le litologie di superficie, si è potuto perimetrare una serie di sistemi fisiografici o unità morfologico paesaggistiche, che individuano aree che hanno in comune il loro attuale assetto, e la loro storia geomorfologica, sedimentologica, evolutiva nonché storico-antropica.

La cartografia tematica di base per questo studio è stata fornita dall'Amministrazione Provinciale. La carta delle Unità fisiografiche del territorio è stata riprodotta in scala 1:25.000 (**FIGURA 2.16**). Si sono quindi individuati 8 principali sistemi fisiografici leggibili nella cartografia che caratterizzano questa porzione di territorio della bassa pianura padana, in cui ricadono i due comuni allo studio.

Gli ambiti paesaggistici omogenei riscontrati, possono portare ad approcci pianificatori differenziati e mirati.

Gli otto principali sistemi fisiografici individuati (dentro e fuori il perimetro dei due comuni) sono rappresentati da:

- Dominio Fluviale Po di Volano;
- Dominio Fluviale Padoa – Eridano;
- Dominio Fluviale del Gaurus;
- Ex zone vallive ad acqua dolce;
- Ex zone vallive ad acqua salata;
- Aree storicamente depresse con difficoltà di drenaggio;
- Aree storicamente emerse;
- Aree dossive.





**FIGURA 2.16** – *Stralcio della Carta unità fisiografiche  
PUG Comune di Fiscaglia*

I sistemi fisiografici caratterizzati dal termine “ex zone vallive” delimitano tutte le aree originariamente occupate da specchi vallivi (Valle Volta e Valle Gallare), che sono state recuperate con l’azione della bonifica. Queste aree, in caso di mancato funzionamento del sistema di bonifica, verrebbero presto riallagate. Questi territori sono suddivisi geometricamente da tutta una rete di canali e di strade distribuiti simmetricamente, a disegnare tasselli regolari. Come si può desumere dalla **FIGURA 2.17**, le bonifiche risalgono al 1878.

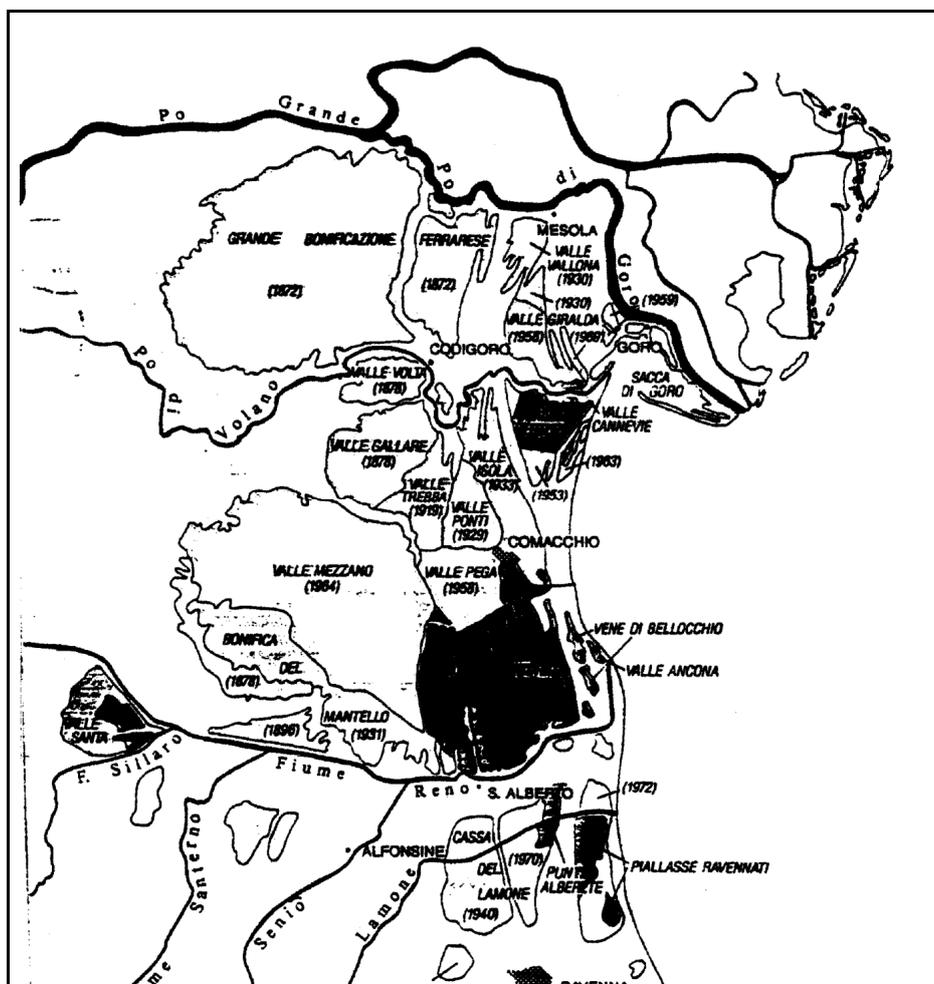


FIGURA 2.17 - Periodi relativi alla realizzazione delle opere di bonifica

I sistemi fisiografici caratterizzati dal termine “*dominio fluviale*” perimetrano principalmente le aree di pertinenza del fiume Po di Volano. Sono stati indicati anche i domini fluviali del fiume Padoa – Eridano e Gaurus.

Il sistema delle “*aree storicamente depresse con difficoltà di drenaggio*”, indica aree soggette a rischio idraulico con quote topografiche al di sotto del l.m.m. Le “*aree storicamente emerse*” individuano delle aree con quote superiori al l.m.m.. Infine il sistema fisiografico delle “*aree dossive*” indica antiche sponde di alvei fluviali topograficamente più elevati rispetto alle campagne circostanti.

### 2.1.5. Carta delle qualità geotecniche

Per redigere la “Carta delle qualità geotecniche dei terreni del territorio comunale” si sono percorse le seguenti due strade: A) sovrapposizione della carta geomorfologica e della litologia di superficie, con localizzazione delle strutture geomorfologiche più importanti, caratterizzate da litotipi particolari, come già ampiamente descritto in precedenza, e B) costituzione di una banca dati di prove penetrometriche statiche eseguite nel territorio dei comuni di Migliaro e di Massa Fiscaglia e nelle aree limitrofe, da interfacciare con le strutture geomorfologiche individuate sul territorio. La banca dati è stata costituita con la raccolta delle prove penetrometriche statiche eseguite dallo studio del Geologo Thomas Veronese, ed è stata integrata con la Banca Dati della RER (Progetto CARG). Per i centri abitati, dove si aveva una certa densità di indagini, si sono scelte solo alcune prove sostanzialmente rappresentative delle aree.

La fase A) si è completata con una analisi della carta geomorfologica abbinata alla carta della litologia di superficie e ai diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche statiche, importanti per evidenziare gli spessori delle litologie caratterizzanti le varie strutture geomorfologiche. In questo modo, è bene precisarlo, si attribuiscono caratteristiche geotecniche indicative per le varie aree del comune.

La fase B) si è basata sull'analisi dei diagrammi di resistenza alla punta delle prove penetrometriche statiche; in questo modo è stato possibile classificare le prove penetrometriche in modo da differenziare sulla carta in funzione delle resistenze alla punta.

L'esecuzione delle prove penetrometriche statiche è avvenuta con un Penetrometro Statico Olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con dispositivo idraulico di spinta da 20 t. fornito di punta telescopica tipo "Begemann" per il rilievo della resistenza alla punta  $R_p$  e dell'attrito laterale locale  $R_l$ , avente un'area di 10 cm<sup>2</sup>, angolo 60°, velocità di avanzamento 2 cm/sec.

La metodologia è sperimentale, è già stata utilizzata dallo scrivente in altri comuni del Basso Ferrarese, nell'ambito di altri P.S.C., nonostante ciò si pensa, visti i risultati ottenuti, che essa possa anche essere adattabile in questi due comuni. La metodologia per la stesura della carta tematica è stata ottenuta procedendo nel modo seguente, per ciascun diagramma di resistenza alla punta viene calcolato:

- A) il valore di resistenza alla punta medio tra -0,80 m da p.c. e -3,0 m da p.c.;
- B) il valore di resistenza alla punta medio tra -0,80 m da p.c. e -7,0 m da p.c.;
- C) viene associata una penalizzazione se tra -0,8 m da p.c. e -3,0 m da p.c. sono presenti terreni con un valore di resistenza alla punta inferiore o uguale a 3 kg/cm<sup>2</sup>.

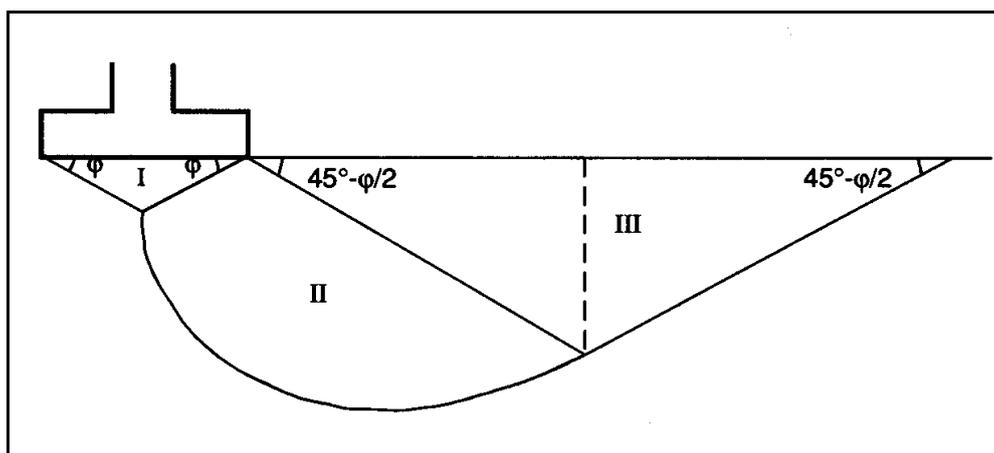
La scelta degli intervalli di profondità considerati sono funzione del teorico comportamento del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico.

L'applicazione del sovraccarico della fondazione induce ad una variazione dello stato tensionale del terreno, il carico applicato tende a diffondersi fino al suo completo assorbimento. Le profondità di -3,0m e di -7,0m sono state scelte in funzione delle seguenti considerazioni puramente statistiche:

A) Funzione della profondità a cui si spinge il cuneo efficace, cioè la zona in cui il terreno mantiene un comportamento elastico e tende a penetrare negli strati sottostanti solidalmente alla fondazione, questo cuneo forma un angolo uguale a  $\phi$  (angolo di resistenza al taglio del terreno su cui poggia la fondazione) rispetto all'orizzontale secondo Terzaghi, uguale a  $(45^\circ + \phi / 2)$  secondo Meyerhof, Vesic e Brinch Hansen. Si veda in proposito **FIGURA 2.18**.

La profondità H a cui si spinge il cuneo efficace, ricavata dalla formula di Meyerhof (1953) è uguale a:

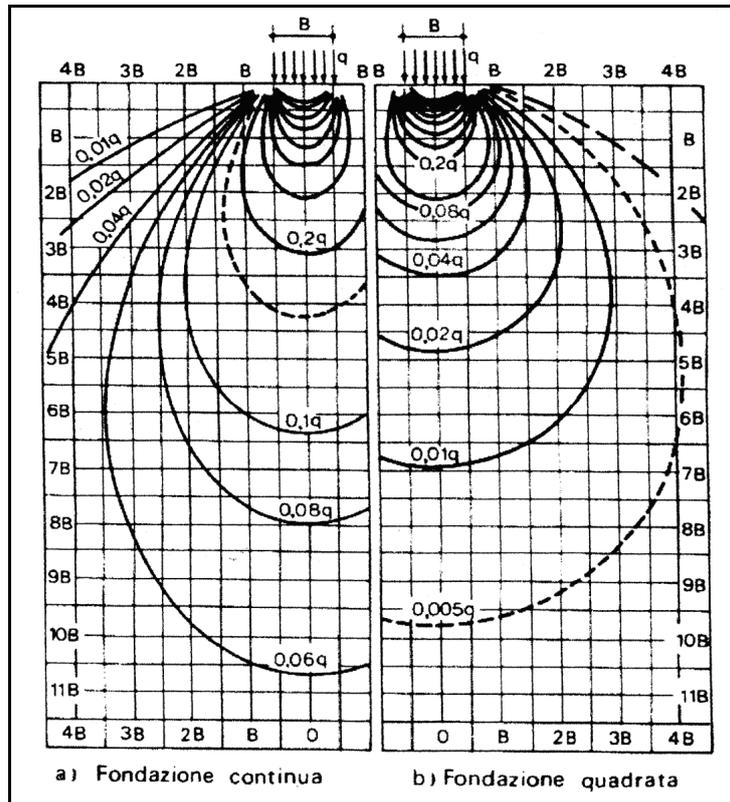
$$H = 0,5 B \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2).$$



**FIGURA 2.18** – Schematizzazione del comportamento del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico, secondo Terzaghi(1943).

B) Funzione dello spessore di terreno in cui l'incremento di carico  $\Delta q$  è superiore al 10% del carico applicato in superficie, per la stima del "volume significativo", ricavabile dai grafici di Boussinesq.

La distribuzione degli sforzi in un piano orizzontale è una superficie di rivoluzione intorno alla retta d'azione del carico e la sua sezione trasversale ha la forma di una curva a campana. Le curve di uguale pressione verticale, sezioni trasversali dei bulbi di pressione, sono riportate in **FIGURA 2.19**.



**FIGURA 2.19** - Distribuzione secondo la teoria di Boussinesq delle pressioni verticali nel terreno.  
Con questo abaco si stima la profondità del banco comprimibile  $H_c$  in funzione della geometria della fondazione.

I valori di resistenza alla punta medi vengono in seguito associati ad un punteggio, in **Tabella 2.1.a b e c** vengono riportati gli intervalli dei valori di resistenza alla punta ed i punteggi corrispondenti.

RESISTENZA ALLA PUNTA MEDIA - 0,8m/-3,0m $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PUNTEGGIO A
$R_p \leq 5$ kg/cm <sup>2</sup>	0
$5$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 10$ kg/cm <sup>2</sup>	1
$10$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 25$ kg/cm <sup>2</sup>	2
$25$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 50$ kg/cm <sup>2</sup>	3
$R_p > 50$ kg/cm <sup>2</sup>	4

**Tabella 2.1.a** – Intervalli di resistenza alla punta e rispettivi punteggi per I terreni compresi tra -0,8 m da p.c. e -3,0 m da p.c.

RESISTENZA ALLA PUNTA MEDIA - 0,8m/-7,0m $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PUNTEGGIO B
$R_p \leq 5$ kg/cm <sup>2</sup>	0
$5$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 10$ kg/cm <sup>2</sup>	1
$10$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 25$ kg/cm <sup>2</sup>	2
$25$ kg/cm <sup>2</sup> < $R_p \leq 50$ kg/cm <sup>2</sup>	3
$R_p > 50$ kg/cm <sup>2</sup>	4

**Tabella 2.1.b** – Intervalli di resistenza alla punta e rispettivi punteggi per I terreni compresi tra -0,8 m da p.c. e -7,0 m da p.c.

RESISTENZA ALLA PUNTA MINIMI -0,8m/-3,0m $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PUNTEGGIO C
$R_p \leq 3$ kg/cm <sup>2</sup>	-1
$R_p > 3$ kg/cm <sup>2</sup>	0

**Tabella 2.1.c** – Valori di resistenza alla punta minimi e rispettivi punteggi per I terreni compresi tra -0,8 m da p.c. e -3,0 m da p.c.

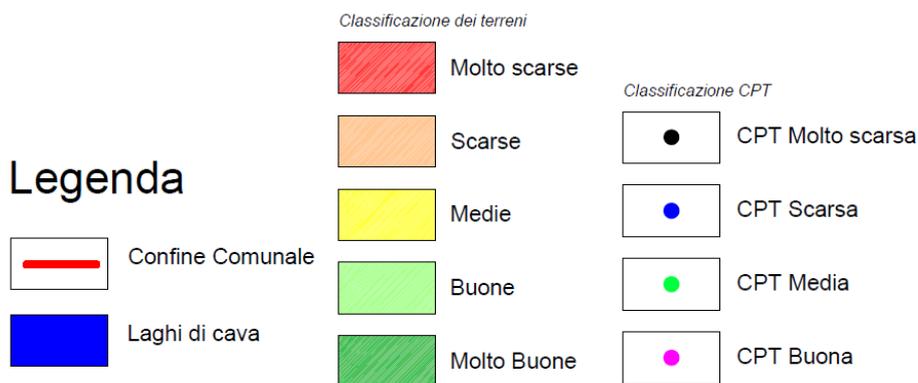
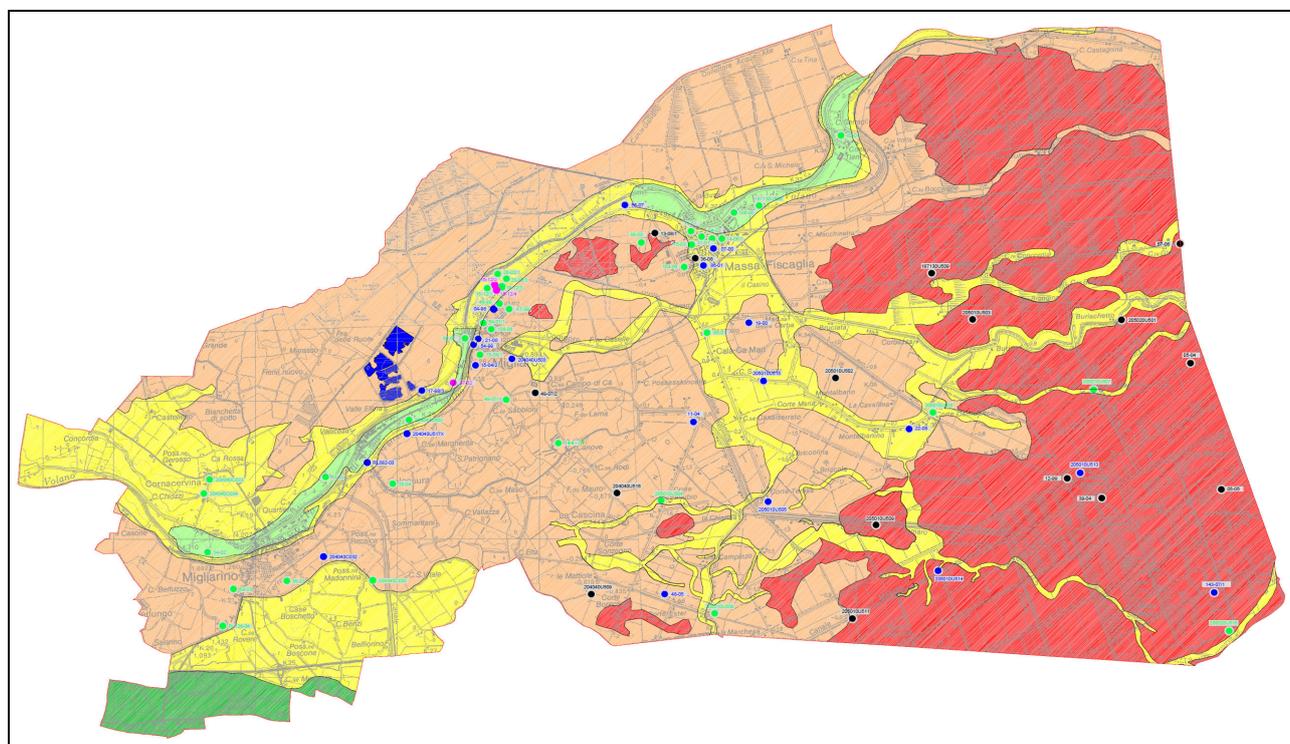
Successivamente i punteggi vengono sommati (A + B + C) al fine di ottenere un punteggio unico per ciascuna prova penetrometrica statica, in base ai punteggi totali ottenuti le prove sono state suddivise in categorie secondo la **Tabella 2.1.d**:

Punteggio totale “p”	Valore di resistenze alla punta	Colore
$0 \leq p \leq 1$	<i>molto scarse</i>	<i>Nero</i>
$1 < p \leq 3$	<i>scarse</i>	<i>Blu</i>
$3 < p \leq 5$	<i>medie</i>	<i>Verde</i>
$5 < p \leq 7$	<i>buone</i>	<i>Rosso</i>
$7 < p \leq 8$	<i>Molto buone</i>	<i>Arancio</i>

**Tabella 2.1.d** – valore di resistenze alla punta rapportato al punteggio

Ad ogni valore di resistenza alla punta è stato associato un colore, in modo che ogni punto venga colorato in funzione delle categorie sopra riportate, e così si è ottenuta una cartografia tematica di immediata lettura.

Nel complesso la carta delle qualità geotecniche dei terreni indica delle aree vaste dove è alta la probabilità di rilevare dei terreni di fondazioni con una certa qualità di *caratteristiche geotecniche*. All'interno di queste aree vaste si individuano poi dei punti di esecuzione di prove penetrometriche statiche classificate in funzione delle *resistenze alla punta* FIGURA 2.20.



**FIGURA 2.20** – Stralcio Carta delle qualità geotecniche dei terreni.  
PUG Comune di Fiscaglia

Come si può notare i colori più favorevoli sono per terreni a ridosso dei paleo alvei del fiume Po di Spina (Padoa Eridano, poi Pado Vetere) e del fiume Po di Volano; allontanandosi le caratteristiche geotecniche peggiorano. Si noti che non sono presenti in questo territorio comunale terreni definibili ottimi, che generalmente sono stati localizzati nei comuni limitrofi solo in corrispondenza di cordoni di dune affioranti o in corrispondenza di paleoalvei più importanti, come per esempio quello del Padoa-Eridano.

Particolarmente penalizzanti sono i terreni presenti nella Bonifica di Valle Volte e nella Bonifica delle Gallare. Anche le porzioni di territorio comprese tra l'abitato di Migliaro e la bonifica di delle Gallare (territori posti ad ovest dell'argine Zappelli) sono particolarmente penalizzanti per la presenza di banchi di torbe subaffioranti, e per la presenza di spessi strati di argille e limi inconsistenti dotati di umidità naturali prossime o superiori al limite liquido di quelle terre.

### **2.1.6. Riserve idriche sotterranee**

La pianura ferrarese rappresenta uno dei territori più vulnerabili della Regione Emilia Romagna, la cui evoluzione naturale è stata fortemente influenzata dall'attività antropica e da un'attività di emungimento spesso non regolamentata, che ne ha provocato fenomeni di subsidenza e di ingressione del cuneo salino, andando spesso a compromettere definitivamente la qualità delle acque sotterranee del territorio ferrarese.

Il limite tra acqua dolce e salmastra definisce la base degli acquiferi utili per uso idropotabile e agricolo-industriale. Il limite tra acqua dolce e salmastra è stato posto convenzionalmente in corrispondenza del valore di 10 ohm\*m dei log di resistività, equivalente ad una conducibilità di 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (*lo scrivente sarebbe del parere di spostarlo ad almeno il doppio di questo valore*).

Le unità idrostratigrafiche sono dei corpi geologici, “di notevole estensione areale, che costituiscono un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrologico ragionevolmente distinto” (G. Di Dio, 1998).

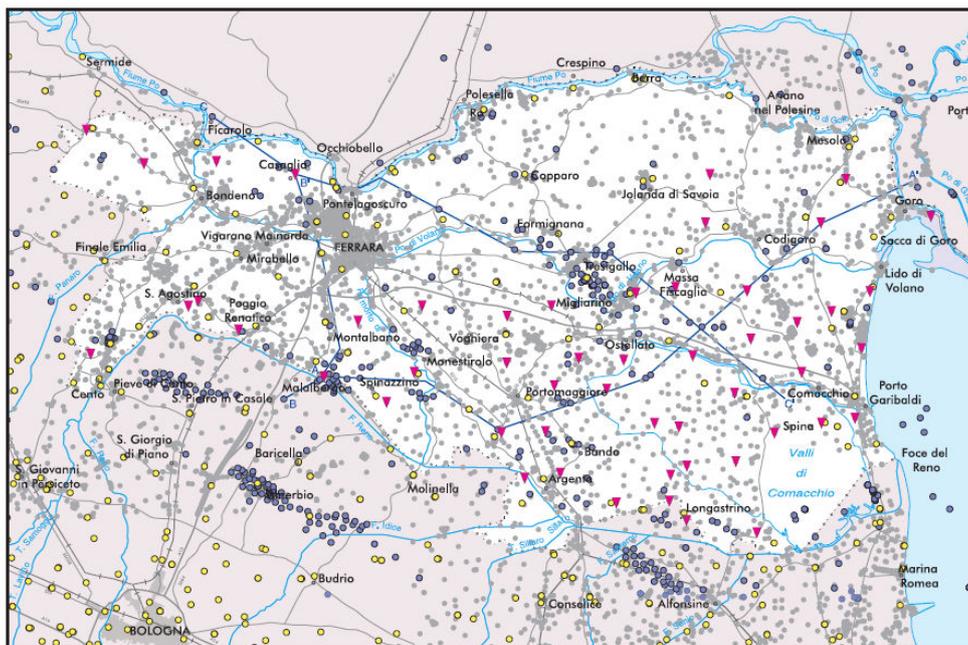
Una unità idrostratigrafica è un corpo geologico complesso, formato da gruppi di strati con geometrie e caratteri petrofisici variabili ma legati geneticamente, cioè depositi in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione; i flussi di acqua sono in queste unità idrostratigrafiche necessariamente confinati all'interno della medesima unità. Infatti ogni unità idrostratigrafica può essere considerata idraulicamente isolata da quelle adiacenti, sicché il livello piezometrico misurato in un acquifero appartenente ad una determinata unità idrostratigrafica è di norma indipendente dai livelli piezometrici misurati, sulla stessa verticale, in acquiferi contenuti in altre unità idrostratigrafiche. Nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola e sul margine Appenninico Padano sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna.

Nel 2007 è stato presentato uno studio condotto da Molinari et al., in cui si definisce un nuovo modello geologico ed idrogeologico relativo alla pianura ferrarese. Per le ricostruzioni idrostatiche del sottosuolo sono stati utilizzati i dati di sismica a riflessione per l'esplorazione di idrocarburi, pozzi AGIP per le informazioni sulle successioni stratigrafiche e sull'interfaccia acqua dolce ed acqua salata, pozzi per ACQUA per la litologia e la granulometria dei corpi sedimentari attraversati nel sottosuolo, prove penetrometriche e sondaggi. Per la caratterizzazione chimica e geochimica isotopica delle acque sotterranee sono stati utilizzati i dati della Rete di Monitoraggio regionale (**FIGURA 2.20**).

In questo studio sono stati individuati, all'interno dell'acquifero A, cinque Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS) principali denominate Complessi Acquiferi: rispettivamente dal basso verso l'alto Complesso Acquifero A4, A3, A2, A1 e l'acquifero freatico A0.

I depositi del Gruppo Acquifero A nel settore emiliano orientale sono principalmente caratterizzati da depositi fluvio-deltizi, da depositi litorali e marini. Nella ricostruzione del modello geologico del sottosuolo è stato possibile individuare l'evoluzione deposizionale dei singoli complessi acquiferi. I complessi A più antichi, A4 e A3, sono stati depositi dai 400.000 ai 225.000 anni b.p. e sono caratterizzati essenzialmente dall'aggradazione di depositi litorali e marini, mentre i complessi Acquiferi A2, A1 e A0 dall'aggradazione di depositi fluvio-deltizi e di piana alluvionale (**FIGURA 2.21**).

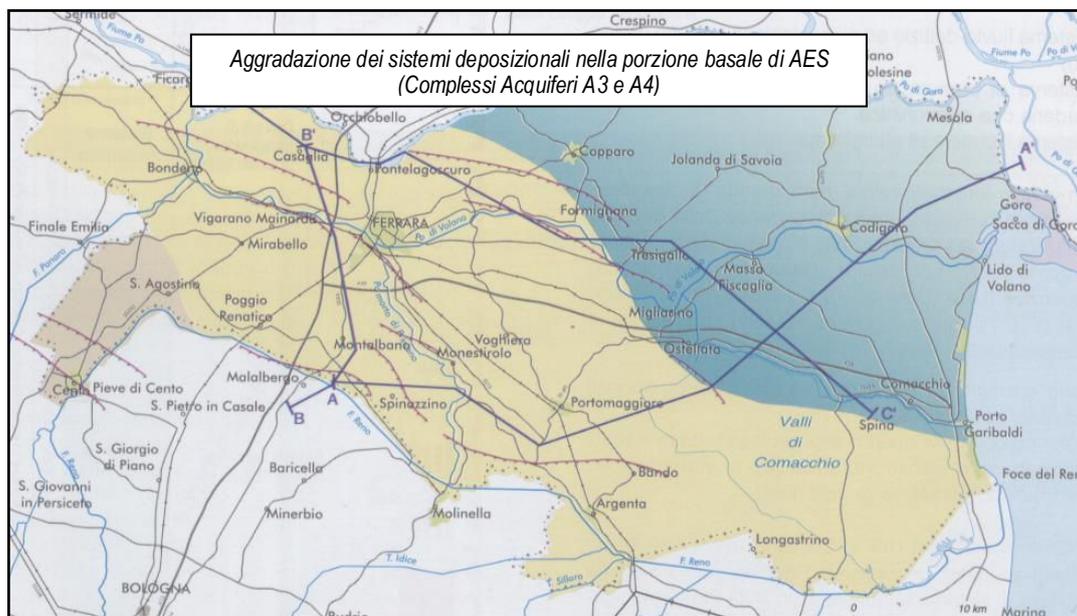
BANCA DATI GEOGNOSTICI

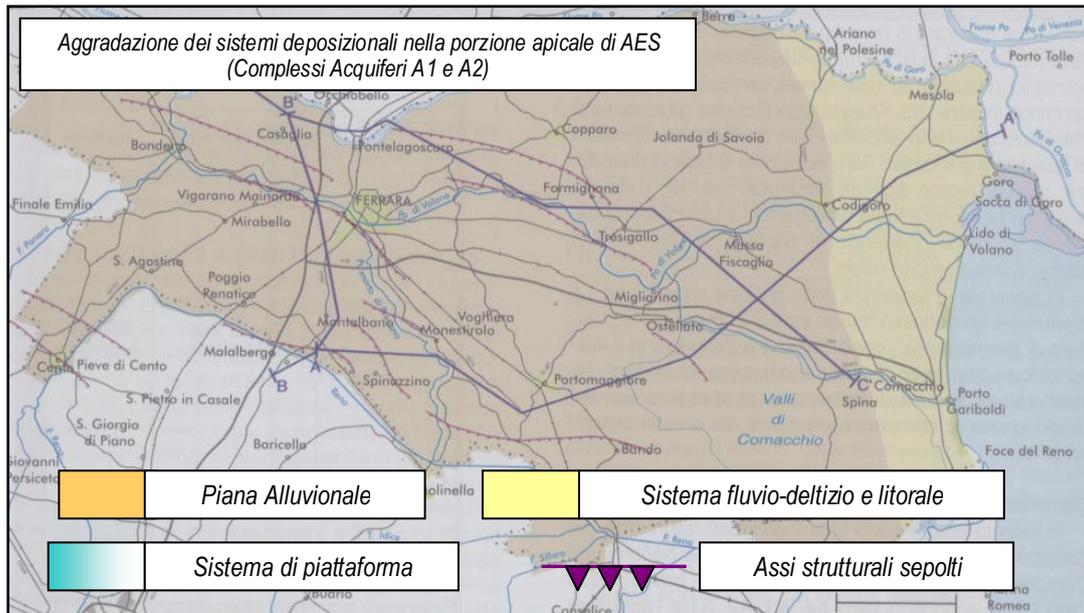


LEGENDA

- Rete di monitoraggio ARPA
- Pozzi AGIP
- Banca dati geognostici
- ▼ Sondaggi RER realizzati in provincia di Ferrara
- A— Traccia sezione idrostratigrafica

**FIGURA 2.20** – Banca dati geognostici. Nella provincia sono stati effettuati sondaggi RER, sono presenti la Rete di Monitoraggio ARPA e Pozzi AGIP.

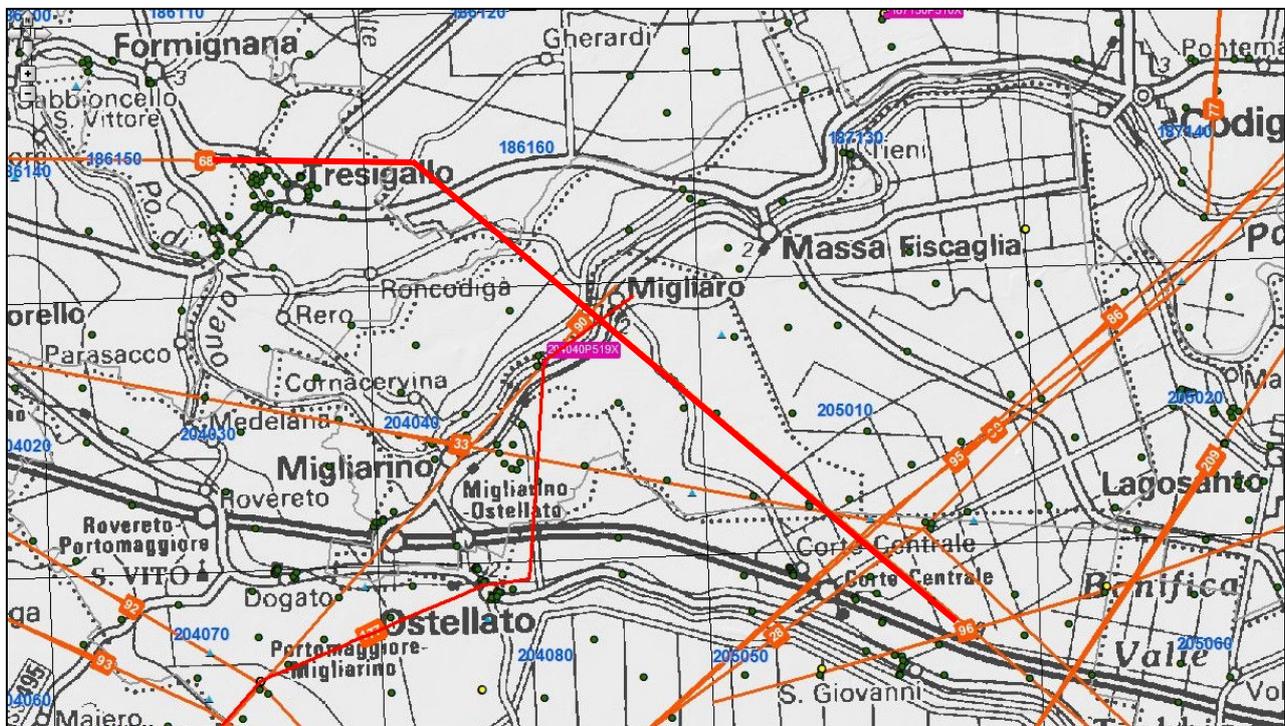


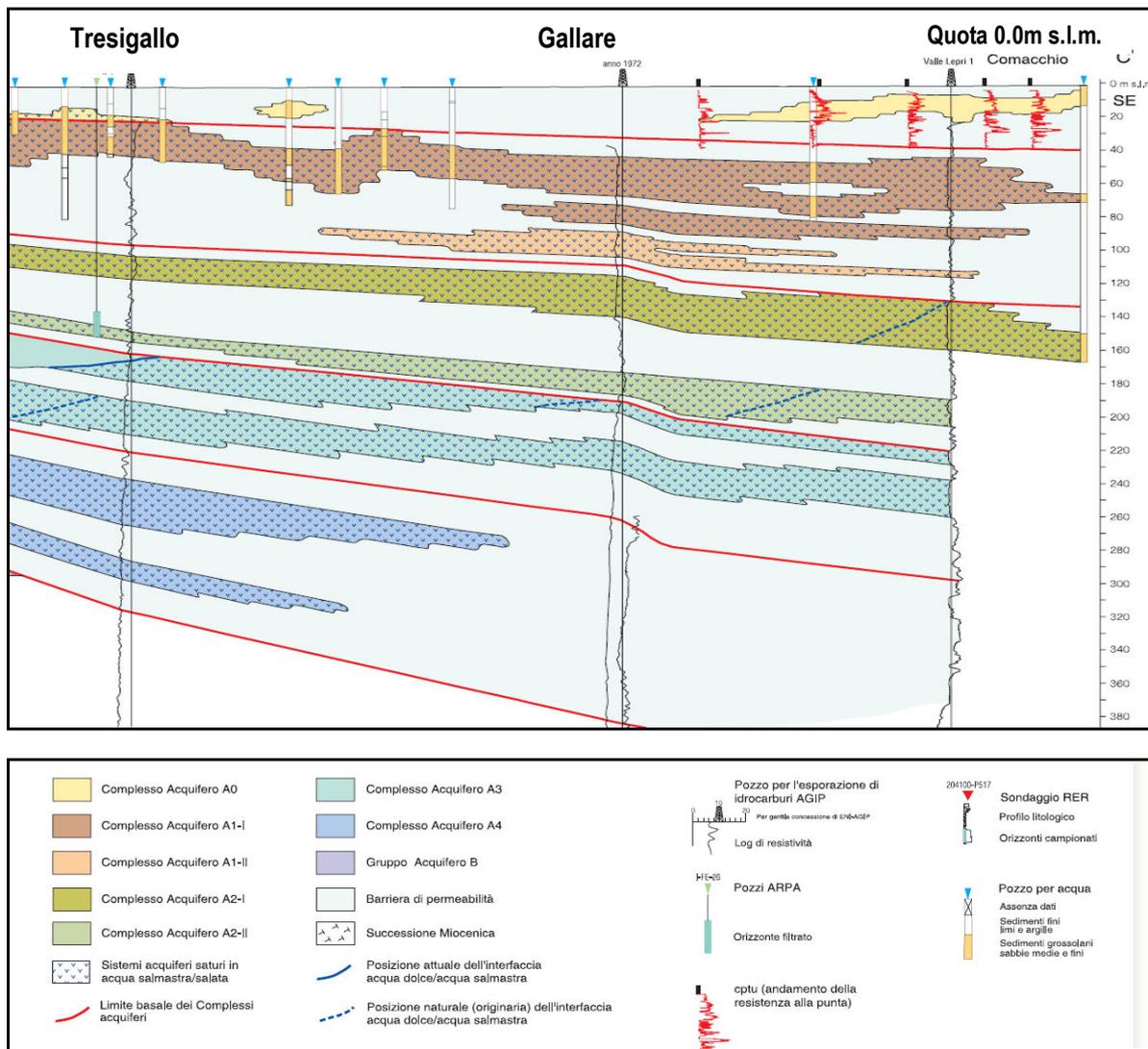


**FIGURA 2.21** – Caratterizzazione paleogeografia dei sistemi deposizionali fluvio deltizi e di piattaforma nel Gruppo Acquifero A nella Provincia di Ferrara.

Le dinamiche deposizionali che hanno interessato l'acquifero freatico A0 si differenziano da quelle sopracitate. Ad eccezione del settore costiero, si possono distinguere corpi sabbiosi nastriformi prevalenti, sia di origine padana che appenninica. Spesso le sabbie costiere di cordone litorale e dunare sono in trasgressione con le sabbie di riempimento di canale e di argine dei depositi di canale distributore e talvolta risultano alternate a sottili lenti di argille e limi tipici di piana deltizia e/o di palude/laguna che formano l'acquitrando del sistema acquifero A0.

In FIGURA 2.22 si può evincere come gli acquiferi siano praticamente tutti contaminati da acque salmastra/salata.





**FIGURA 2.22** – Unità idrostratigrafica A0, acquifero freatico.

In **FIGURA 2.23** si presenta un'elaborazione effettuata da Molinari (2007) con l'andamento piezometrico del sistema acquifero A1. I dati puntuali sono stati presi da 17 pozzi della rete di monitoraggio ARPA filtranti il sistema acquifero in questione. In generale, il settore occidentale della provincia di Ferrara ha gradienti idraulici maggiori rispetto al settore orientale; ciò può essere messo in relazione con la trasmissività dell'acquifero, maggiore nel settore orientale e con un flusso di ricarica diretta del fiume Po. Si riporta anche l'andamento piezometrico del sistema acquifero A2-1 rappresentante il settore meridionale della provincia ferrarese (Molinari, 2007), (**FIGURA 2.24**).

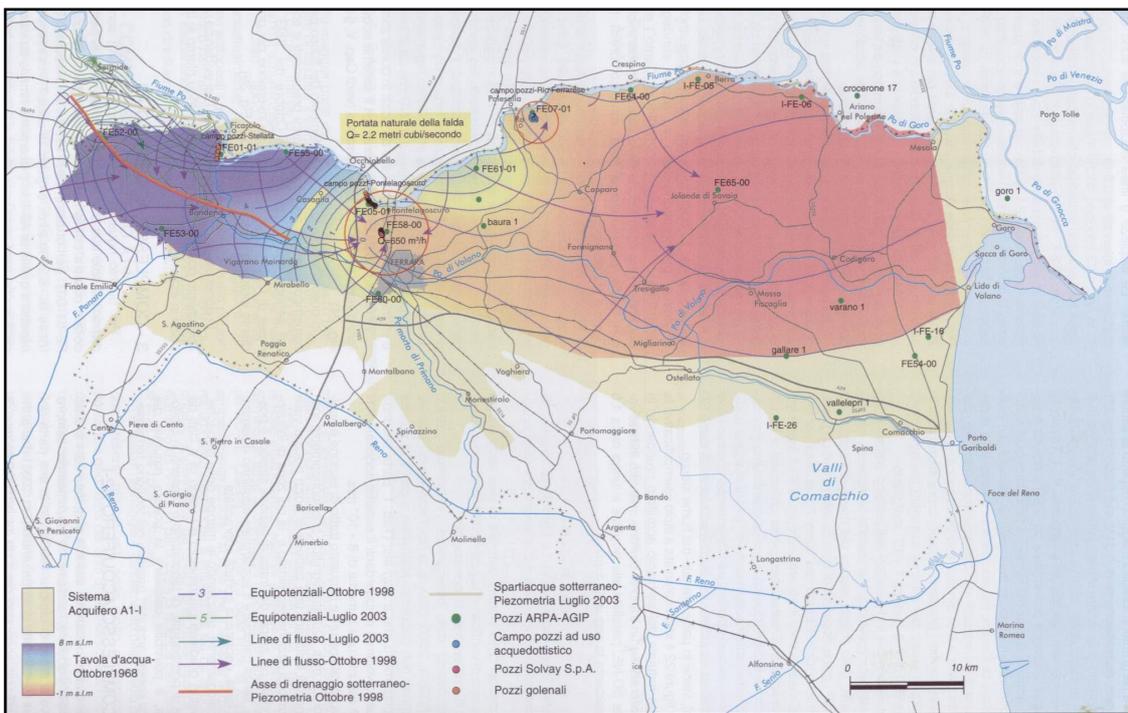


FIGURA 2.23 – rete di flusso relativa al periodo ottobre 1998 – Sistema Acquifero A1-I.

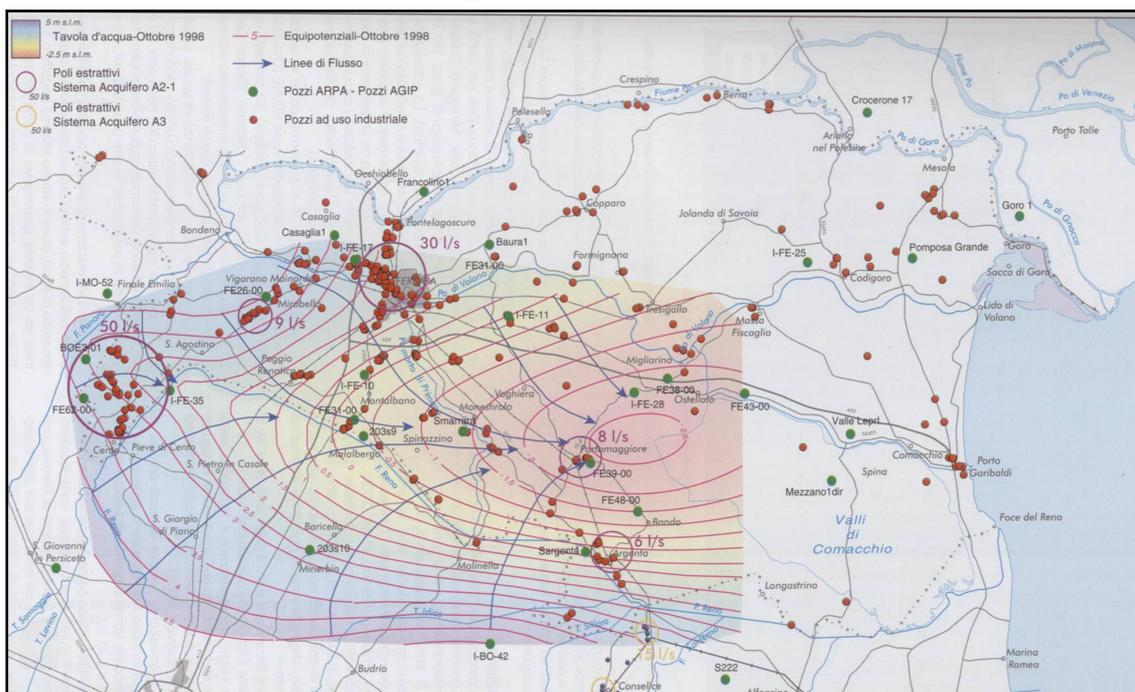
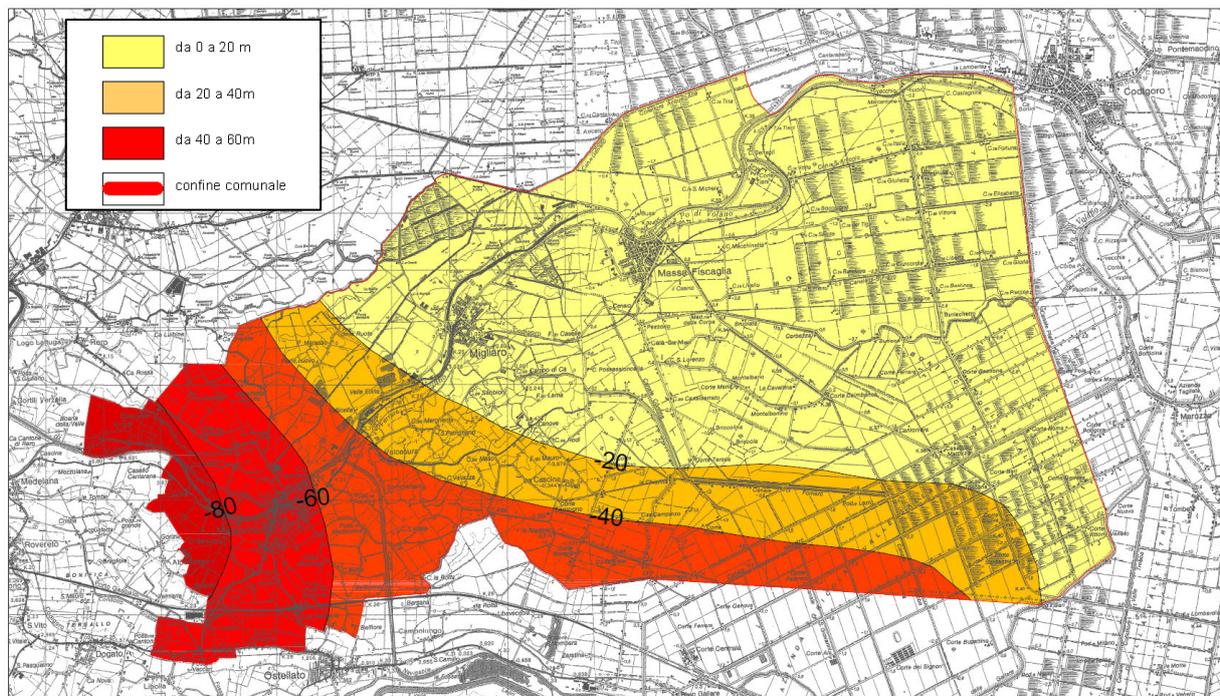


FIGURA 2.24 – rete di flusso relativa al periodo ottobre 1998 – Sistema Acquifero A2-I.

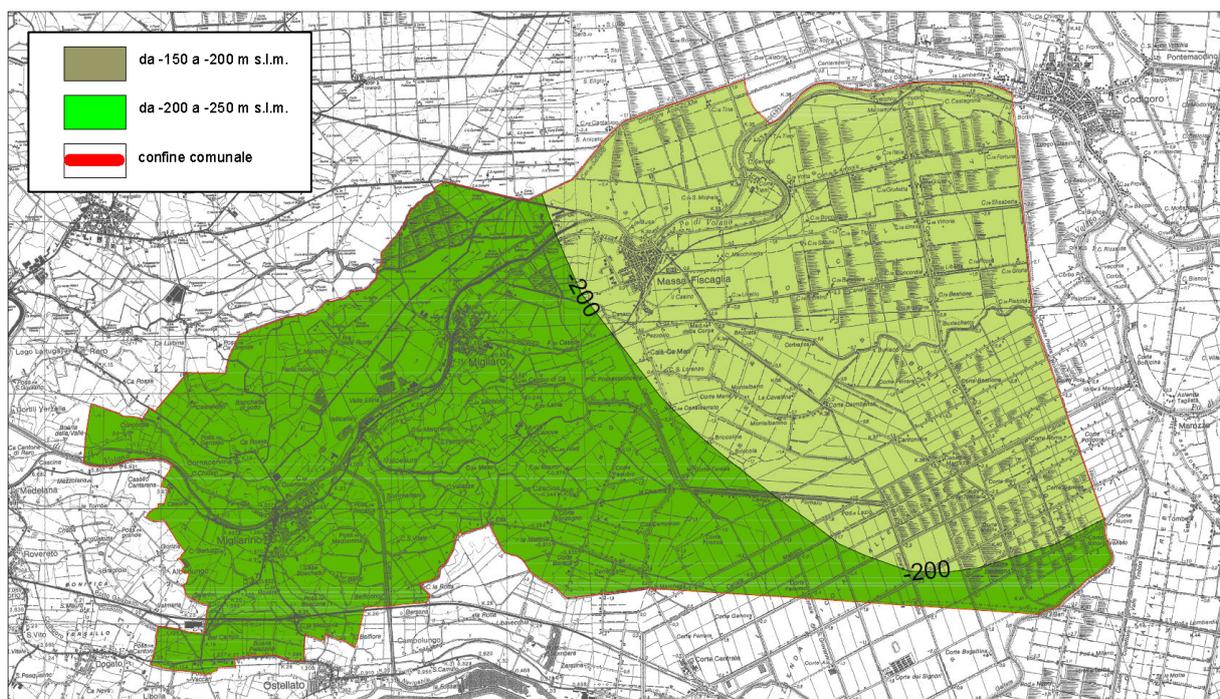
### 2.1.7. Carta degli acquiferi sotterranei

Nella carta degli acquiferi sotterranei redatta in scala 1:50.000, la profondità basale dell'acquifero A riferita al livello del mare è compreso a Migliarino e Migliaro tra -150 e -200 m s.l.m., mentre a Massa Fiscaglia il limite basale è tra -200 a -250m s.l.m..

Nella Tavola delle riserve idriche sotterranee si riportano anche gli spessori cumulativi dei livelli porosi – permeabili nell'Acquifero A. La maggior parte del territorio delle aree di studio è caratterizzata da spessori compresi tra 0 e 20m in minor parte si misurano spessori fino a 40/60m (**FIGURA 2.25**).



**FIGURA 2.25** – Risorse idriche sotterranee – Acquifero A, spessore cumulativo dei depositi permeabili.



**FIGURA 2.26** – Risorse idriche sotterranee – Acquifero A, profondità del limite basale.

### ***2.1.8. Salinizzazione dei serbatoi acquiferi***

La caratteristica principale degli acquiferi ferraresi è rappresentata dalla presenza di acqua salmastra o salata o connota singenetica per la presenza di sedimenti sabbiosi marini che passano senza soluzione di continuità a sedimenti fluviali - deltizi saturi in acqua dolce.

L'acqua dolce passa gradualmente ad acqua salata per una maggiore concentrazione di sali NaCl. La superficie di contatto tra acqua dolce ed acqua salata è caratterizzata da un gradiente di salinità non stazionario e soggetto a fluttuazioni che corrispondono alle fluttuazioni piezometriche proprie dei diversi acquiferi.

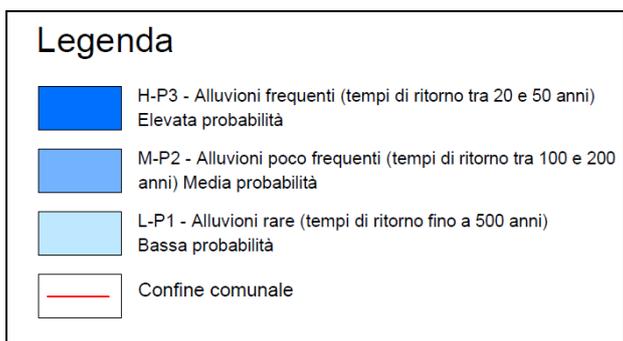
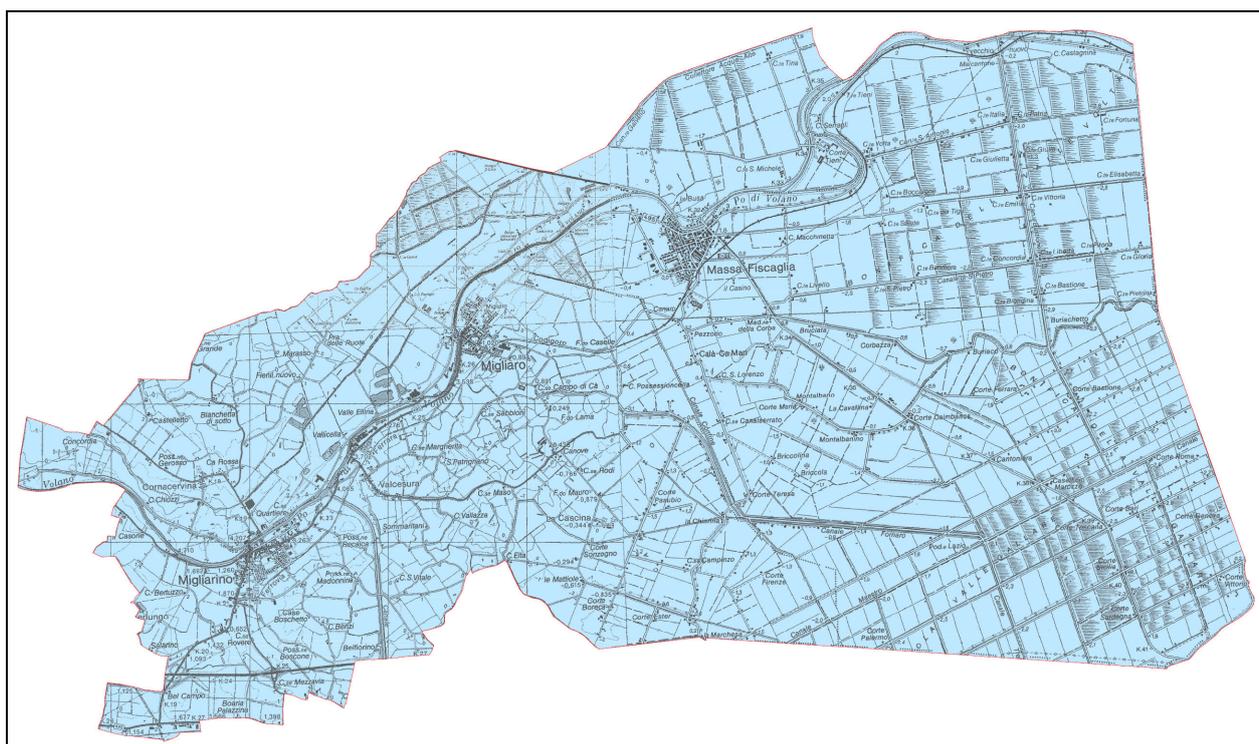
L'intrusione del cuneo salino può essere attiva o passiva (Fetter, 1994). L'intrusione passiva avviene quando si ha estrazione di acqua dolce dalla falda, ma il gradiente piezometrico rimane rivolto verso mare o verso l'interfaccia acqua dolce/salmastra. L'intrusione attiva avviene a causa di un eccessivo emungimento di acque sotterranee ad opera di campi pozzi per uso acquedottistico e industriale; in questo caso in corrispondenza del pozzo si crea un profondo cono di depressione e si determinano sia un'inversione del gradiente idraulico sia la migrazione dell'interfaccia verso l'interno.

Nel contesto idrogeologico che emerge dal lavoro “Risorse Idriche sotterranee della provincia di Ferrara”, (2007) emerge chiaramente che l'area del comune di Fiscaglia non è vocata all'emungimento di acque sotterranee, per cui se ne dovrà tener conto: se si vorranno sviluppare attività idroesigenti, la fornitura di acqua potrà arrivare solo dalle acque superficiali. Nel caso di insediamenti produttivi sarà opportuno sviluppare sistemi acquedottistici industriali che derivino dal fiume Po di Volano o dal Canale Navigabile Migliarino Portogaribaldi.

### 3. PERICOLOSITA' IDRAULICA NEL TERRITORIO

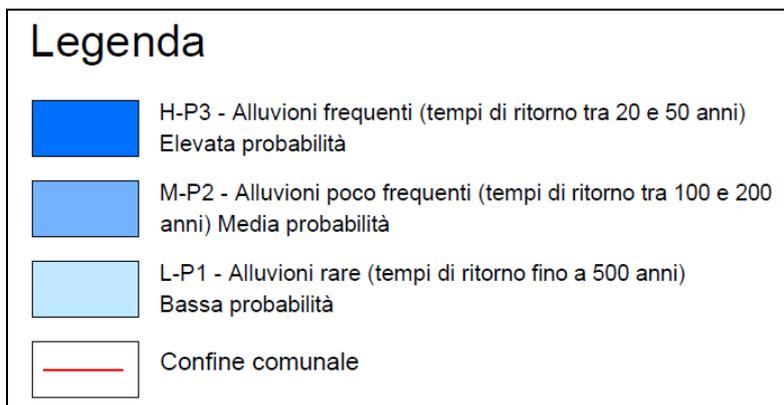
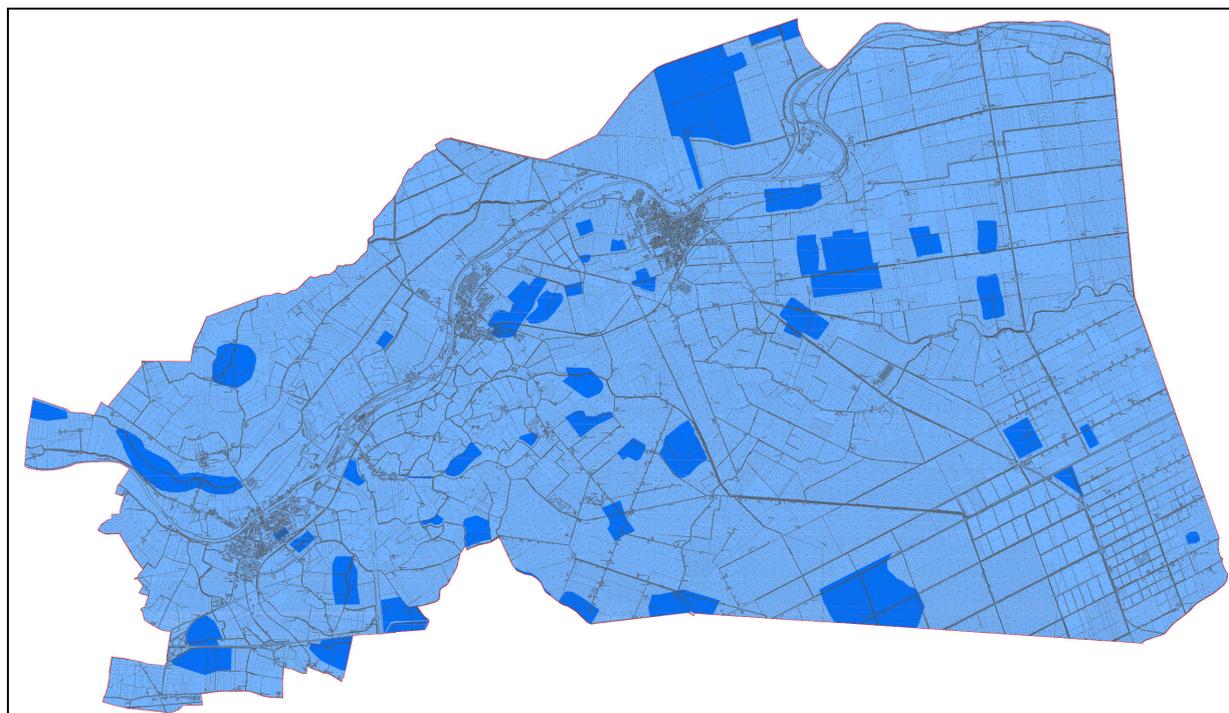
Il tema della pericolosità idraulica è stato affrontato ampiamente nei tavoli di lavoro per ottemperare a quanto previsto dalla Direttiva Alluvioni. Sono state redatte le carte di pericolosità idraulica con il contributo di tutti gli Enti di Gestione del territorio. La Regione Emilia Romagna ha poi recepito queste cartografie con la Delibera di Giunta Regionale 1300/2016 del 1 agosto 2016: *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 PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazioni n. 5/2015.*

In **FIGURA 3.1** si riporta la mappa di pericolosità idraulica da Reticolo Principale di Pianura, legato cioè ad eventuali alluvioni dai fiumi Po, Po di Volano, Reno e canale Navigabile. Tutto il territorio comunale è in fascia P1, alluvioni rare, con bassa probabilità di accadimento, tempo di ritorno fino a 200/500 anni.



**FIGURA 3.1** – Mappa della pericolosità idraulica da Reticolo Principale di Pianura.

In **FIGURA 3.2**, è riportata la mappa di pericolosità idraulica da Reticolo Secondario di Pianura, ovvero dai corsi d'acqua minori, per lo più artificiali, legati al sistema della bonifica.



**FIGURA 3.2**– *Mappa della pericolosità idraulica da Reticolo Secondario di Pianura.*

In questo caso tutto il territorio comunale ricade in fascia P2, con Alluvioni Rare, media probabilità di accadimento, e tempo di ritorno tra 100 e 200 anni.

Diversi settori, poi, ricadono in fascia P3, ove le alluvioni sono più frequenti, con elevata probabilità di accadimento, e tempi di ritorno compresi tra 20 e 50 anni.

All'interno della fascia P2 si possono comunque distinguere aree che a parere dello scrivente, per via delle loro condizioni topografiche (quota assoluta maggiore di +2,0m sul livello medio mare) non possono essere considerate alla pari di tutte le altre aree di bonifica. Queste aree ricadono guarda caso all'interno dei centri abitati maggiori, in quanto l'uomo storicamente si era insediato ovviamente nelle zone più alte, in quanto questo settore di pianura era solito essere soggetto ad alluvioni fluviali, prima che l'uomo prendesse possesso del dominio dei fiumi con gli imponenti sistemi arginali e le opere di regimazione idraulica che ha costruito per i vari rami di foce del fiume Po. E' parere dello scrivente che di questo se ne debba tenere conto.

### 3.1. Il sistema di bonifica

Il territorio del comune Fiscaglia è gestito dal Consorzio di Bonifica di Pianura di Ferrara. La principale attività del Consorzio è l'esercizio di scolo e derivazione delle acque, comprendente la regimazione dei deflussi di scolo e servizi di piena, il prelievo e la distribuzione delle acque per l'irrigazione e per usi diversi, la sorveglianza e la manutenzione delle reti e dei manufatti, essi hanno inoltre il compito istituzionale di provvedere alla manutenzione delle opere di bonifica; progettare ed eseguire nuove opere di bonifica volte alla realizzazione e al mantenimento di un assetto territoriale idraulicamente sicuro ed efficiente, alla valorizzazione del territorio, allo sviluppo dell'agricoltura, e alla tutela e conservazione delle risorse naturali e di partecipare alla programmazione territoriale e di bacino idrografico.

L'azione di bonifica, sviluppatasi nei secoli, ha tentato di dare un dinamico equilibrio a terra e ad acqua, considerando la variabilità della natura geologica dei terreni e degli aspetti meteorologici. Ed ecco quindi la necessità in pianura di dare ordinato scolo alle acque con una rete di canali e con un delicato sistema idraulico che assicuri, ove occorra, anche con l'ausilio di macchine idrovore, lo svuotamento degli avvallamenti dalle acque piovane o che scendono dalle terre più alte, tutto ciò nel pieno rispetto delle condizioni e delle necessità delle singole aree da servire. In **FIGURA 3.3**, si riporta una immagine dell'impianto idrovoro Mazzone sito a Massa Fiscaglia.



**FIGURA 3.3** – L'impianto idrovoro Mazzone

In **FIGURA 3.4**, si può vedere la parte della provincia di Ferrara posta sotto il livello medio marino, da questa carta emerge come in tutto il comune in esame risulti particolarmente importante l'azione della bonifica.



FIGURA 3.4 – Territori provinciali posti al di sotto del livello medio del mare (da "Ferrara e la Bonifica", 1986)

Dopo gli innumerevoli tentativi di bonifica realizzati nei secoli precedenti, l'azione della bonifica si è dimostrata veramente efficace solo dopo l'avvento delle pompe idrovore per il sollevamento meccanico delle acque, avvenuto nella seconda metà del 1800. Si vedano in proposito la FIGURA 3.5.a e la FIGURA 3.5.b che mostrano la Provincia di Ferrara prima e dopo le Bonifiche meccaniche ottocentesche.

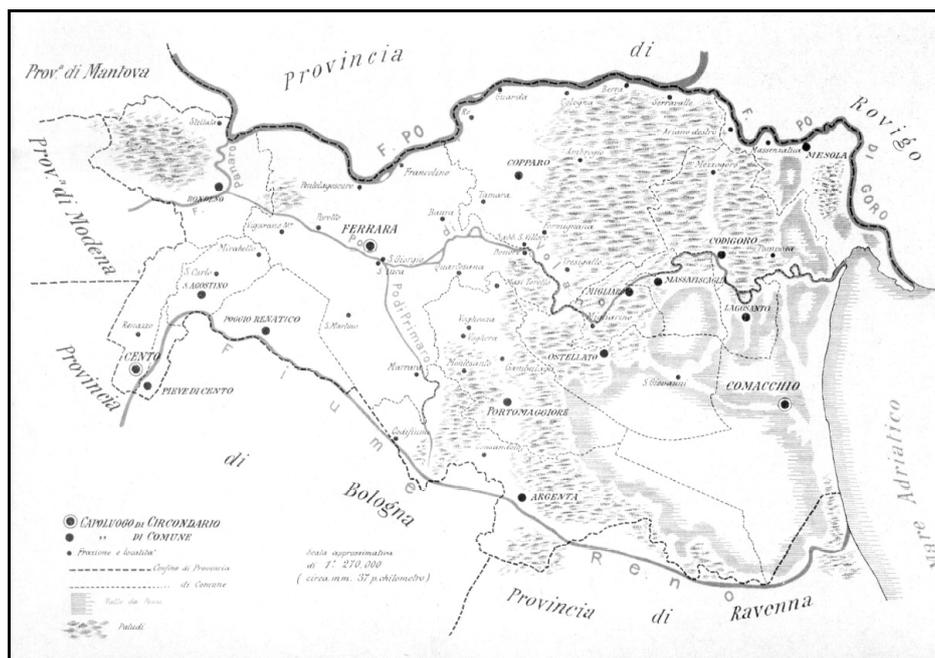
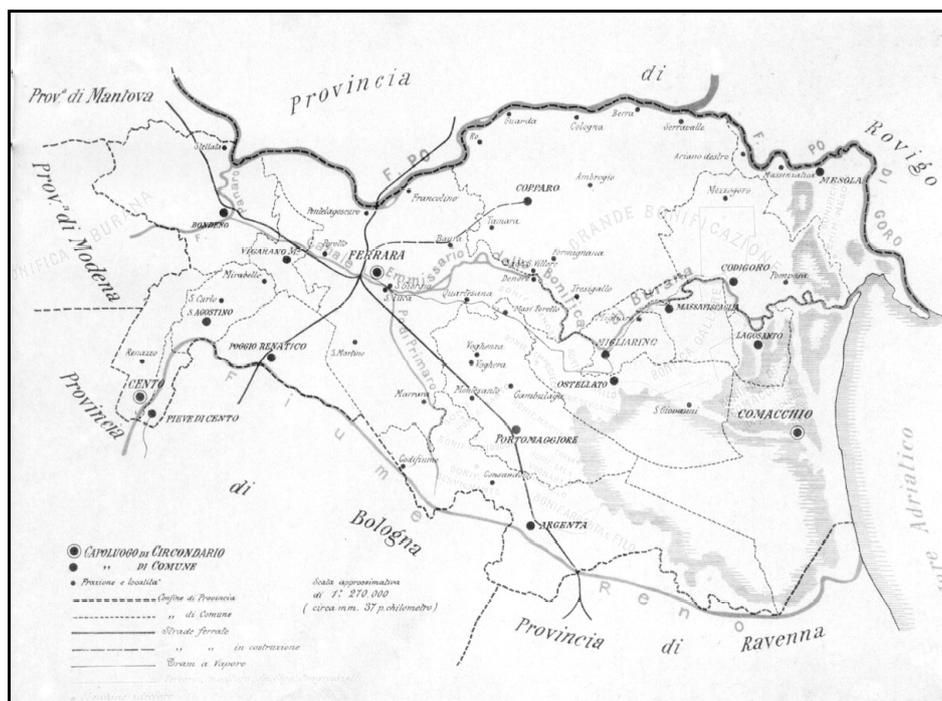


FIGURA 3.5.a – La provincia di Ferrara a metà dell'800 prima delle Bonifiche meccaniche (da "La Provincia di Ferrara e le sue bonifiche" Tip. Bresciani, 1903)



**FIGURA 3.5.b** - La provincia di Ferrara dopo le Bonifiche ottocentesche (da "La Provincia di Ferrara e le sue bonifiche" Tip. Bresciani, 1903)

L'aumento delle superfici impermeabilizzate, la scomparsa delle risaie, la trasformazione agricola del suolo, finalizzata a consentire la coltivazione meccanizzata dei terreni, e la conseguente scomparsa delle scoline, l'abbandono della manutenzione della rete idraulica privata (aziendale ed interaziendale), il grave fenomeno della subsidenza, indotto anche dagli emungimenti di acque sotterranee, rappresentano oggi i fattori che determinano l'aumento delle portate scaricate nei canali di bonifica, riducendo la sicurezza idraulica delle aree agricole e produttive sottostanti.

Gli interventi finora portati a compimento dai Consorzi e la continua azione di manutenzione ed esercizio delle opere hanno consentito di conservare l'efficienza del sistema, ma non sono stati tali da contrastare le trasformazioni del suolo, dovute essenzialmente all'urbanizzazione e ai fenomeni da essa indotti.

### **3.1.1. Carta del sistema di Bonifica**

Il territorio del comune di Fiscaglia è soggetto al sistema di scolo artificiale mediante un sistema di canali collettori principali che recapitano le acque presso degli impianti di sollevamento, che portano le acque in idrografie che poi possono scolarle a gravità verso mare (**FIGURA 3.6**).

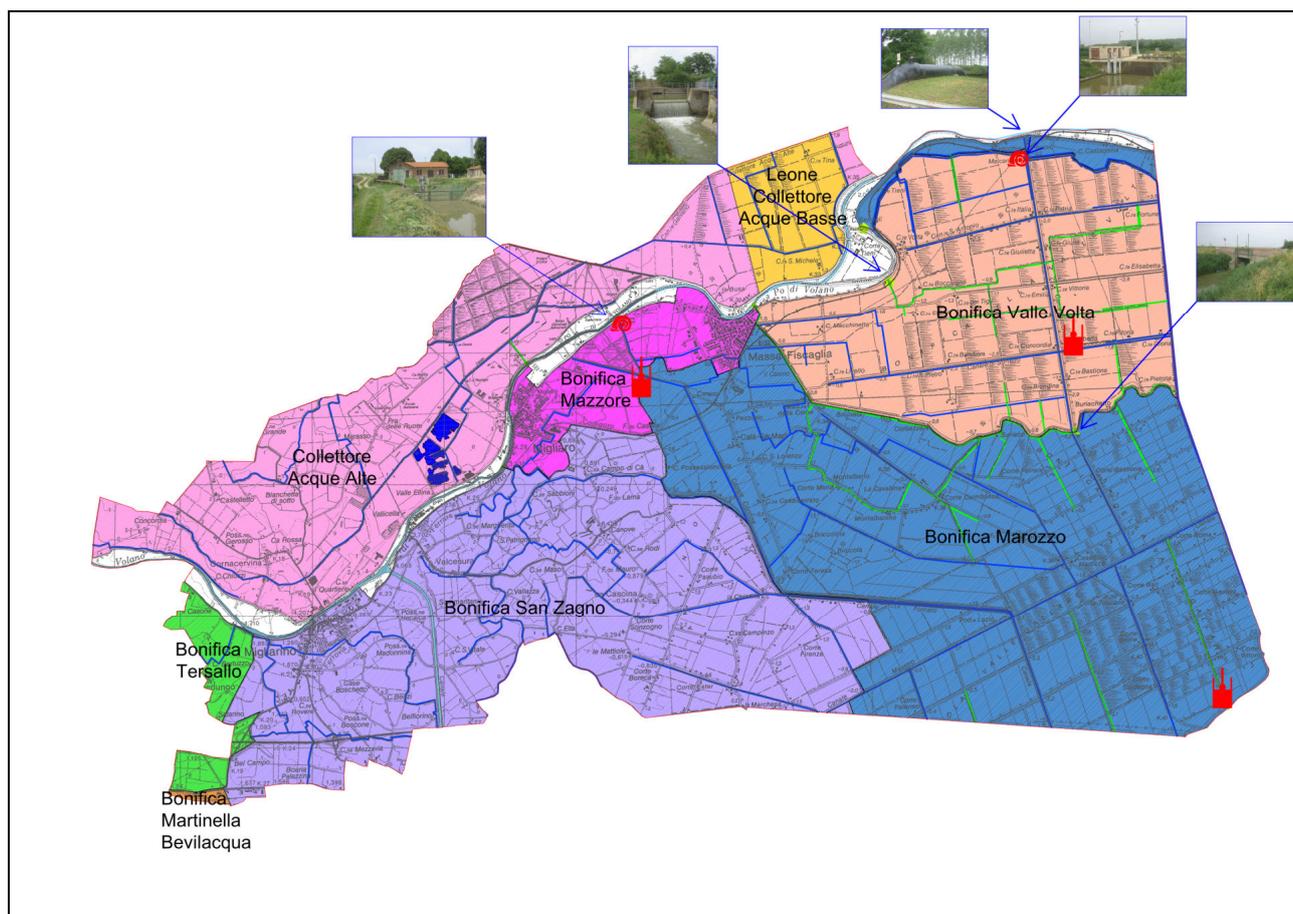
Gli impianti idrovori principali sono:

- Impianto idrovoro di Malcantone
- Impianto idrovoro Mazzore
- Impianto idrovoro San Zagno
- Impianto idrovoro Marozzo Nuovo
- Impianto idrovoro di Tersallo.

I bacini di scolo di ogni impianto non sono rigidamente separati, ma attraverso chiaviche (**FIGURA 3.7**) e chiuse possono essere messi in comunicazione per consentire uno scambio di acque reciproco.

Il bacino di scolo dell'impianto idrovoro Mazzore presenta delle criticità e sofferenze durante eventi meteo intensi. Per il resto i centri abitati di Migliaro e Massa Fiscaglia (che non possiedono frazioni importanti all'interno del loro territorio) sono abbastanza tutelati dal rischio di allagamento per problematiche connesse al sistema della bonifica, in quanto sorgono sul dosso storico del fiume Po di Volano; la condizione topografica è favorevole; occorre che si allaghi una vastità di terreni depressi prima che le acque possano salire a ricoprire i due capoluoghi di comune, come si vedrà nel capitolo successivo. Anche il centro abitato di Migliarino è abbastanza

tutelato dalle condizioni topografiche. Vi erano problematiche fognarie che sono state affrontate e risolte in questi ultimissimi anni.



## Legenda

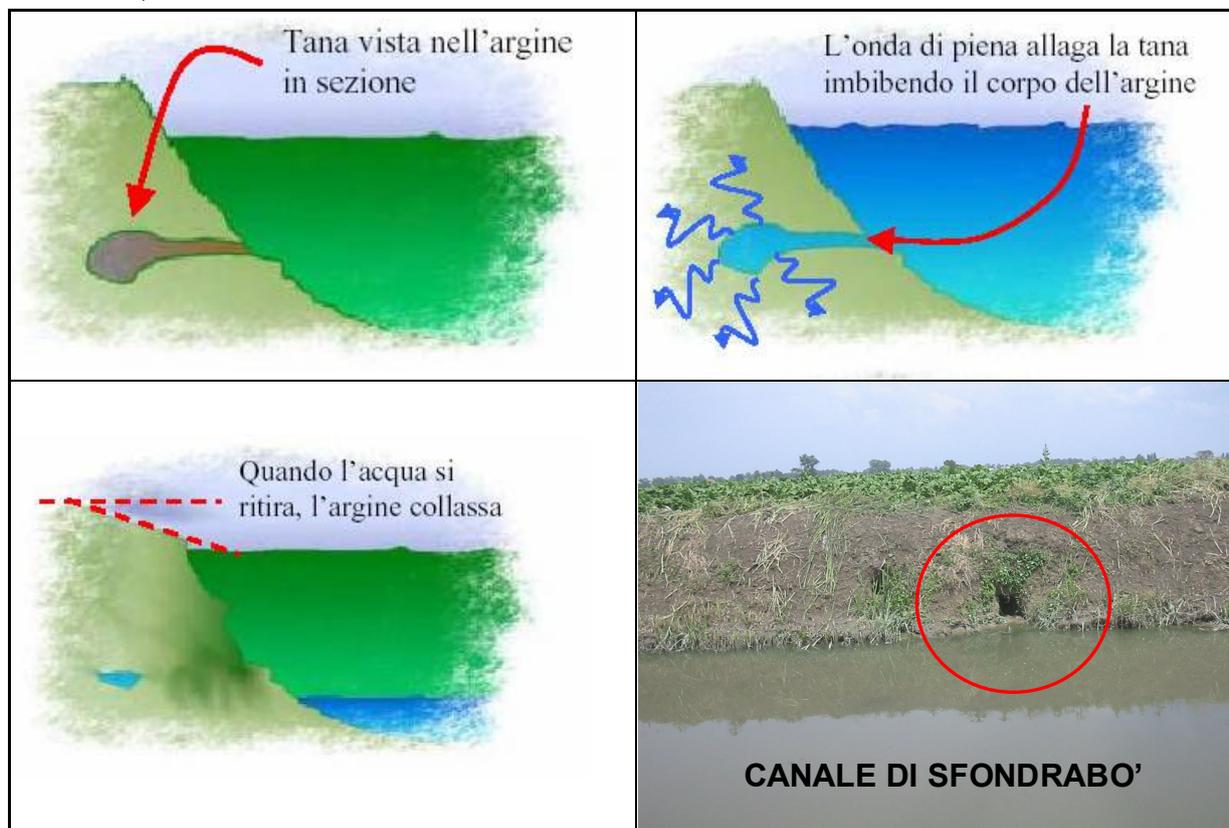
	Canale di scolo		Collettore Acque Alte		Chiavica
	Canale irriguo		Bonifica Martinella Bevilacqua		Impianti idrovori
	Fiumi		Bonifica Tersallo		Sifone
	Bonifica Valle Volta		Leone Collettore Acque Basse		Chiavica Manuale
	Bonifica Marozzo		Laghi di cava		
	Bonifica San Zagno		Confine comunale		
	Bonifica Mazzore				

**FIGURA 3.6** – Carta del sistema di bonifica



**FIGURA 3.7**– Chiavica sul canale Bastione sita in via Corbazzu, Strada Burachetto (Massa Fiscaglia).

Molto spesso gli argini dei canali di bonifica e di irrigazione sono danneggiati dalle tane profonde e molto articolate delle nutrie favorendo la possibilita' di collassamento degli argini e delle rive durante le piene (**FIGURA 3.8**).

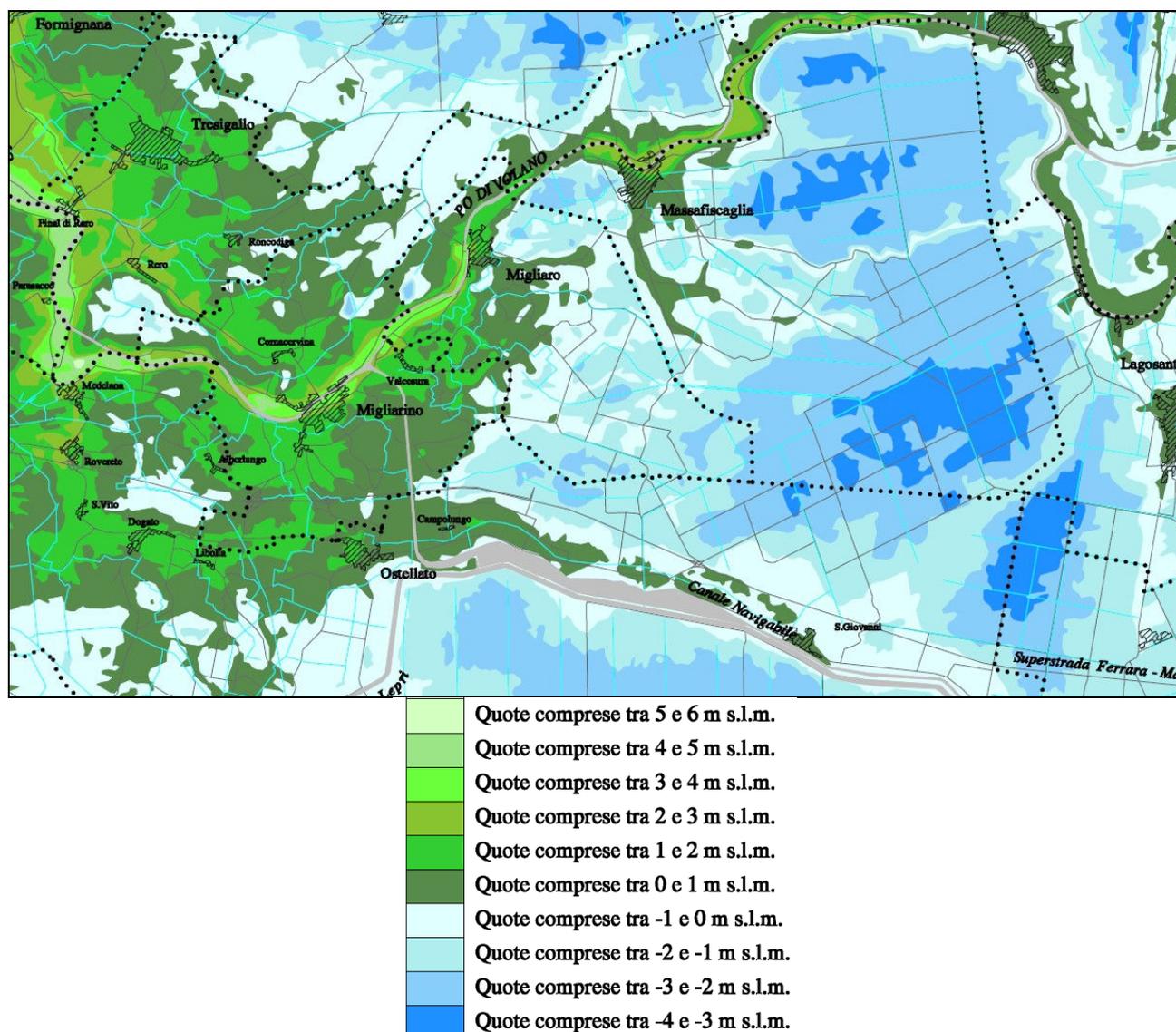


**FIGURA 3.8**– Chiavica sul canale Bastione sita in via Corbazzu, Strada Burachetto (Massa Fiscaglia).

Una soluzione per arginare questo problema potrebbe essere la messa in opera di sistemi di difesa spondali con apposite reti anti nutria.

### 3.2. Assetto topografico del territorio comunale Fiscaglia

Il territorio comunale di Fiscaglia, come tutto il Basso Ferrarese, presenta pochissime aree con quote positive rispetto al livello medio marino ad eccezione delle sponde del fiume Po di Volano e di antichi paleoalvei. In **FIGURA 3.9**, è schematizzata la situazione altimetrica del territorio comunale in esame.



**FIGURA 3.9**– Stralcio del Modello Altimetrico della Provincia di Ferrara (stampato in possesso - Consorzio di Bonifica I Circondario Polesine di Ferrara, Ottobre, 1995)

Generalmente nell'area si rilevano quote altimetriche negative, anche inferiori a -3,0m dal p.c. (parti più orientali del comune); sul tracciato del paleoalveo del fiume Po di Volano e sull'antico dosso fluviale del paleoalveo del Padoa Eridano, si possono rilevare quote positive maggiori di +2,0m s.l.m. e talvolta anche superiori a +3,0m s.l.m..

Per questo studio, sulla base delle quote riportate nella C.T.R. (nella consapevolezza che esse risalgono alla metà degli anni '70), è stata redatta una carta altimetrica di dettaglio, con isoipse dotate di equidistanza di 0,5m, per avere una restituzione più particolareggiata dell'originale assetto topografico.

Tali carte devono entrare nelle valutazioni dei pesi da attribuire per le scelte di nuove pianificazioni.

### 3.2.1. Carta altimetrica

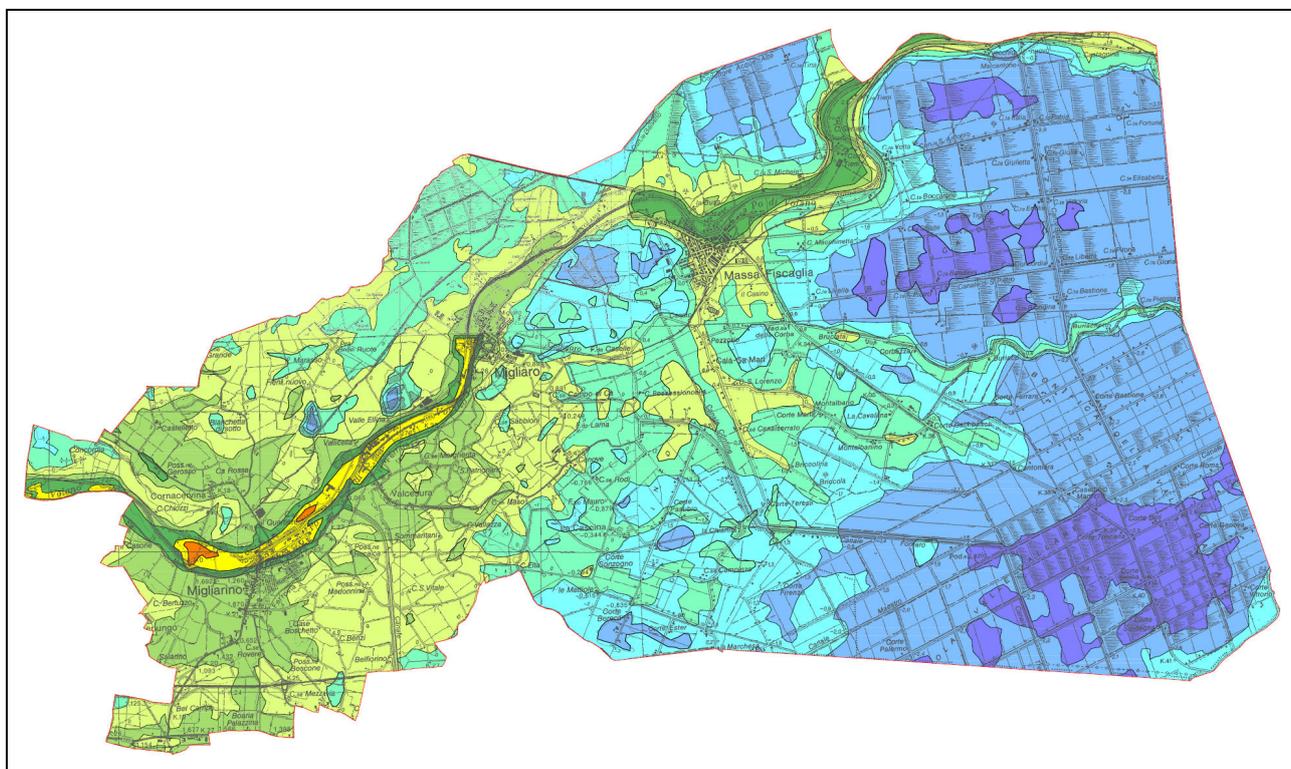
La Tavola altimetrica (**FIGURA 3.10**) è stata redatta partendo dallo studio dell'assetto topografico del territorio comunale. L'interpretazione della carta permette l'individuazione di aree poste a diverse altezze topografiche.

A tal fine sono state rappresentate le seguenti fasce altimetriche di dettaglio:

- quote comprese tra +3,0 m e +4,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra +2,0 m e +3,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra +1,0 m e +2,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra 0,0 m e +1,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra 0,0 m e -1,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra -1,0 m e -2,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra -2,0 m e -3,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- quote comprese tra -3,0 m e -4,0 m rispetto ai p.c. circostanti.

Analogamente sono stati individuati e successivamente classificati i seguenti rilevati in funzione del dislivello con il p.c. circostante:

- dislivello di quota compreso tra 0,0 m e +0,5 m rispetto ai p.c. circostanti;
- dislivello di quota compreso tra +0,5 m e +1,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- dislivello di quota compreso tra +1,0 m e +2,0 m rispetto ai p.c. circostanti;
- dislivello di quota compreso tra +2 m e +3,0 rispetto ai p.c. circostanti;
- dislivello di quota compreso di +3,0 m rispetto ai p.c. circostanti.



## Legenda

Fasce altimetriche (metri s.l.m.)



**FIGURA 3.10** - Carta altimetrica

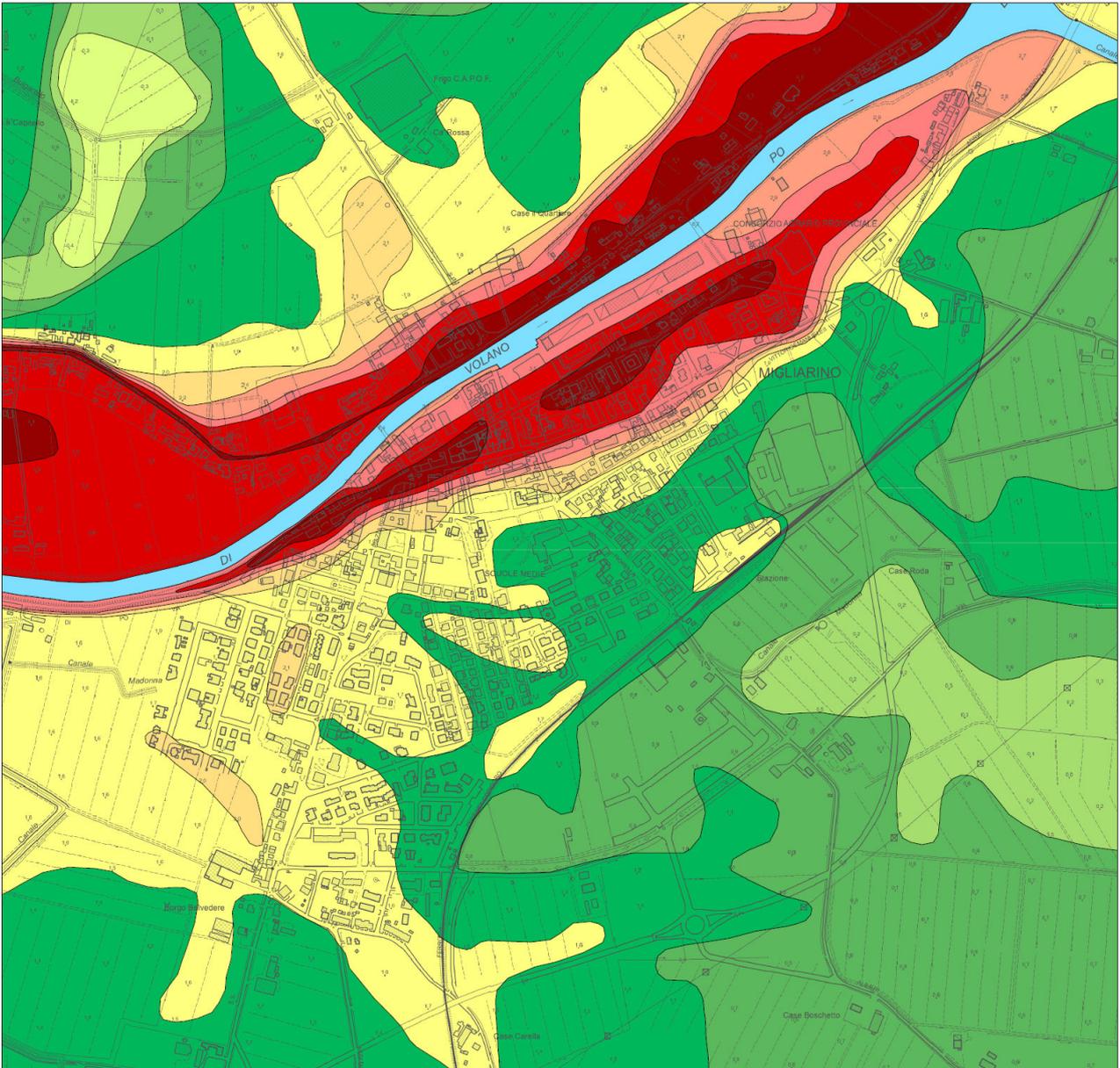
### 3.2.2. Carta altimetrica di dettaglio

La tavola precedente indica l'altimetria del territorio comunale di Fiscaglia, rappresentato da isoipse equidistanti 1m. Si è ritenuto opportuno aumentare il dettaglio dello studio del territorio attorno ai centri abitati principali, realizzando una carta altimetrica con isoipse equidistanti 0,5m.

La Tavola altimetrica è stata redatta partendo dallo studio dell'assetto topografico del territorio comunale (**FIGURA 3.11**).

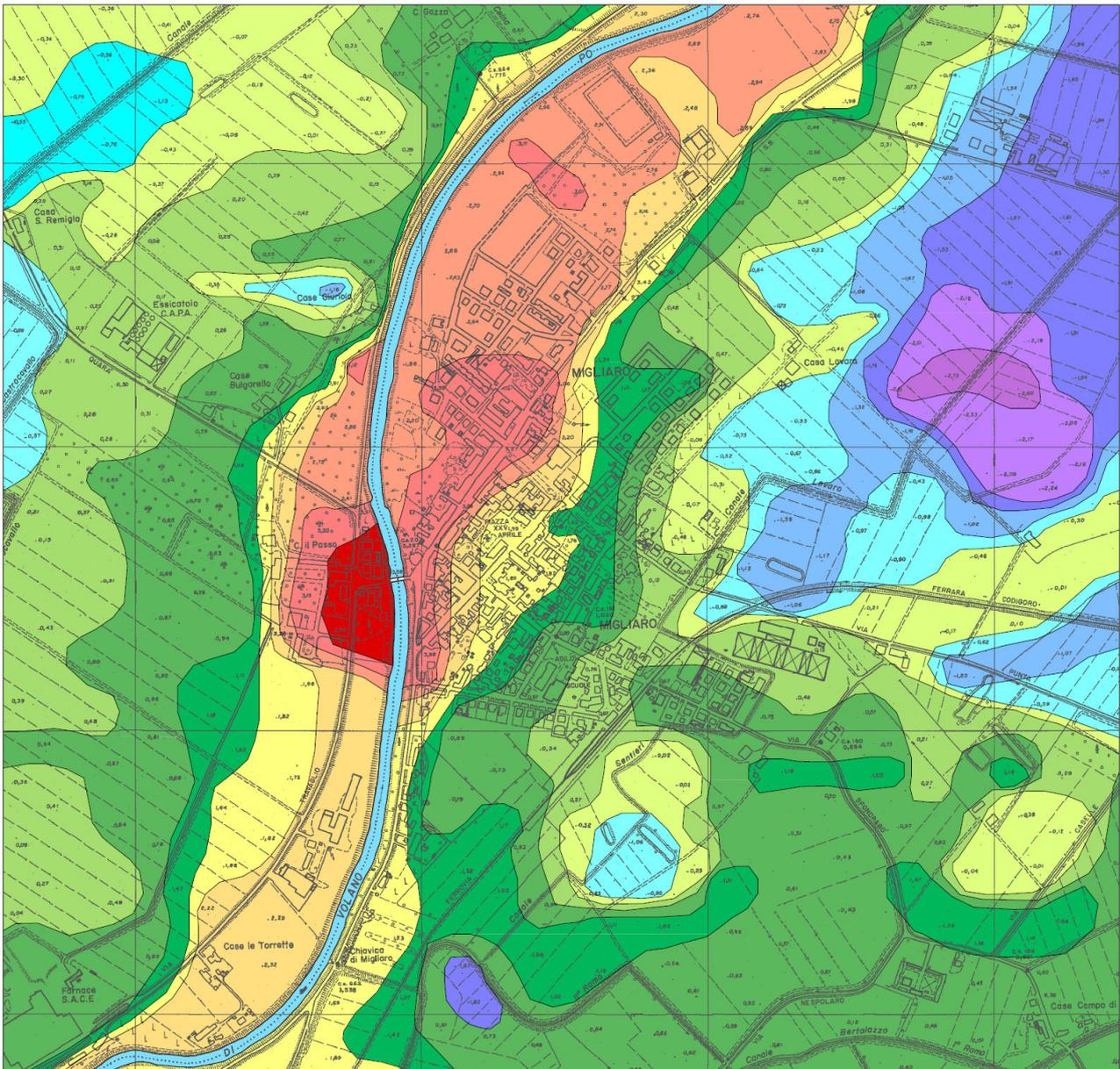
# Migliarino

Carta altimetrica di dettaglio del centro abitato di Migliarino



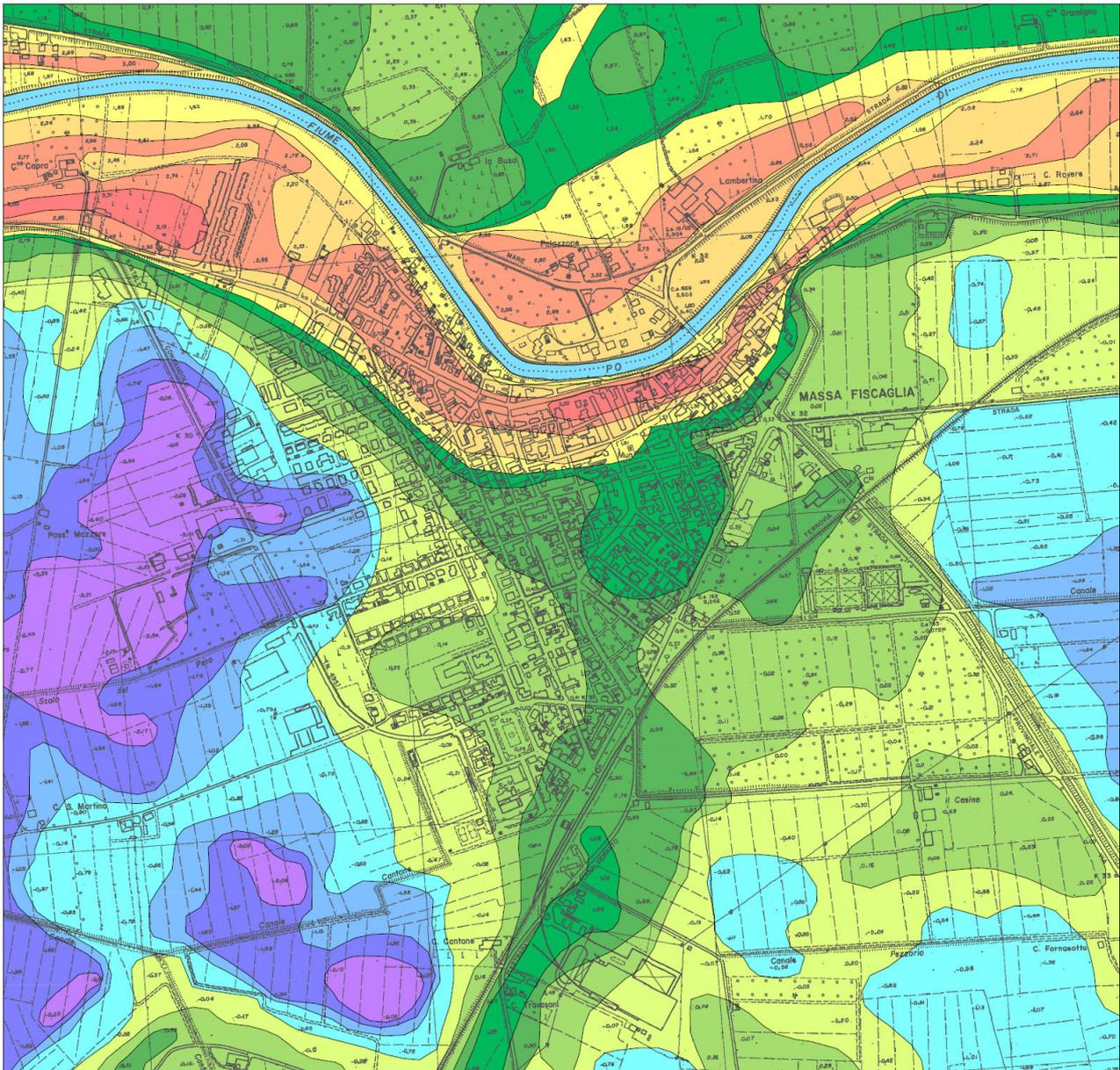
# Migliaro

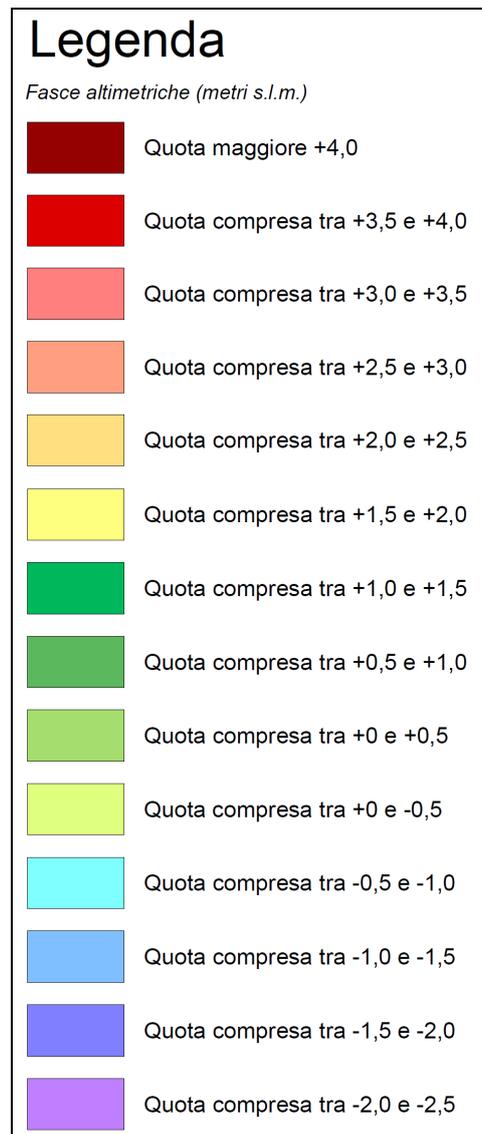
Carta altimetrica di dettaglio del centro abitato di Migliaro



# Massa Fiscaglia

Carta altimetrica di dettaglio del centro abitato di Massa Fiscaglia





**FIGURA 3.11** – Particolare della Carta Altimetrica di Dettaglio, Comune di Migliaro e Massa Fiscaglia

### 3.3. Rischio idraulico Fiume Po di Volano

Il fiume Po di Volano costituisce l'asta principale di deflusso delle acque del bacino del Burana - Po di Volano. Tale bacino va più correttamente definito come "sistema Burana – Volano – Canale Navigabile" (FIGURA 3.12). Esso comprende, oltre alla quasi totalità del territorio della Provincia di Ferrara, anche gran parte della Bassa Modenese, una porzione della zona nord-ovest della provincia di Bologna e parte dell'Oltrepò Mantovano, per una estensione totale di oltre 300.000 Ha interamente di pianura.

Vaste porzioni del territorio ferrarese presentano una marcata soggiacenza rispetto al livello medio del mare. A causa di ciò il fiume Po di Volano, il fiume Po di Primaro ed il Canale Navigabile risultano pensili nei confronti dei territori attraversati. L'immissione in queste aste delle acque eccedenti provenienti da territori depressi avviene quindi esclusivamente attraverso impianti di sollevamento gestiti dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Durante il periodo della Repubblica Cispadana, con la costruzione della Botte Napoleonica, sottopassante il Panaro, il Burana fu immesso nel Po di Volano al fine di scolarne le acque a mare. Nel 1923 fu inaugurata la conca di Pontelagoscuro ed il Canale Boicelli per il collegamento del fiume Po con il Po di Volano; furono costruite anche le conche di Valpagliaro e di Tieni per garantire la navigabilità (FIGURA 3.13).

Nel 1968 fu poi costruito il canale Navigabile Migliarino-Porotgaribaldi. Il sistema idraulico formato dal Volano e dal Canale Navigabile assolve i compiti di via d'acqua per la navigazione interna, di canale irriguo e di collettore delle acque di scolo.

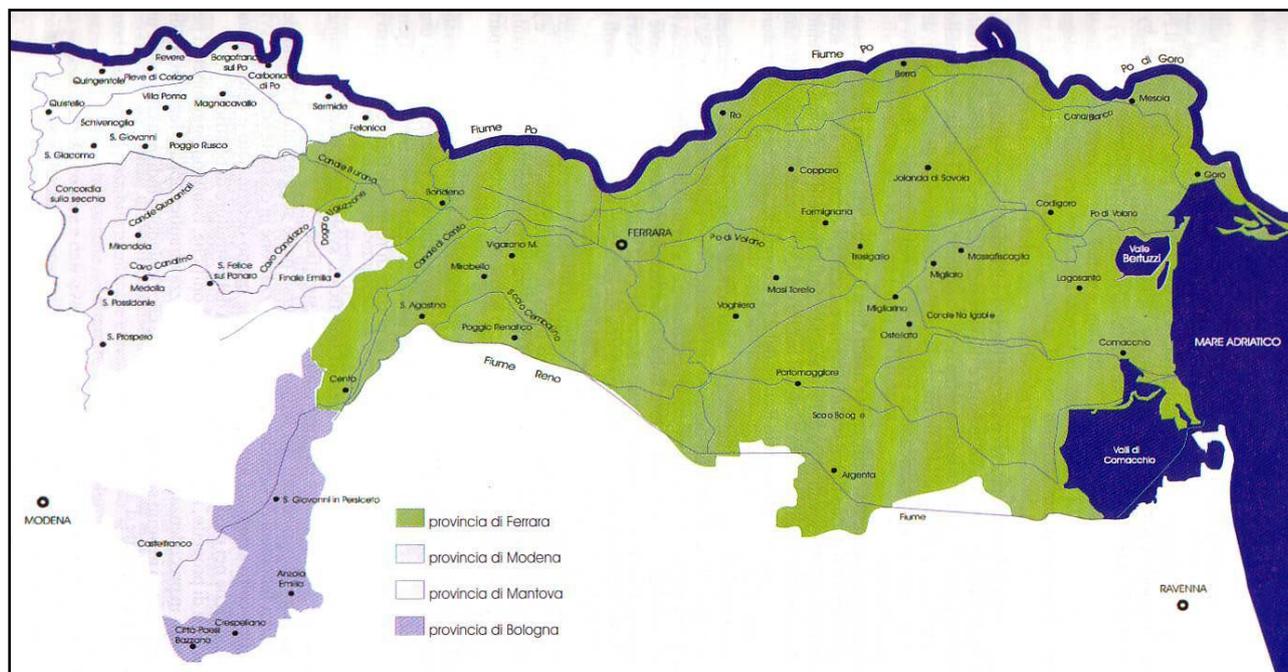


FIGURA 3.11 - Bacino idrografico di Burana-Po di Volano.

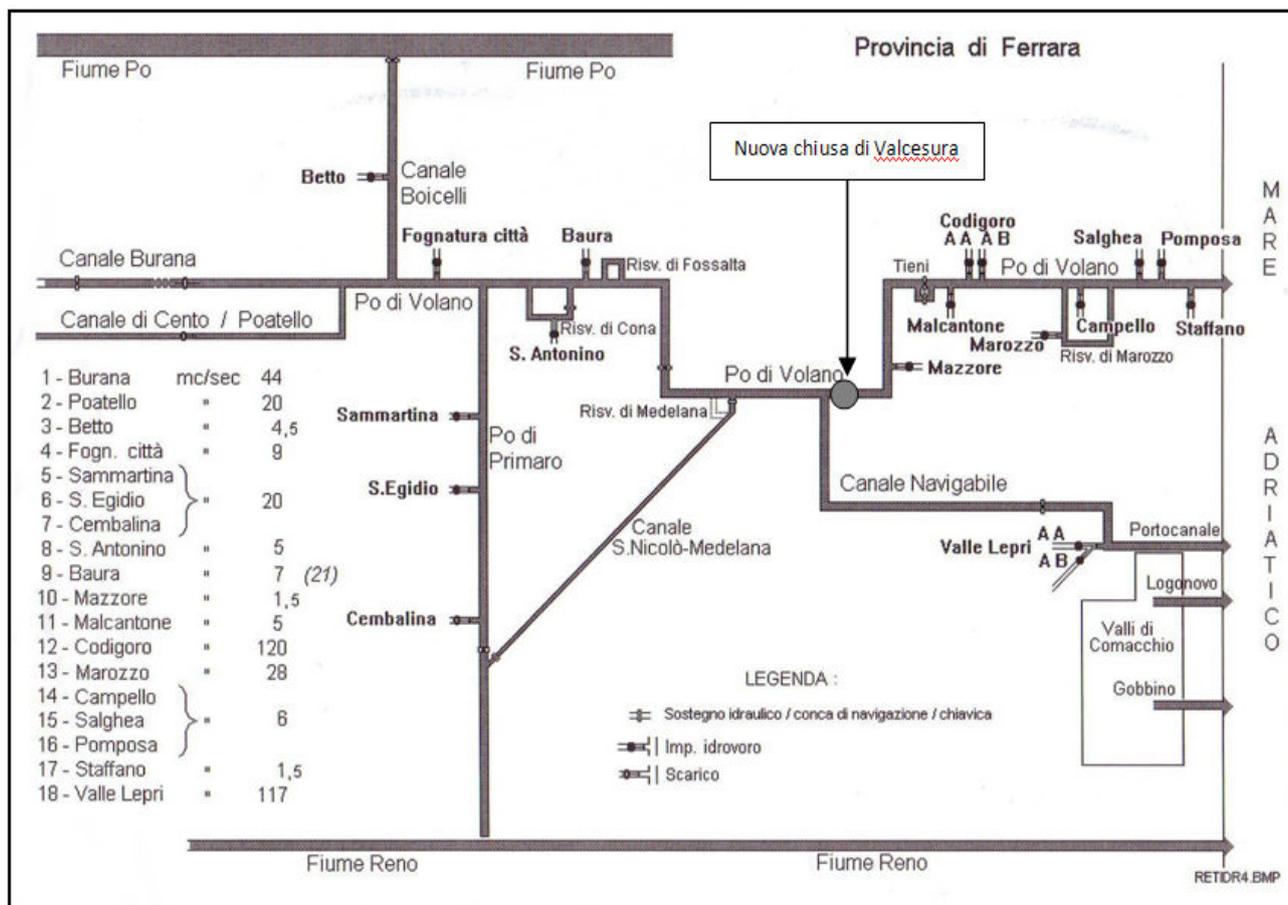


FIGURA 3.12 – Schema del sistema scolante nel Po di Volano.

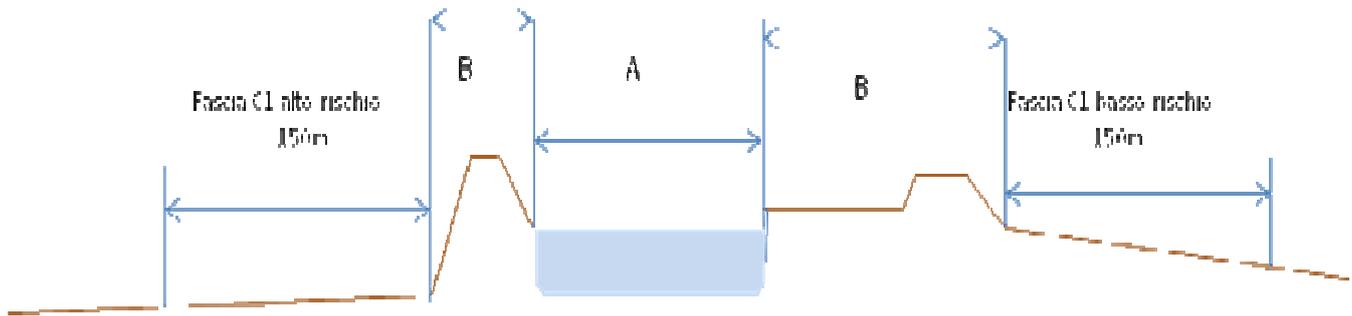
Come si può notare, per quanto regimato artificialmente, il Po di Volano nel tratto attraversante i territori comunali di Migliaro e Massa Fiscaglia, porta le acque di un vasto bacino a monte, per cui il rischio di allagamento delle aree golenali, come poi già accaduto in passato, rimane un fattore da tenere in considerazione nella valutazione dei rischi idraulici, specialmente se lo si legge in chiave delle variazioni climatiche che stanno portando a significativi aumenti delle intensità delle piogge. Anche il fiume Po di Volano non va dunque sottovalutato dal punto di vista della sicurezza idraulica. La costruzione della Chiusa di Valcesura, subito a valle della diramazione del Canale Navigabile è un elemento che ha aumentato in modo decisivo la sicurezza idraulica di tutte le aree golenali abitate tra Migliaro e Massa Fiscaglia. Tale chiusa permette di regolare i flussi in entrata nel corso del fiume Po di Volano, deviandoli verso mare attraverso il canale Navigabile.

Dunque è stata fatta una classificazione delle fasce a diverso rischio idraulico sia esterne che interne agli argini maestri, sul modello adottato dall'Autorità di Bacino per il fiume Po nel PAI Delta (FIGURA 3.13).

Le fasce sono:

- Fascia A: alveo di ordinario di deflusso delle acque
- Fascia B1: area golenale compresa tra la riva dell'alveo e l'argine maestro storico del fiume, che non è dotata di particolari sistemi di protezione idraulica, quindi maggiormente esposto ad allagamento per piene eccezionali.
- Fascia B2: area golenale compresa tra la riva dell'alveo e l'argine maestro storico del fiume, che è dotata di sistemi di protezione idraulica.
- Fascia C1a a rischio elevato: fascia di 150m dal piede dell'argine maestro storico, laddove si è in assenza di aree golenali (ovvero in assenza della fascia B1 e B2), e laddove dal piede dell'argine si aprano campagne topograficamente particolarmente depresse.

- Fascia C1b a basso rischio: fascia di 150m dal piede dell'argine maestro storico, in presenza delle fasce B1 e B2, o in presenza di campagne topograficamente non particolarmente depresse.



**FIGURA 3.13** – Schema delle fasce a diverso rischio idraulico per il Po di Volano.

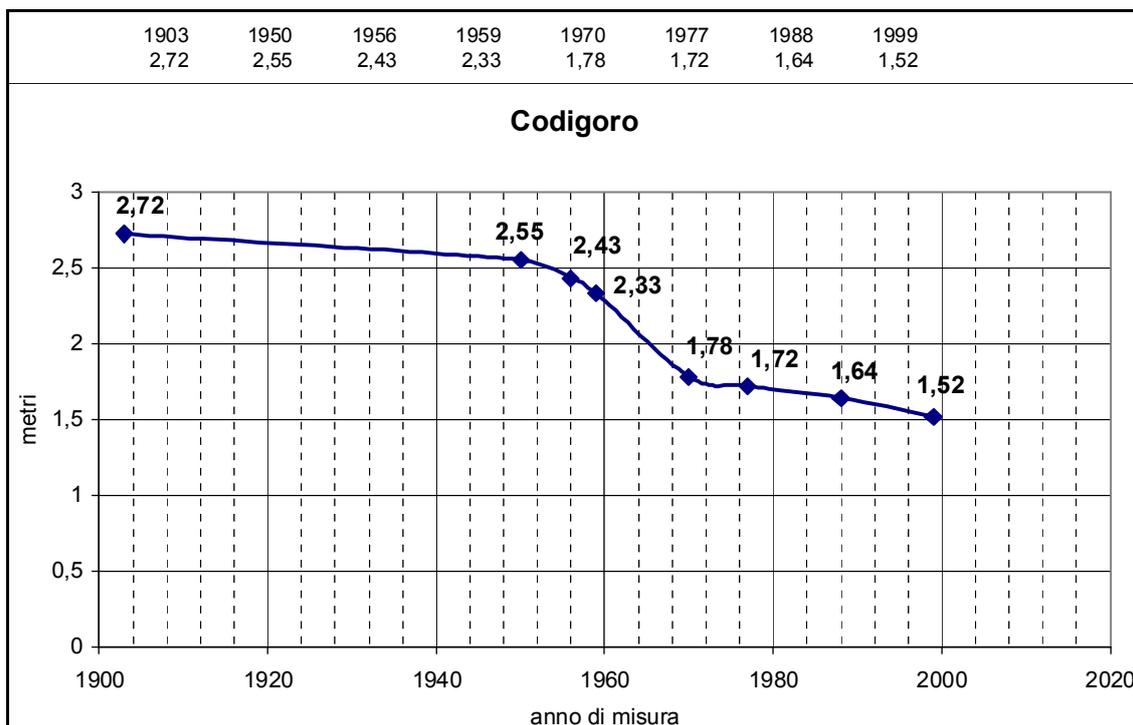
Lo studio trova la sua rappresentazione nell'allegato *Atlante del rischio idraulico Po di Volano*.

## 4. PROCESSI GEODINAMICI: SUBSIDENZA

L'area della bassa pianura padana (ferrarese e ravennate), è geologicamente caratterizzata da una successione di strati alluvionali del periodo Quaternario che raggiunge alcuni chilometri di spessore. La lenta compattazione di questi strati alluvionali, sommata al movimento di abbassamento della base quaternaria è causa della subsidenza naturale dell'area.

Studi sulla successione degli strati profondi condotti sulle carote, raccolte dall'AGIP durante lo scavo di pozzi metaniferi, hanno evidenziato per l'area un valore della subsidenza naturale pari a circa 1 mm/anno (Selli & Ciabatti, 1976; Pieri & Groppi, 1981).

Per alcune aree i processi di abbassamento hanno avuto nel secolo scorso delle vere e proprie impennate, con dei casi emblematici come quello di Codigoro, dove a cavallo degli anni '60 si sono avute velocità di abbassamento del suolo tali da abbassare un caposaldo di riferimento da quota +2,55m s.l.m. nel 1950 a +1,78m s.l.m. nel 1970 (**FIGURA 4.1**).



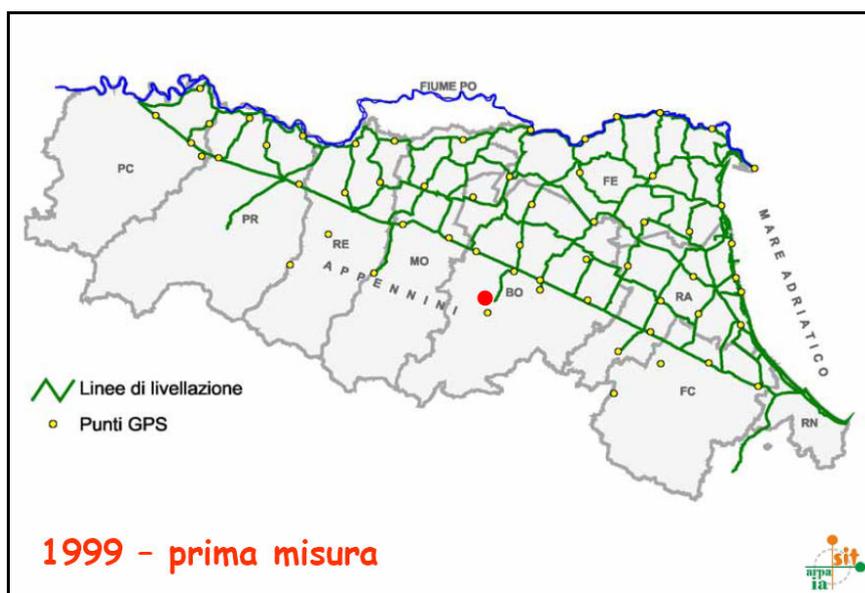
**FIGURA 4.1** - Diagramma di abbassamento del caposaldo di Codigoro (RER e Idroser, 1996).

Fra le cause di abbassamento del suolo, bisogna considerare anche la subsidenza indotta, provocata per esempio, da fenomeni legati al peso di grandi manufatti, come agglomerati di costruzioni, terrapieni, argini ecc., i cui effetti sono però molto localizzati; ma oltre a questi, nel territorio ferrarese sono entrati in gioco quasi tutti gli altri fattori che sono stati fin qui riconosciuti come cause artificiali di abbassamenti, in relazione a perturbazioni delle condizioni idrogeologiche dei terreni. Fra questi vanno in particolar modo ricordati i seguenti:

- estrazioni di acque, da falde di bassa o media profondità, in misura superiore alle possibilità di ricarica spontanea delle falde stesse; ne sono un esempio la coltivazione di acque metanifere da giacimenti quaternari, nonché altri emungimenti di acque per usi industriali ed agricoli;
- prosciugamenti di zone umide o comunque abbassamenti di livello delle falde freatiche per operazioni di bonifica o di sistemazione agraria; com'è noto queste operazioni determinano abbassamenti sia in relazione al costipamento meccanico dei sedimenti non più interessati dalla falda, sia all'ossidazione delle torbe contenute negli stessi; va anche ricordato come i conseguenti abbassamenti del suolo rendano spesso necessario deprimere ulteriormente il livello della falda, per mantenere il franco di coltivazione, per cui diviene necessario attendere vari anni per superare questa fase di rincorsa reciproca fra livello del terreno e livello di falda e per raggiungere soddisfacenti condizioni di equilibrio;

- variazioni nel chimismo, in particolare del grado di salinità, delle acque sotterranee, in particolare di quelle freatiche, che spesso determinano fenomeni elettrochimici che hanno come conseguenza riduzioni di volume nei minerali argillosi; tali variazioni possono a loro volta esser causate da forti addizioni o sottrazioni di acque dal terreno; ne è un esempio l'immissione di acque reflue nei centri privi di fognature; fenomeni analoghi sono talora prodotti dalla pratica di eccedere nell'irrigazione, e dalla conseguente necessità di potenziare anche il drenaggio.

Nel 1997-1998 allo scopo di riesaminare l'entità e l'estensione del fenomeno è stata istituita la Rete Regionale di Controllo della Subsidenza, a cura dalla Struttura Tematica di Ingegneria Ambientale di ARPA in collaborazione con il Laboratorio di Topografia, Fotogrammetria e Rilevamento Geologico del DISTART dell'Università di Bologna; la Rete è formata da oltre 2000 capisaldi distribuiti su circa 2000 Km di linee di livellazione e da un rete GPS di 58 punti (Regione Emilia - Romagna & ARPA, 2001), (**FIGURA 4.2**).

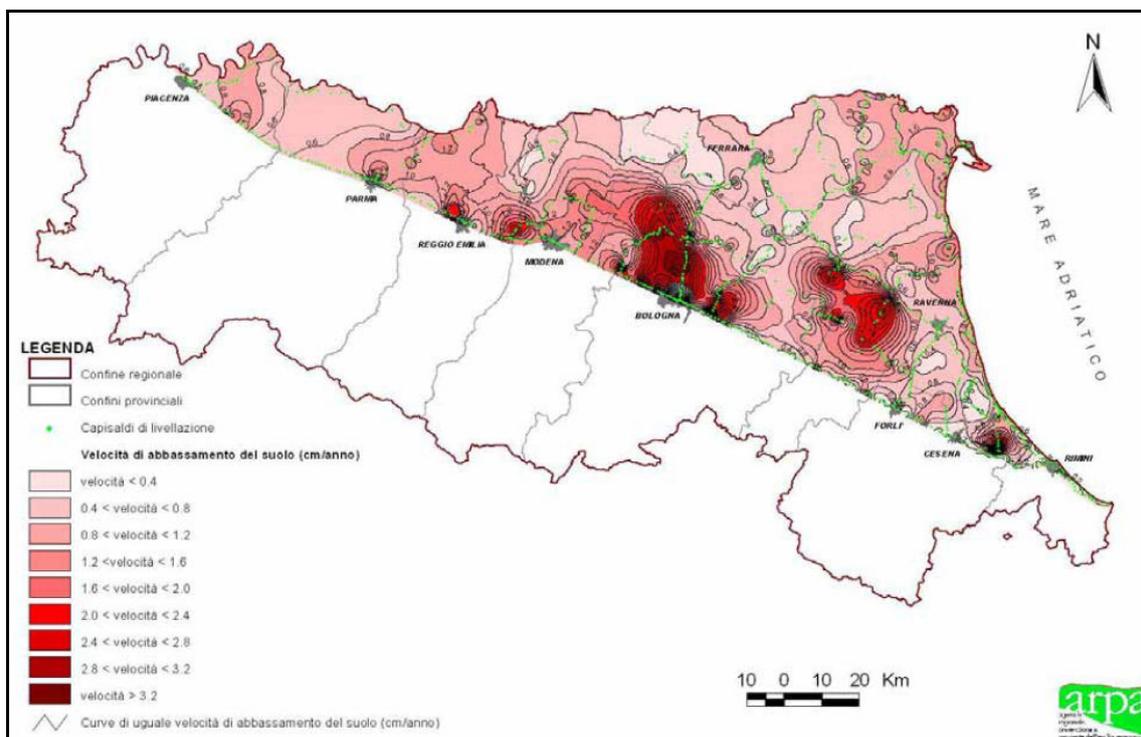


**FIGURA 4.2** – Rete regionale di controllo della subsidenza - <http://www.arpa.emr.it/Ingamb/>

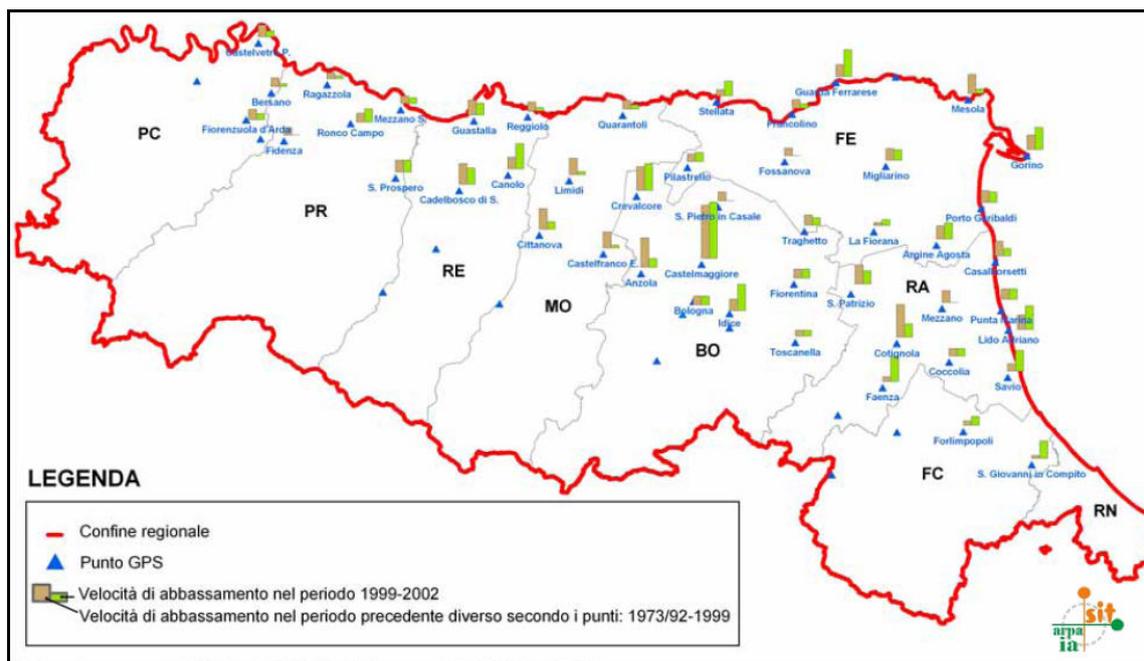
Il caposaldo da cui derivare la quota di origine per tutta la rete è stato individuato nei pressi di Sasso Marconi (Appennino Bolognese). La rete è costituita da diverse linee di livellazione, sei delle quali possono essere considerate le principali, le altre non fanno parte del corpo vero e proprio della rete e hanno la funzione di quotare capisaldi posti in zone periferiche della rete stessa.

Ulteriori e più aggiornate informazioni sull'andamento dei movimenti verticali del suolo possono essere estrapolati dalla Carta a curve di eguale velocità di abbassamento del suolo (cm/anno) nel periodo 1970/1993-1999, riportata in **FIGURA 4.3**, redatta da ARPA.

Dalla carta emerge che le velocità di abbassamento più significative si registrano in corrispondenza della provincia di Bologna e lungo l'asse della via Emilia, mentre nel territorio ferrarese e in particolare nell'area di studio, le velocità risultano di entità minore rispetto agli altri territori. Le cause sono da ricercare nel diverso grado di industrializzazione e di sfruttamento degli acquiferi sotterranei. La prima ripetizione della misura della rete GPS è stata effettuata nei mesi di giugno e luglio del 2002, obiettivo della misura della rete GPS è verificare l'andamento del fenomeno della subsidenza, relativamente ai 49 punti distribuiti nell'area di pianura della regione, attraverso il confronto con le misure eseguite nella campagna 1999. I risultati ottenuti sono stati rivelati in linea con quelli delle ultime misure. Il confronto fra le due campagne ha evidenziato una tendenza all'abbassamento del suolo che interessa gran parte del territorio di pianura della regione (**FIGURA 4.4**).



**FIGURA 4.3**– Carta delle curve di eguale velocità di abbassamento del suolo misurate nel periodo 1970/1993-1999 (cm/anno) - <http://www.arpa.emr.it/Ingamb/>

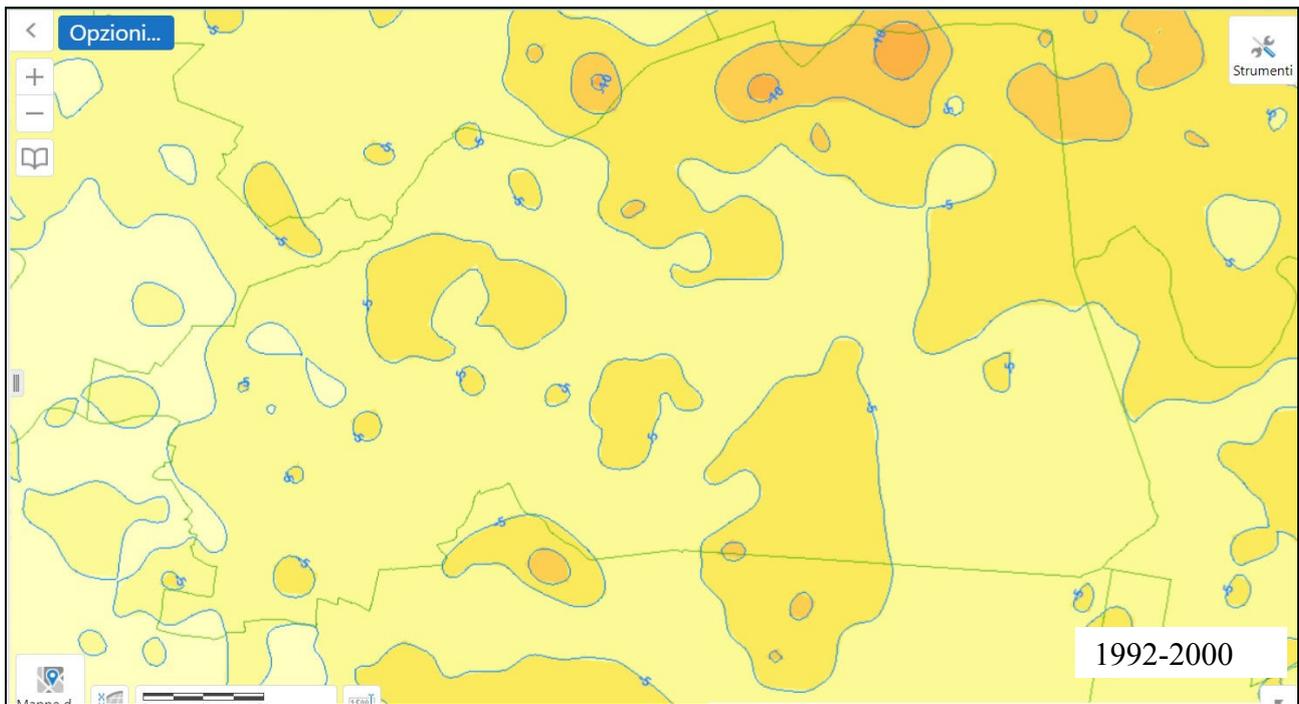


**FIGURA 4.4**– Risultati delle campagne GPS 1999 e 2002 - <http://www.arpa.emr.it/Ingamb/>

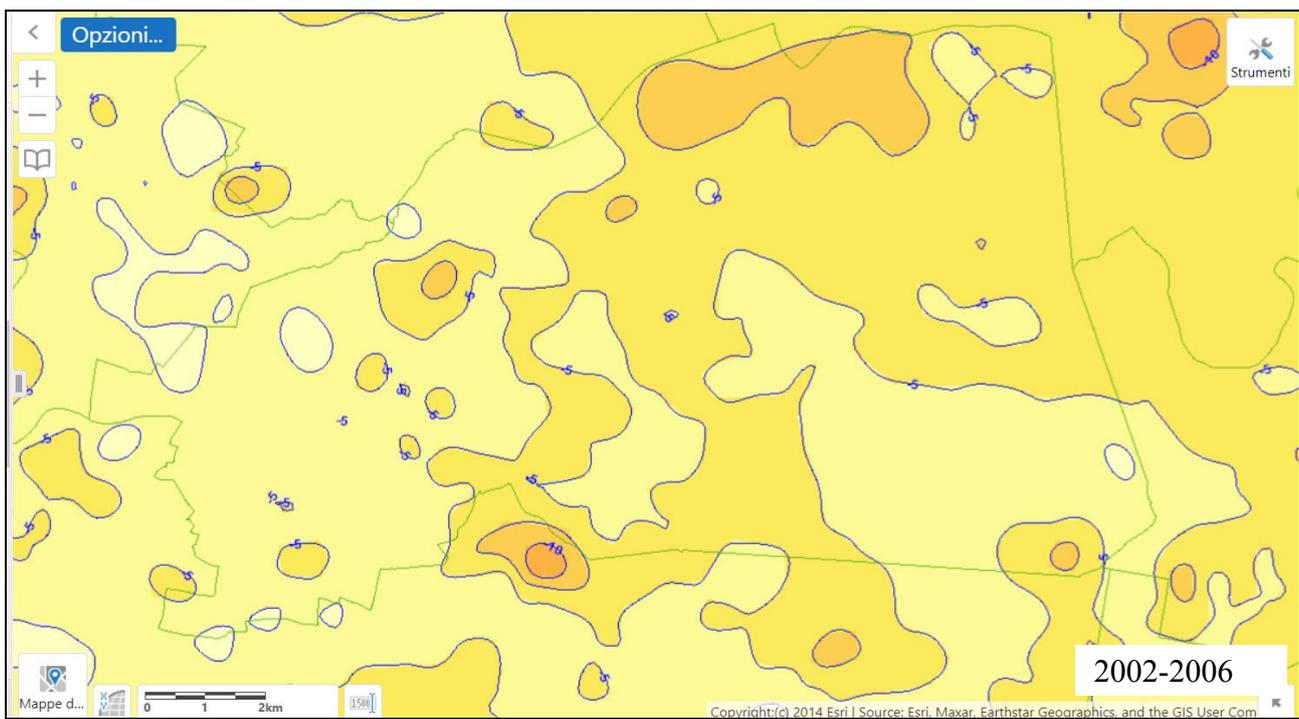
Sul portale cartografico di ARPAE è possibile avere le mappe delle curve isocinetiche di uguale velocità di abbassamento dei diversi periodi successivi di monitoraggio del fenomeno della subsidenza.

<https://servizi-gis.arpae.it/Html5Viewer/index.html?locale=it-IT&viewer&viewer=Geoportal.Geoportal>

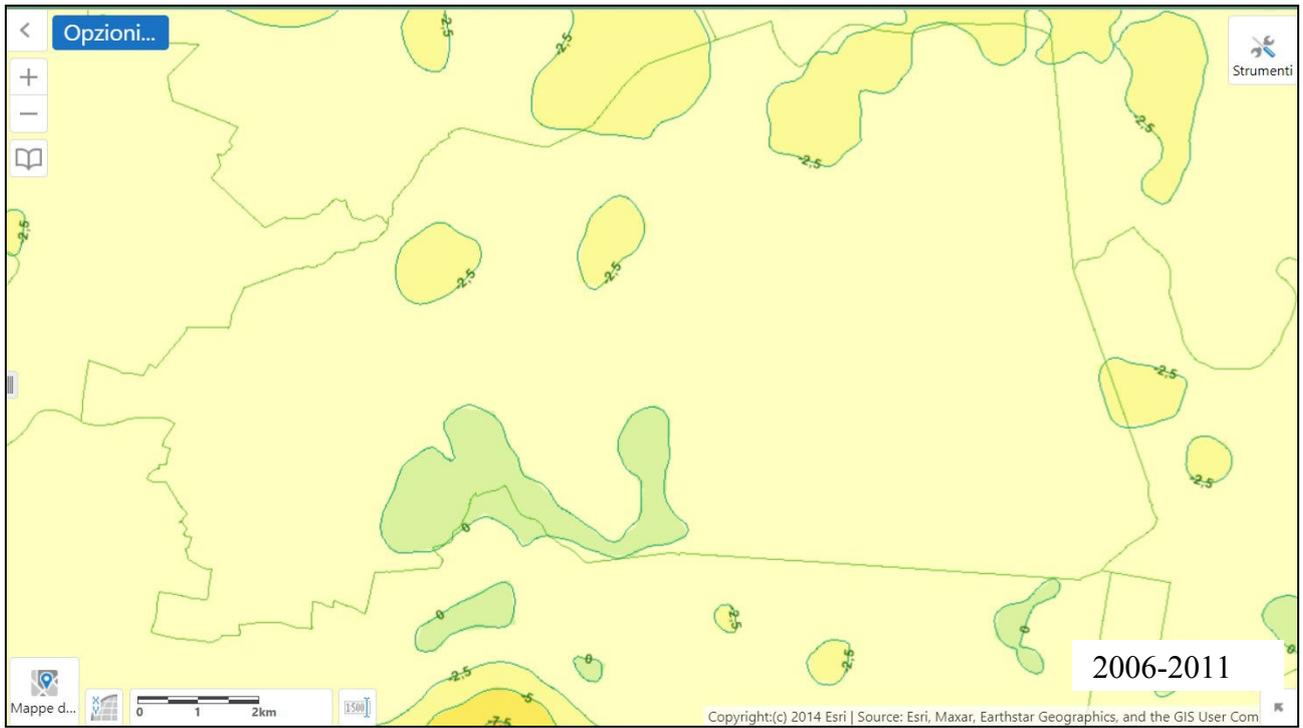
Le mappe sono riportate in **FIGURA 4.5** (isocinetiche anno 1992-2000), **FIGURA 4.6** (isocinetiche anno 2002-2006), **FIGURA 4.7** (isocinetiche anno 2006-2011) e **FIGURA 4.8** (isocinetiche anno 2011-2016).



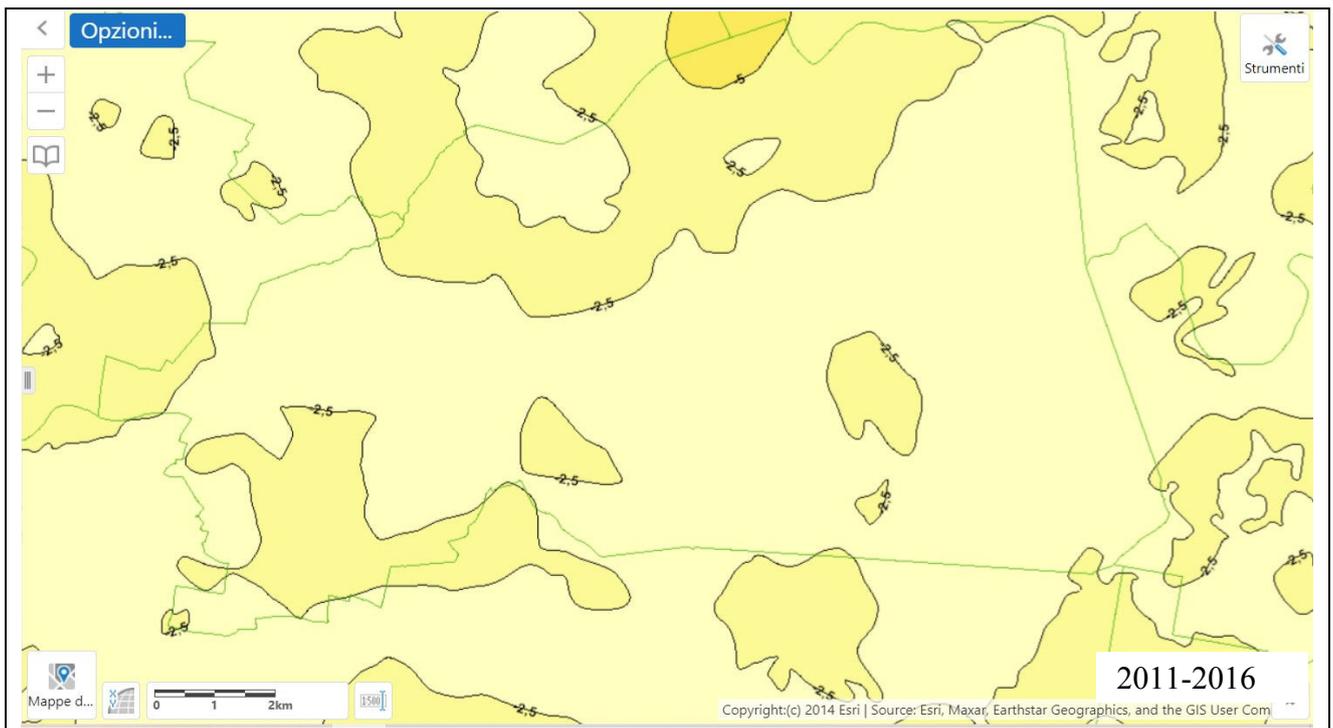
**FIGURA 4.5** (isocinetiche anno 1992-2000)



**FIGURA 4.6** (isocinetiche anno 2002-2006)



**FIGURA 4.7** (isocinetiche anno 2006-2011)

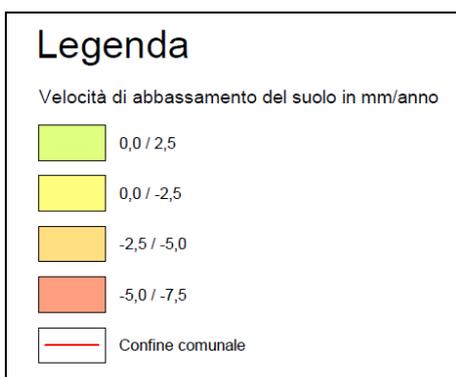
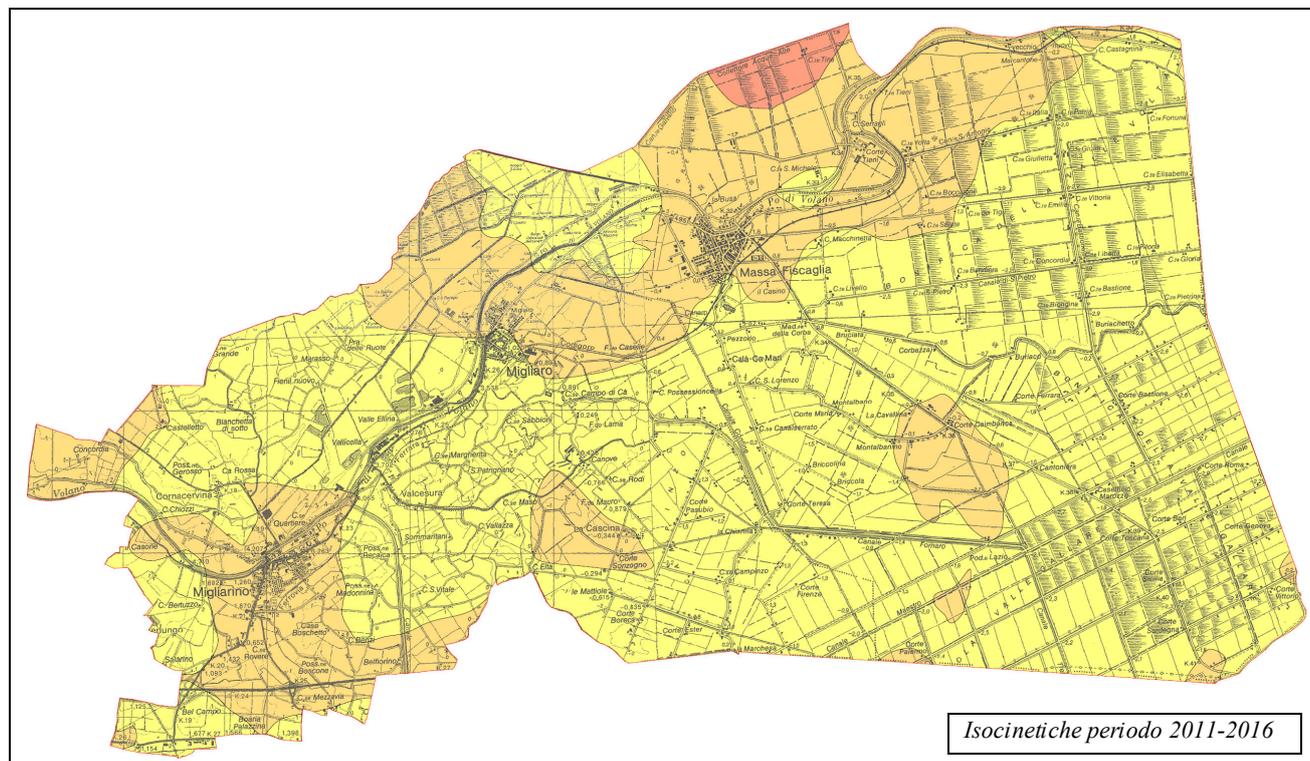


**FIGURA 4.8** (isocinetiche anno 2011-2016)

#### 4.1 Carta dei Processi geodinamici

La Carta dei processi geodinamici viene riprodotta in scala 1:25.000, e non ha subito rielaborazioni sui contenuti sostanziali da parte dello scrivente ma solo rielaborazione grafica (**FIGURA 4.9**).

Il principale fenomeno geodinamico attivo che coinvolge il territorio comunale è la subsidenza. Dalla carta emerge che la maggior parte del territorio comunale Fiscaglia ricade in una fascia con velocità di abbassamento del suolo compresa tra 0,0 e -2,5mm/anno, lungo il corso del Fiume Po di Volano la velocità di abbassamento varia da -2,5 a -5,0mm/anno. All'intersezione tra il comune di Fiscaglia, Jolanda di Savoia e Codigoro si riscontra la zona a maggiore velocità di abbassamento che è tra -5,0 e -7,5mm/anno.



**FIGURA 4.9**– Carta dei processi geodinamici; in legenda si mostrano le velocità di abbassamento periodo 2011-2016.

## 5. PERICOLOSITA' SISMICA

Centinaia di milioni di anni fa, in corrispondenza dell'attuale Pianura Padana, si estendeva un vasto bacino oceanico denominato Tetide, in cui trovavano sviluppo profonde fosse, la cui origine era riconducibile ai meccanismi tettonici della subduzione tra la placca africana e quella euroasiatica. Nel complesso meccanismo della deriva delle placche litosferiche accadde che la placca africana e quella europea si avvicinarono fino a collidere. In questa collisione il bacino della Tetide, con tutti i sedimenti che aveva accumulato sui suoi fondali, fu corrugato, inarcato e trascinato nella morsa delle due placche in collisione. Ebbero così origine le catene montuose delle regioni europee. Le Alpi e gli Appennini furono, in tempi diversi, gli effetti più evidenti dello scontro tra le due placche africana ed europea.

L'innalzamento di questi enormi ammassi di roccia ha provocato la loro erosione, e la produzione di grandi quantità di sedimenti sciolti che si sono accumulati nella fossa che costituiva il triangolo della Pianura Padana. Il progressivo sprofondamento dell'area padana, dovuto all'orogenesi appenninica, che spinge le grandi falde appenniniche verso nord-est, e crea una avanfossa sul fronte di avanzamento, ha consentito la deposizione di spessori di sedimenti derivati dall'erosione, per diverse migliaia di metri. Su questi sedimenti che caratterizzano la Pianura Padana, l'uomo ha trovato un vasto e pianeggiante territorio, fertile, attraversato da numerosi corsi d'acqua, su cui insediarsi con le proprie attività.

L'evoluzione strutturale dell'ampio bacino subsidente padano è connessa con la dinamica degli eventi che, in sequenze spazio-temporali diverse, hanno interessato sia il Sudalpino che l'Appennino, ed hanno prodotto una tettonica compressiva con accorciamento crostale per convergenza e collisione.

Si è avuta così la formazione di gruppi di pieghe e di un fitto sistema di faglie con direzione NNW-SSE; WNW-ESE e N-S, e la suddivisione dell'area padana in settori dislocati da paleofaglie che hanno determinato situazioni di bacino e di alto locale, caratterizzati da una diversa evoluzione.

L'area padana orientale ad est di Modena-Nogara è caratterizzata dalle seguenti zone geologicamente distinte, in successione da nord a sud:

- il fronte delle pieghe sudalpine;
- la isoclinale padano-veneta, a stile rigido;
- la dorsale Cavone-Ferrara, che rappresenta il margine esterno della Padana meridionale, ripiegato e sovrascorso su se stesso;
- il fronte delle pieghe appenniniche, dove i termini mesozoici non paiono coinvolti nel nucleo delle pieghe prospicienti la Padana.

La zona in esame rappresenta la parte più orientale dell'arco delle pieghe appenniniche, le quali a settentrione, si accavallano in stretta successione alla monoclinale pedalpina nella zona del Gallare e Varano.

All'arco ferrarese si affianca, nella parte a mare, l'arco delle pieghe adriatiche che si accavallano invece sulla monoclinale adriatica. Nella parte interna, e cioè meridionale, delle pieghe ferraresi e adriatiche si addossa a sua volta l'arco delle pieghe romagnole. Tutte e tre le strutture sopraindicate sono delimitate esternamente da fasci di faglie inverse, testimoni di diversi fronti compressivi in avanzamento; internamente, cioè nelle fasce retrostanti ai fronti compressivi, si rilevano sistemi di faglie dirette ad indicare un carattere distensivo (**FIGURA 5.1**).

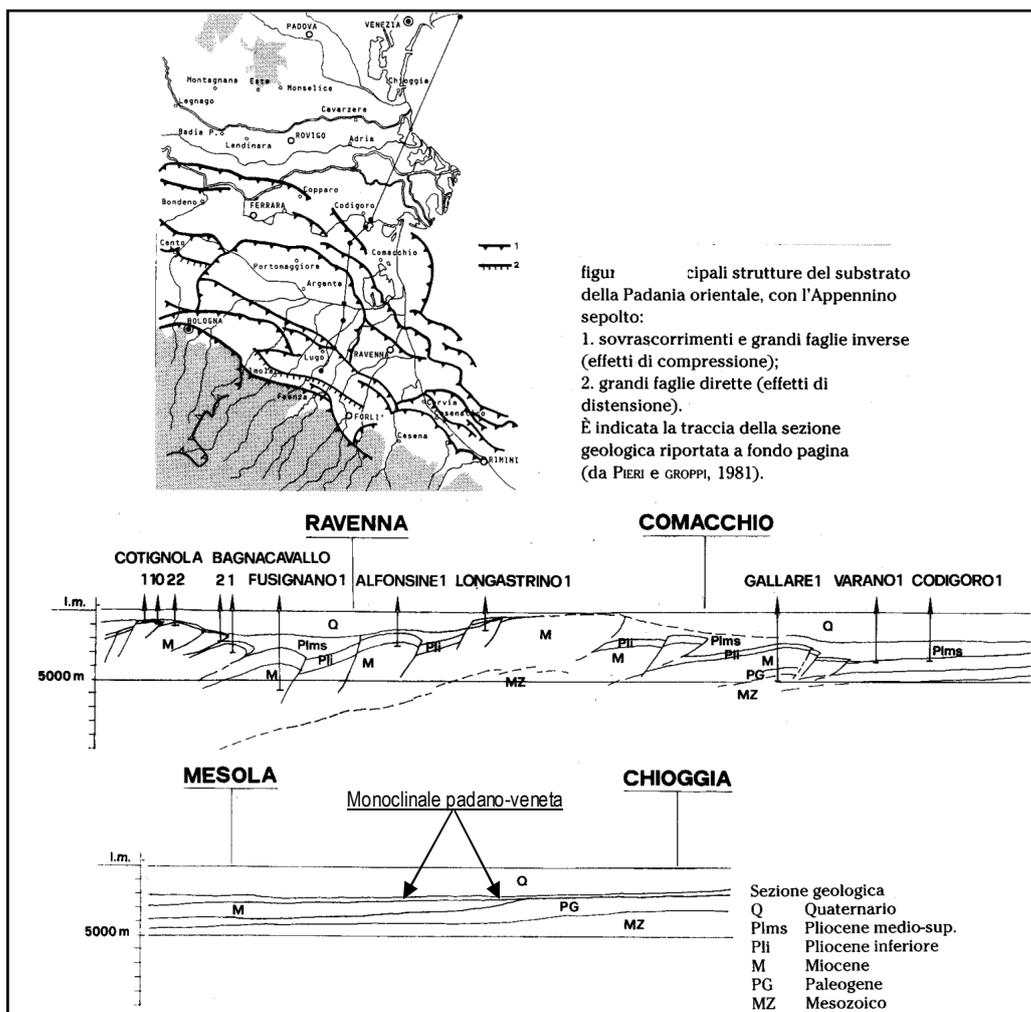


FIGURA 5.1- Inquadramento geologico strutturale dell'area deltizia

Le fasi tettoniche si sono succedute dal Burdigaliano al Pleistocene ed hanno portato a successive riprese dei piegamenti ed alla formazione di lineamenti paleogeografici variabili in successione spazio-temporale e quindi all'instaurarsi in sequenza alterna di ambienti deposizionali marini, costieri, deltizi e lagunari in relazione a locali processi di sollevamento e di subsidenza.

Durante il Pliocene medio inizia un periodo di forte subsidenza che continua sino a tutto il Quaternario basale. Nel Quaternario recente la sedimentazione prevale sulla subsidenza, ed in connessione con le regressioni marine provocate dalle glaciazioni, depositi continentali si sovrappongono ai sedimenti marini. Segue poi una nuova fase trasgressiva con arretramento della linea di costa di oltre venti chilometri rispetto alla posizione attuale. Infine durante l'ultima regressione marina postflandriana, sviluppatasi in più fasi, si ebbe un progressivo spostamento verso oriente della linea di costa sino a raggiungere l'odierno assetto geomorfologico. A causa della pluralità degli ambienti deposizionali in successione spazio-temporale, il complesso plio-quaternario nel territorio del Basso Ferrarese è costituito da una alternanza di livelli sabbiosi, limosi ed argillosi o da miscele binarie o ternarie di tali litotipi.

L'assetto strutturale dei sedimenti plio-quaternari è caratterizzato da blande anticlinali e sinclinali, più accentuate nella parte basale della serie, ove sono presenti anche strutture a trappola sedimentaria o tettonica, e sempre più deboli man mano che ci si avvicina alla superficie attuale.

L'andamento anticlinalico e sinclinalico fa variare lo spessore dei sedimenti plio-quaternari; per esempio nella zona SW del foglio Comacchio esso va dai 2800 metri ai circa 800 metri sotto il piano campagna. Tra il Mezzano e Casal Borsetti il tetto del prepliocene è a 2800 metri, tra Longastrino ed il Mezzano meridionale c'è un alto strutturale ed il tetto è a 800 metri circa, tra Comacchio e Porto Garibaldi una forte subsidenza di origine tettonica ha permesso la deposizione di uno spessore variabile fra i 3200 ed i 4800 metri circa di sedimenti (D. Vincenzi, E. Valpreda, G. Lenzi *et al.*, 1989).

Da diversi anni si calcola che il valore di subsidenza naturale attribuibile a cause geologiche (compattazione dei sedimenti quaternari, eustatismo ed il basculamento della parte nord-orientale della pianura Padana) raggiunga valori di 0,2-0.3 cm/anno.

### 5.1. Carta sismotettonica

La cartografia tematica di base per questo studio è stata la *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*.

La **Carta sismotettonica** viene riprodotta in scala 1:50.000 e non ha subito rielaborazioni sui contenuti sostanziali da parte dello scrivente ma solo rielaborazione grafica. Il territorio del Comune di Migliaro è attraversato da un sovrascorrimento con possibili riattivazioni. Il comune di Massa Fiscaglia presenta una situazione tettonico strutturale più complessa data la presenza di un fronte di accavallamento della successione carbonatica meso – cenozoica e di un sovrascorrimento con possibili riattivazioni. Nella carta sono riportati anche gli epicentri dei terremoti macrosismici con Magnitudo compresa 4,0 e 5,0 Mw. In **FIGURA 5.2** si riporta un particolare della carta sismotettonica con legenda.

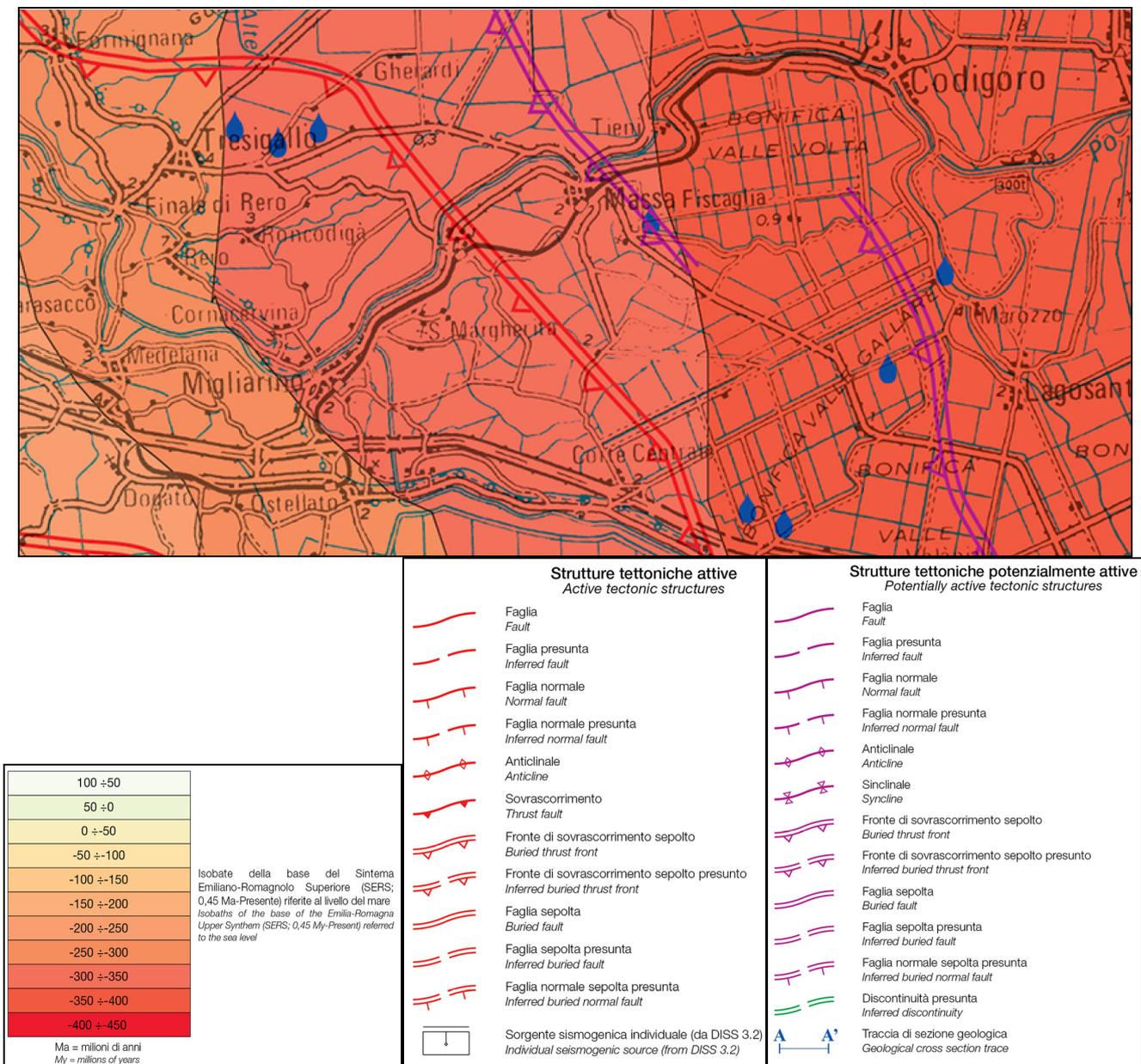


FIGURA 5.2– Stalcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna.

## 5.2. La micro zonazione sismica del comune di Fiscaglia

Il comune di Fiscaglia è già stato oggetto di studi di micro zonazione sismica spinti fino al II livello di approfondimento.

Si rimanda integralmente a quello studio gli esiti di tali approfonditi studi sulla pericolosità sismica del territorio e sugli effetti di sito attesi. Il secondo livello di approfondimento è parte integrante degli elaborati del PUG.

Gli studi di MZ sono stati condotti a suo tempo conformemente alla DGR 2193/2015. In questa occasione vengono adeguati ai contenuti della DGR 476/2021 e sua integrazione DGR 564/2021.

Vengono quindi prodotte le carte dei fattori di amplificazione nuove introdotte dalla DGR 564/2021. L'amplificazione è già stata quantificata nei primi studi del 2019 in termini di PGA e SI1, SI2 e SI3, ora si integra con anche i fattori di amplificazione per SA1, SA2, SA3, SA4. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2) della DGR 564/2021.

La definizione del fattore di amplificazione SA è la seguente:

$FA = SA/SA_0$ , dove  $SA_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SA1 per  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , SA2 per  $0,4s \leq T \leq 0,8s$ , SA3 per  $0,7s \leq T \leq 1,1s$ , SA4 per  $0,5s \leq T \leq 1,5s$ .

In questa occasione si conduce anche un piccolo sconfinamento in quello che in futuro sarà lo studio di approfondimento di III livello, ovvero, anche se non dovuto in questa fase, si procede a stimare l'indice del potenziale di liquefazione delle sabbie nelle verticali indagate con prove CPTU. Questo perché il primo livello di approfondimento ed il secondo livello di approfondimento avevano mappato la presenza di sabbie sciolte sature di acqua potenzialmente liquefacibili, in quanto carattere predisponente alla liquefazione. Poi gli studi avevano valutato che tutto il territorio comunale è soggetto ad amplificazione stratigrafica ed erano stati proposti i fattori di amplificazione F.A.  $PGA/PGA_0$  al fine di poter stabilire le accelerazioni di picco in superficie.

Facendo il calcolo ora degli IPL si potrà avere una indicazione di massima su quanto, oltre ai caratteri predisponenti, possano influire anche i caratteri scatenanti la liquefazione. Essa infatti ne risulta ridimensionata decisamente. Ma saranno i futuri studi di micro zonazione sismica di III livello ufficiali, che saranno condotti secondo le disposizioni del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale che dovranno produrre le mappe definitive.

### 5.2.1. Liquefazione delle sabbie e Indice di Potenziale di Liquefazione

A rigore gli studi di III livello di approfondimento dovrebbero basarsi su analisi di risposta sismica locale condotti con dati di input solidi acquisiti in sito.

Sarebbe necessario avere profili di  $V_s$  profondi fino al bedrock sismico, sarebbe necessario avere profili di dettaglio di  $V_s$  dei primi 30m, sarebbe necessario avere curve di decadimento del modulo  $G_0$  dei terreni presenti per diverse profondità verticali e per diversa distribuzione orizzontale.

Le risorse concesse per questo studio sono limitate, per cui non è possibile affrontare in modo rigoroso il III livello di approfondimento della micro zonazione sismica.

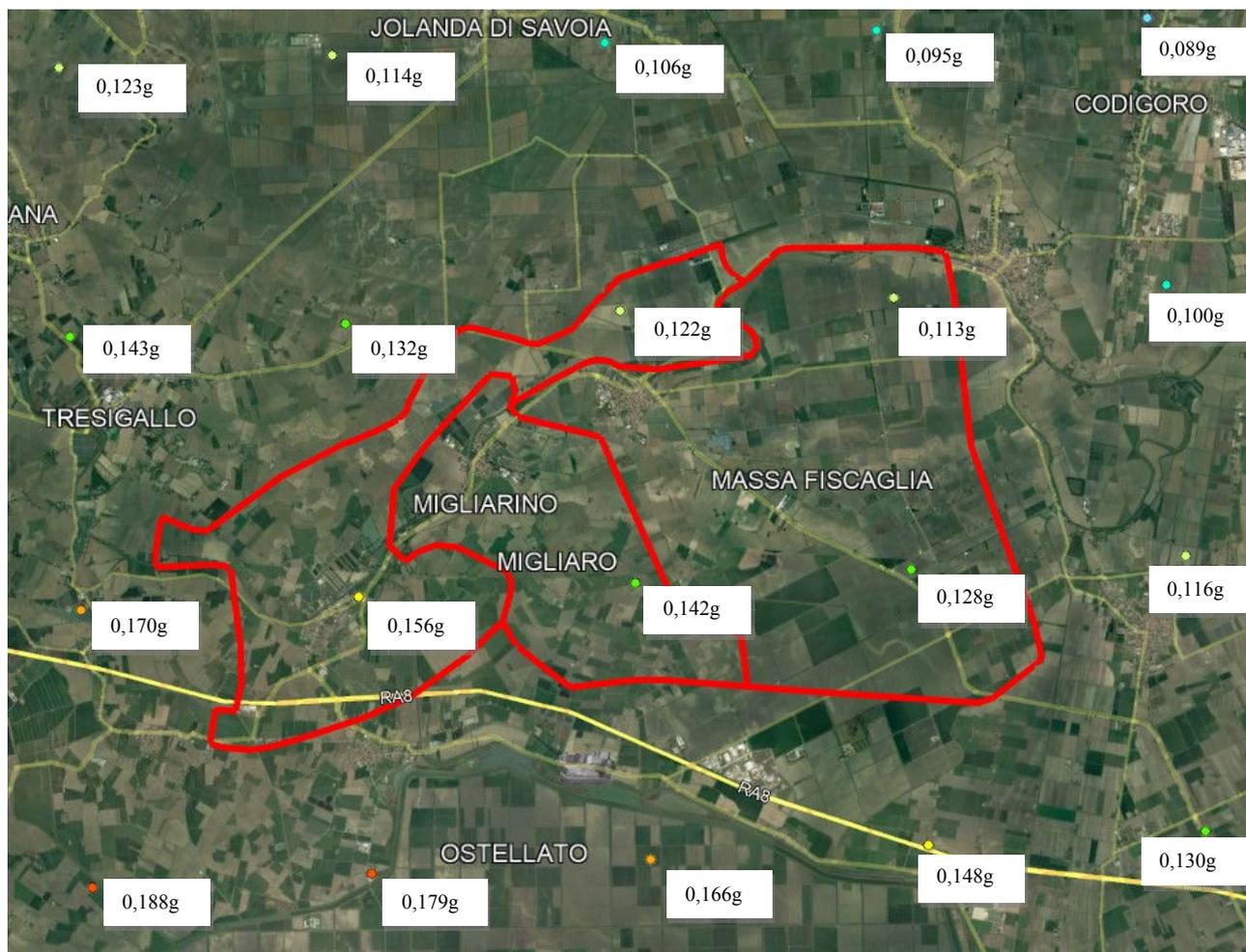
Pertanto si è scelto di operare nel seguente modo:

- Si è considerato che studi compiuti nei comuni limitrofi hanno dimostrato che con le RSL si ottengono valori dei fattori di amplificazione molto simili a quelli degli abachi regionali proposti per gli studi di II livello, pertanto si adotteranno i valori di F.A. da Abachi.

- Definiti i fattori di amplificazione e noti i valori di  $PGA_0$  al bedrock sismico si procede a stimare i valori di PGA in superficie.



PGAo al Bedrock



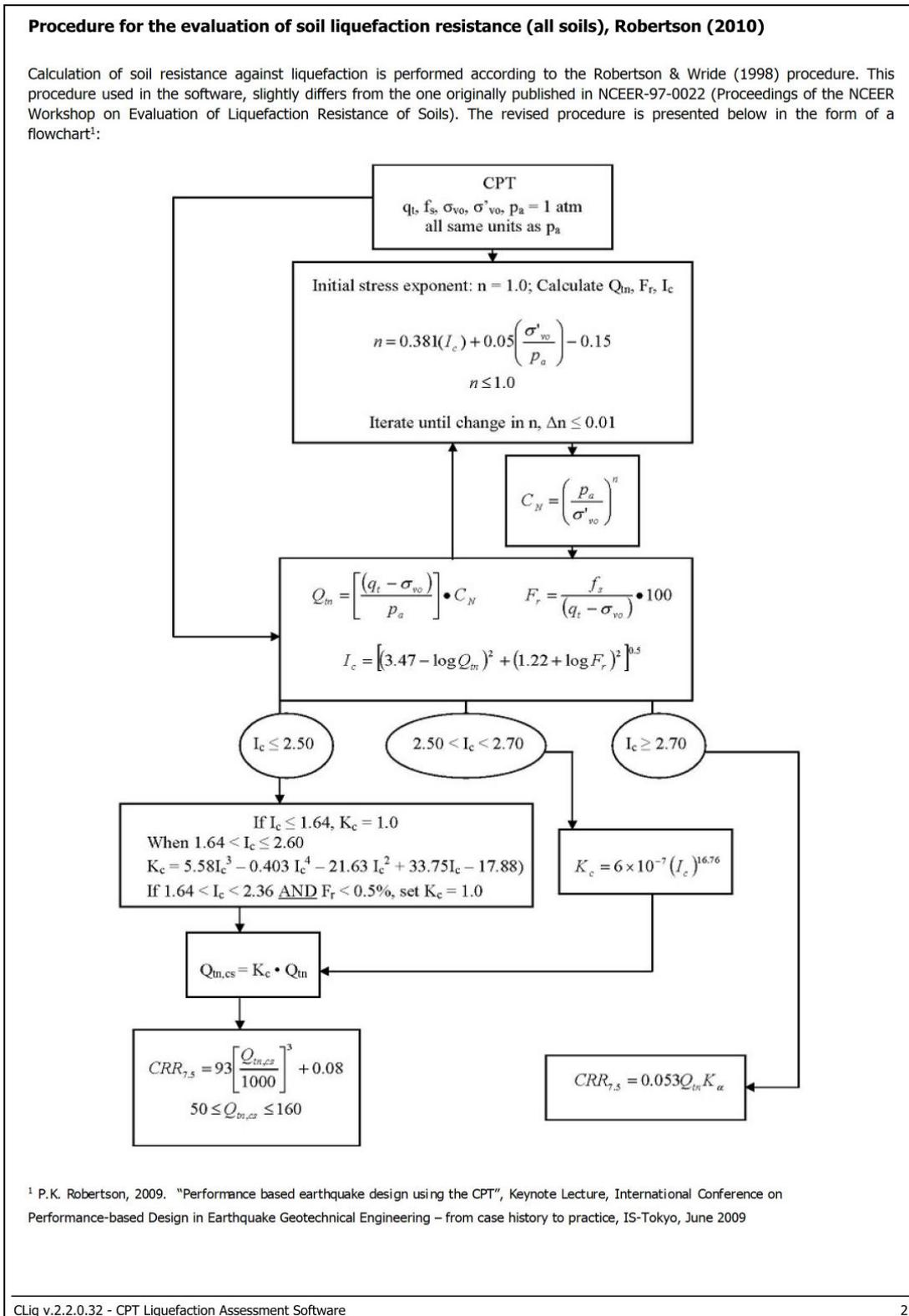
*PGA in superficie*

- Stimati così i valori di PGA in superficie si procede a condurre l'analisi della liquefazione delle sabbie per tutte le verticali indagate con prove penetrometriche statiche a punta elettrica e piezocono.
- Il metodo di analisi utilizzato è quello di Robertson 2010 (il metodo di Boulanger & Idriss 2014 è stato escluso perché per essere utilizzato coerentemente con quanto previsto dagli autori dovrebbe essere accompagnato da analisi granulometriche dei sedimenti sabbiosi per il calcolo del fattore di correzione per il contenuto in fine  $C_{FC}$ , che non sono disponibili per questo studio).
- La profondità della superficie di falda freatica è stata assunta in tutte le verticali cautelativamente a quota -1,0m dal p.c..
- La magnitudo momento  $M_w$  di riferimento per condurre le analisi della liquefazione è stata scelta in base a quanto emerso dagli studi di micro zonazione sismica di II livello, ed è stato utilizzato conservativamente il valore di 6,14 per tutto il territorio comunale, anche se per la zona verso Migliaro e Massa Fiscaglia è di molto sovrastimato.

Si opta per adottare ufficialmente i risultati del metodo più consolidato e condiviso a livello internazionale, ovvero il metodo ROBERTSON (2010), che è una evoluzione del metodo NCEER.

- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, October, pp 817-833

- Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, *Symposium in honor of professor I. M. Idriss*, SAN diego, CA



Dopo aver condotto i calcoli delle curve di CSR e di CRR, si sono stimati gli indici del potenziale di liquefazione, IPL, che è utilizzato nella pianificazione territoriale per valutare le differenze di effetto di sito atteso nel territorio e per fare una sorta di graduatoria di penalizzazione.

### Liquefaction Potential Index (LPI) calculation procedure

Calculation of the Liquefaction Potential Index (LPI) is used to interpret the liquefaction assessment calculations in terms of severity over depth. The calculation procedure is based on the methodology developed by Iwasaki (1982) and is adopted by AFPS.

To estimate the severity of liquefaction extent at a given site, LPI is calculated based on the following equation:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times dz$$

where:

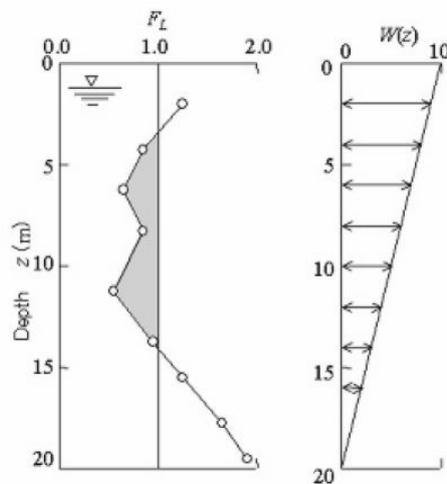
$F_L = 1 - F.S.$  when F.S. less than 1

$F_L = 0$  when F.S. greater than 1

$z$  depth of measurement in meters

Values of LPI range between zero (0) when no test point is characterized as liquefiable and 100 when all points are characterized as susceptible to liquefaction. Iwasaki proposed four (4) discrete categories based on the numeric value of LPI:

- LPI = 0 : Liquefaction risk is very low
- $0 < LPI \leq 5$  : Liquefaction risk is low
- $5 < LPI \leq 15$  : Liquefaction risk is high
- $LPI > 15$  : Liquefaction risk is very high

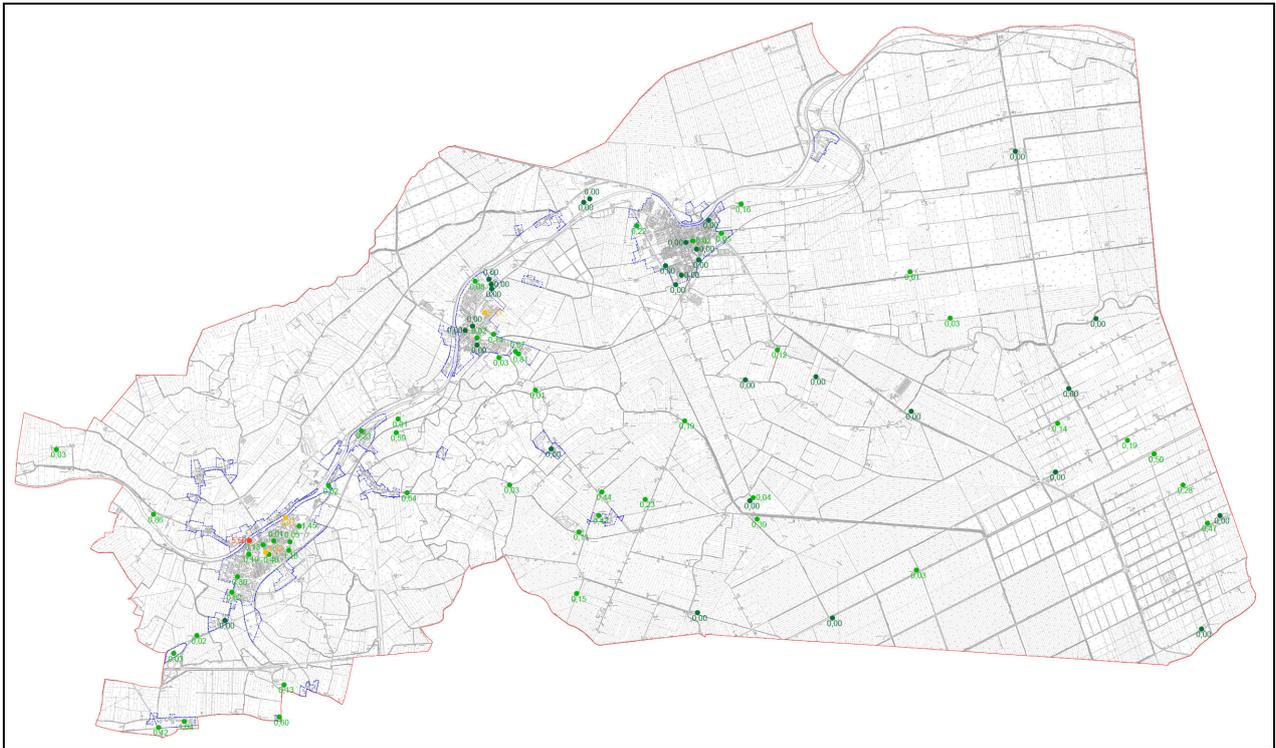


Graphical presentation of the LPI calculation procedure

PROVA	ACC	IPL	depth (m)	PROVA	ACC	IPL	depth (m)
<b>MIGLIARINO</b>	<b>file 1</b>			U122-22	0,14	0,11	
U181-21	0,16	0,03		U53-17_MZ6	0,14	0,43	20 m
U62-14	0,16	0,86		U104-16	0,14	0,14	10 m
U53-17_MZ2	0,16	0,03	20m	U13-12	0,14	0,00	20 m
U128-22_1	0,16	0,00		U29-12	0,14	0,00	
U100-21	0,16	0,02		<b>ZONA SUD</b>	<b>file 5</b>		
U14-14	0,16	0,30		U100-16	0,14	0,19	
U53-17_MZ3	0,16	0,19	20m	U67-20	0,14	0,04	11m
U53-17_MZ4	0,16	0,05	20m	U151-13	0,14	0,39	
U53-17_MZ5	0,16	1,18	20m	U126-21	0,14	0,00	
U81-13_1	0,16	4,07		<b>MASSA</b>	<b>file 6</b>		
U81-13_2	0,16	5,50		U64-21	0,13	0,00	10m
U26-22	0,16	0,01		U150-13	0,13	0,00	
U17-17	0,16	0,13		U15-21	0,13	0,22	
U84-16_1	0,16	4,42		U32-21	0,13	0,00	
U84-16_2	0,16	0,40	20m	U98-22	0,13	0,05	
U46-13	0,16	1,45		U80-13	0,13	0,00	
<b>ZONA ASILO</b>	<b>file 2</b>			U46-14	0,13	0,00	
U69-18	0,17	0,42		U53-17_MZ8	0,13	0,02	20m
U107-20	0,17	1,04		U53-17_MZ9	0,13	0,00	20m
U53-17_MZ1	0,17	0,60	20m	U77-17_1	0,13	0,00	
<b>ZONA intermedia</b>	<b>file 3</b>			U107-16	0,13	0,00	
U24-22	0,15	0,02		U53-17_MZ10	0,13	0,00	
U01-15	0,15	0,23		U119-21	0,13	0,00	
U10-16	0,15	0,64		U119-22_1	0,13	0,12	
<b>MIGLIARO</b>	<b>file 4</b>			<b>EST E SUD EST</b>	<b>file 7</b>		
U94-16_1	0,14	0,00		U125-13	0,13	0,00	
U24-22	0,14	0,01		U188-21	0,13	0,14	
U30-18	0,14	0,00		U45-20	0,13	0,19	6m
U44-19	0,14	0,00	20m	U34-17_1	0,13	0,50	
U53-17_MZ11	0,14	0,00	20m	U106-14	0,13	0,28	
U27-15	0,14	2,11	15 m	U03-18	0,13	0,00	15m
U55-20	0,14	0,02		U140-22	0,13	0,47	
U53-17_MZ7	0,14	0,08					
U105-22_3	0,14	0,00					
U82-13	0,14	0,07					
U14-22	0,14	1,81					
U27-21	0,14	0,01					
<b>regione</b>					<b>FILE 9</b>		
204040U518	0,16	0,02		205010U509	0,13	0,14	
204040U507	0,17	0,13		205010U514	0,13	0,03	
204040U502	0,15	0,01		187130U509	0,13	0,01	
204040U517X	0,15	0,59		205010U503	0,13	0,05	
	<b>file 8</b>			205010U506	0,13	0,00	
204040U503	0,14	0,03		205010U511	0,13	0,00	
204040U513	0,14	0,03		205020U501	0,13	0,00	
204040U516	0,14	0,44		205010U507	0,13	0,00	
205010U504	0,14	0,23					
204040U509	0,14	0,15		205010U513	0,13	0,00	
205010U508	0,14	0,00		205020U516	0,13	0,00	
187130U508	0,13	0,16					
187130U509	0,13	0,01					
205010U503	0,13	0,05					
205010U515	0,13	0,00					
205010U502	0,13	0,00					
205010U505	0,13	0,00					

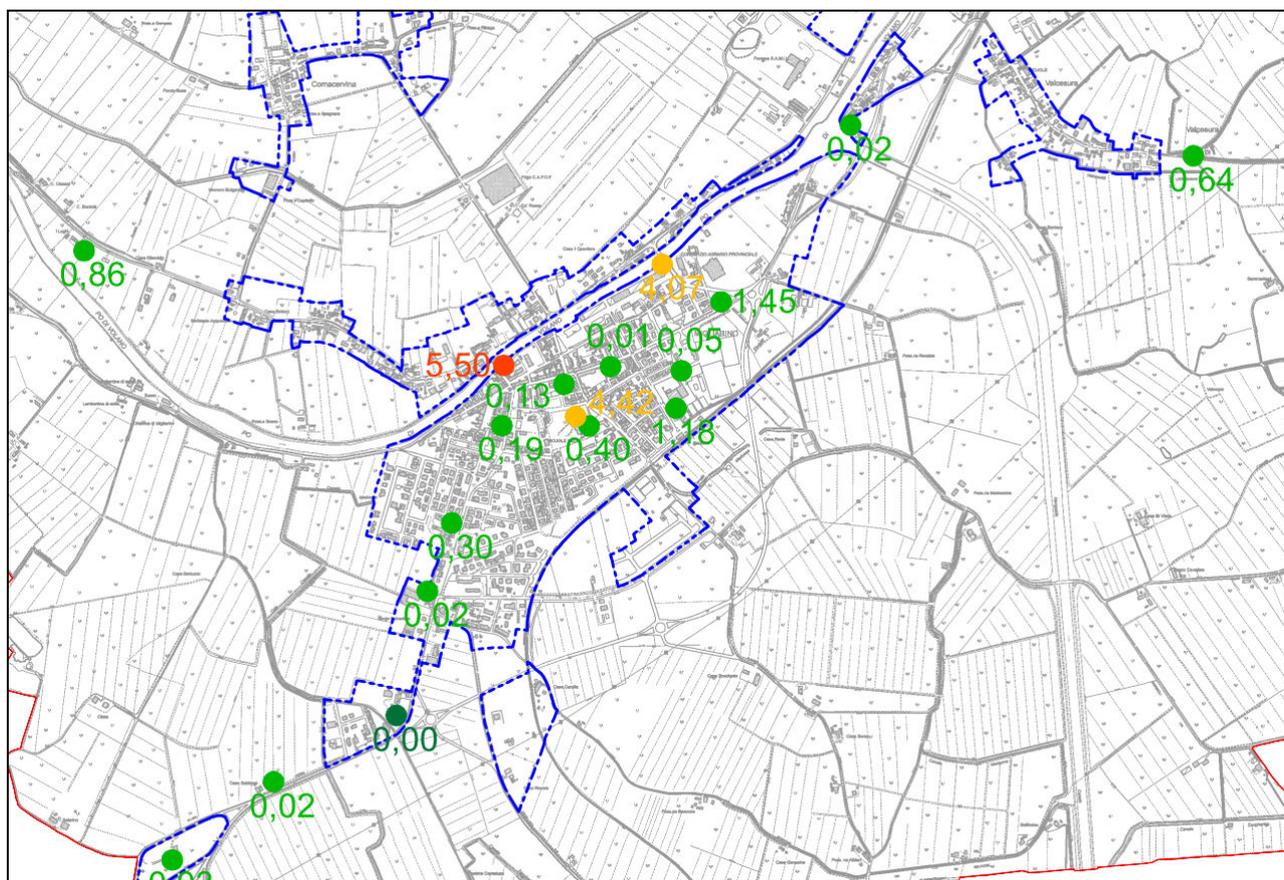
**TABELLA 5.1** – sintesi dei calcoli di IPL per ogni singola prova CPTU elaborata

Condotta l'analisi si è disegnata la carta degli IPL.



**FIGURA 5.3** – Carta degli IPL (*indice potenziale di liquefazione*)

In **FIGURA 5.4.** si riporta lo stralcio zoomato di Migliarino.



**FIGURA 5.4**– Stralcio zoomato della carta degli IPL

Sostanzialmente si può affermare che in tutto il territorio non vi siano problematiche particolari legate alla liquefazione delle sabbie per eventi con tempo di ritorno di 475 anni, che sono quelli convenzionali per gli studi di microzonazione sismica.

Sono emerse solo alcune situazioni puntuali in prossimità della sponda del Po di Volano, probabilmente legato allo stato sciolto delle sabbie in sponda.

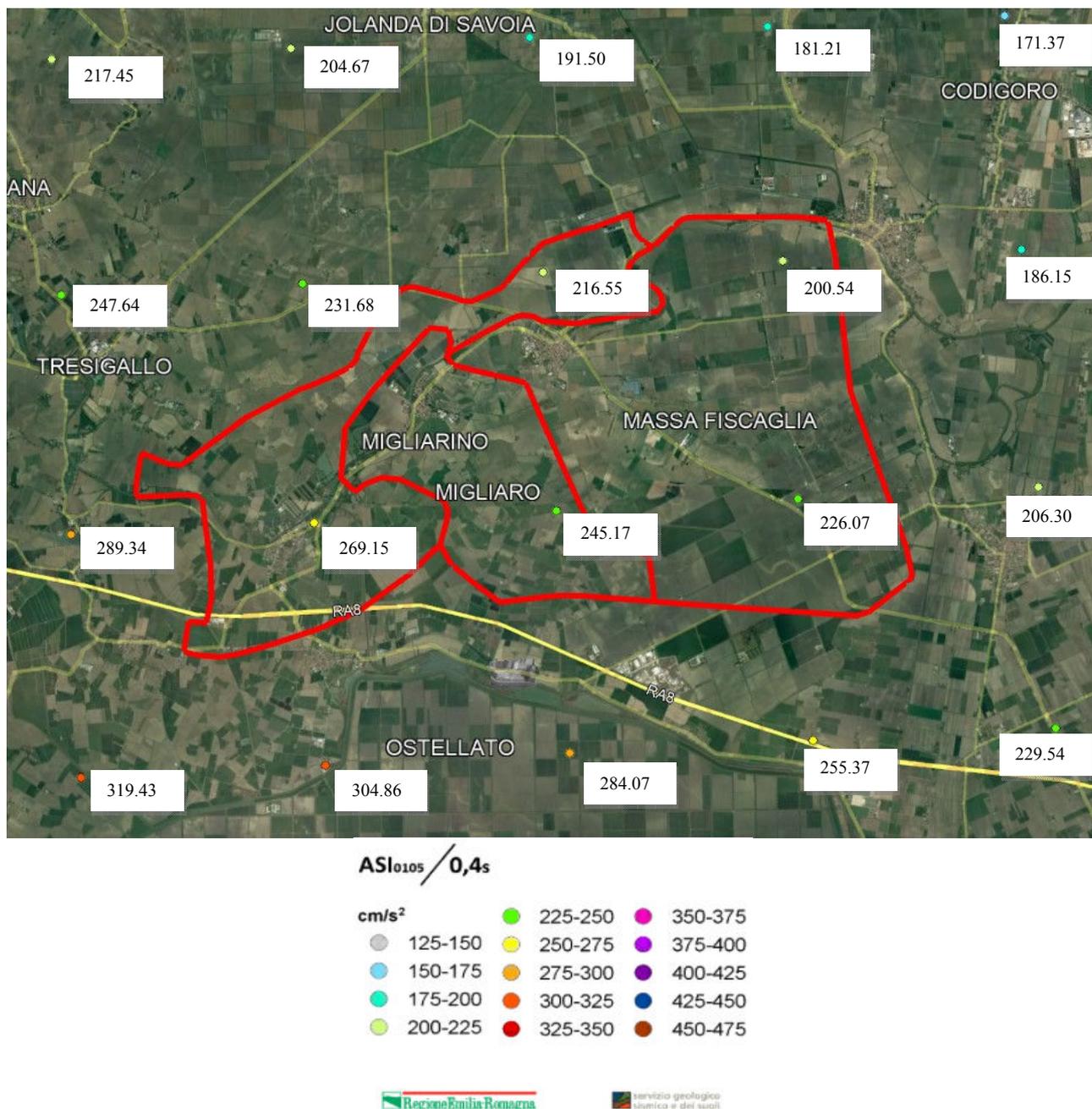
Per il resto non vi sono limitazioni particolari sul territorio.

### **5.2.2. Carta della Distribuzione degli Hsm**

Per il II livello di approfondimento viene richiesto dalle attuali normative regionali anche la carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s<sup>2</sup>), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI<sub>UHS</sub>), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s ≤ T ≤ 0,5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI<sub>UHS</sub>/ΔT, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nella **FIGURA 5.5**.

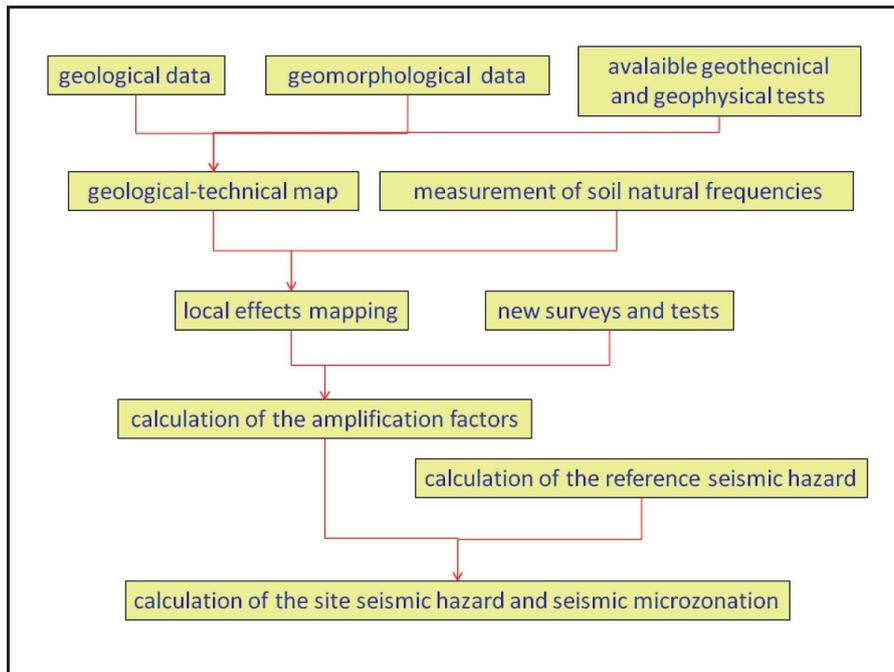


**FIGURA 5.5** - distribuzione dei valori  $ASI_{0,10,5}/0,4sec$ , espressi in  $cm/sec^2$ .

Le mappe di microzonazione sismica rappresentano il rischio sismico locale attraverso fattori di amplificazione, vale a dire valori relativi, e le mappe di rischio sismico di riferimento non considerano gli effetti locali che possono derivare da condizioni geologiche e morfologiche locali. Per l'implementazione di politiche per ridurre il rischio sismico, le autorità responsabili della gestione del territorio hanno bisogno di mappe realistiche di pericolosità sismica comparabili su scala nazionale.

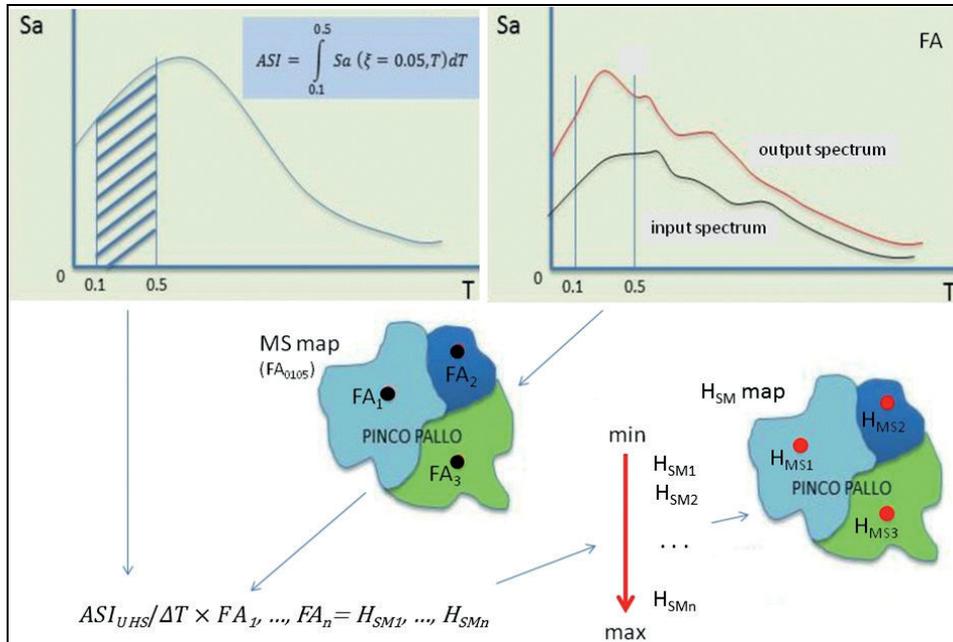
Grazie ai dati disponibili sulla geologia e al rischio sismico e alle procedure indicate dalle linee guida regionali e nazionali, è possibile produrre, in modo rapido ed economico, mappe del rischio sismico del sito su qualsiasi scala. L'uso del parametro  $H_{SM}$  per questa mappatura consente di considerare sia il rischio sismico di riferimento sia gli effetti locali e rende i risultati finali comparabili su scala nazionale; pertanto, consente una classificazione realistica del pericolo sismico applicabile a tutte le scale.

In **FIGURA 5.6**, si riporta lo schema per la mappatura del rischio sismico del sito secondo le linee guida italiane per la microzonazione sismica (SM Working Gruppo, 2015; CTMS, 2017c), adottato nella DGR 630/2019.



**FIGURA 5.6** - Schema per la mappatura del rischio sismico del sito secondo le linee guida italiane per la microzonazione sismica (SM Working Gruppo, 2015; CTMS, 2017c)

Con l'introduzione del parametro  $H_{SM}$  si è scelto di sviluppare mappe che tenessero in conto del rischio sismico derivato dalla interazione tra il moto sismico e la presenza di edifici con determinati modo di vibrare. Si è scelto l'intervallo compreso tra 0,1sec e 0,5sec in quanto è stato calcolato essere il più significativo possibile per la realtà edilizia della Regione Emilia Romagna (**FIGURA 5.7**).



**FIGURA 5.7** - Schema per il calcolo del parametro HSM e mappatura HSM

Di seguito, in **Tabella 5.2**, si riporta il risultato del calcolo degli IPL per ogni singola prova analizzata.

ASI <sub>UHS</sub> /ΔT	F.A.	Hsm (cm/sec <sup>2</sup> )	Hsm (g)
217,45	1,3	282,69	0,288
204,67	1,3	266,07	0,271
191,5	1,3	248,95	0,254
181,21	1,3	235,57	0,240
171,37	1,3	222,78	0,227
247,64	1,3	321,93	0,328
231,68	1,3	301,18	0,307
216,55	1,3	281,52	0,287
200,54	1,3	260,70	0,266
186,15	1,3	242,00	0,247
289,34	1,3	376,14	0,383
269,15	1,3	349,90	0,357
245,17	1,3	318,72	0,325
226,07	1,3	293,89	0,300
206,3	1,3	268,19	0,273
319,43	1,3	415,26	0,423
304,86	1,3	396,32	0,404
284,07	1,3	369,29	0,376
255,37	1,3	331,98	0,338
229,54	1,3	298,40	0,304

**Tabella 5.2** – calcolo degli Hsm espressi in cm/sec<sup>2</sup> ed in g

Non ci sono sulla normativa regionale delle classi di rischio in cui suddividere il territorio. Una ipotesi è stata proposta da Naso et Alii (giugno 2019):

"Il parametro H<sub>SM</sub> può essere discretizzato in classi in modo semiquantitativo, relativo al livello di squotimento, il potenziale danno agli edifici e l'intensità strumentale. Le possibili soglie delle classi per i valori H<sub>SM</sub> proposti da Naso et Alii (2019) possono variare da "basso-molto basso", "moderato-basso", Pericolo sismico da "moderato", "alto", a "molto alto". In **Tabella 5.3** si riporta la recente proposta di classificazione.

seismic hazard	low-very low	moderate-low	moderate	high	very high
$H_{SM}$ (cm/s <sup>2</sup> )	≤ 180	180 < $H_{SM}$ ≤ 340	340 < $H_{SM}$ ≤ 650	650 < $H_{SM}$ ≤ 1240	> 1240
potential damage	none - very light	very light - moderate	moderate - heavy	heavy	very heavy
instrumental intensity	≤ VI	VII	VIII	IX	≥ X

**Tabella 5.3**

Come visibile in **FIGURA 5.8**, nel territorio comunale di Fiscaglia la maggior parte del territorio ricade nella fascia che appartiene al rischio "moderato-basso", solo la parte più occidentale, corrispondente a Migliarino appartiene alla fascia di rischio "moderato".



**FIGURA 5.8** - distribuzione dei valori  $H_{SM(0,1-0,5sec)}$  espressi in  $cm/sec^2$ .

Al fine di ricondurre l'insieme delle microzone sismiche ad ambiti omogenei di comportamento sismico e, quindi, al fine di favorire anche il processo di definizione delle strategie e delle modalità di mitigazione del rischio, si è ritenuto opportuno stabilire delle classi di valori di  $H_{SM}$ , da attribuire alle microzone stesse.

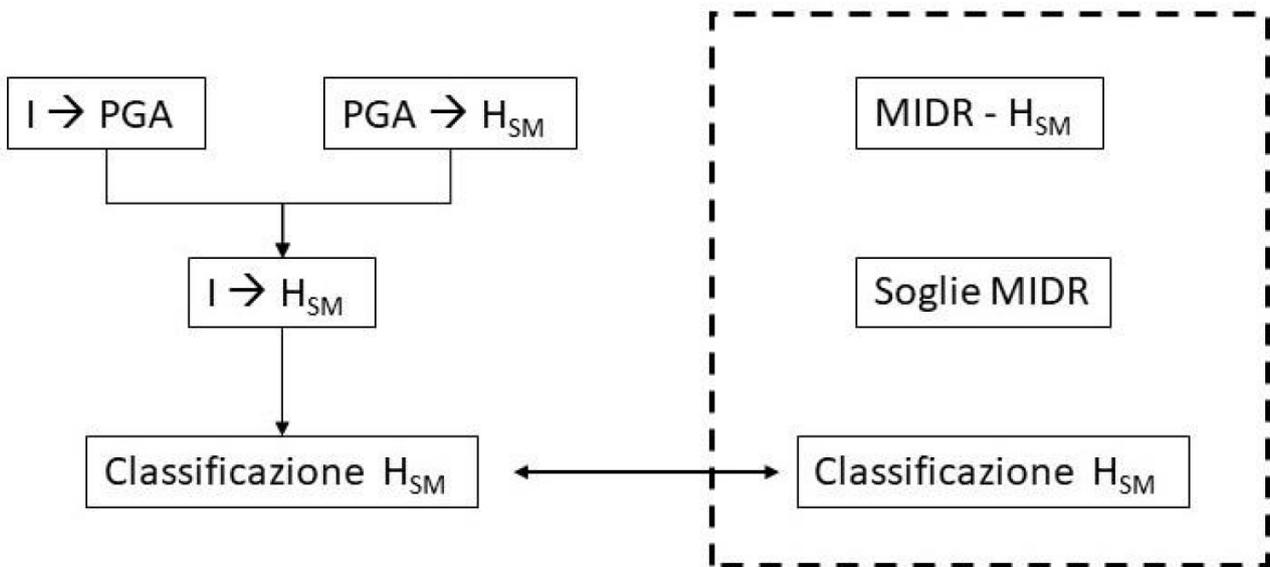
Le classi proposte si basano su scale di intensità macrosismica, MCS (Sieberg, 1930) ed EMS-98 (Grunthal, 1998), costruite su ipotesi di ingegneria delle strutture e collegate al danno degli edifici, che si adattano bene allo scopo di utilizzo del parametro  $H_{SM}$  come indicatore di pericolosità sismica per fini urbanistici.

Non esistendo una relazione diretta tra le scale macrosismiche e  $H_{SM}$ , si è deciso di utilizzare la Peak Ground Acceleration (PGA) come parametro di collegamento. I dati sperimentali utilizzati per validare la proposta di classificazione di  $H_{SM}$  sono anch'essi legati al danno degli edifici; questo rafforza la scelta di utilizzare le scale macrosismiche come riferimento per costruire le classi.

La **FIGURA 5.9** mostra un diagramma di flusso che descrive la metodologia di definizione e di validazione delle classi  $H_{SM}$ .

La definizione è basata su relazioni di letteratura tra la scala di Intensità macrosismica MCS (Sieberg, 1930) e la PGA e su una relazione tra PGA e  $H_{SM}$ , costruita ad hoc. La procedura di validazione si basa invece su dati sperimentali di risposta sismica di edifici durante eventi reali. Elaborando tali dati sono state ottenute relazioni empiriche tra  $H_{SM}$  e la misura sperimentale di un parametro di danno fisico (spostamento di interpiano, MIDR) che sono state infine utilizzate per calibrare e convalidare i valori delle soglie delle classi.

In Mori et al. (2020) è riportata la metodologia di dettaglio della costruzione delle classi.



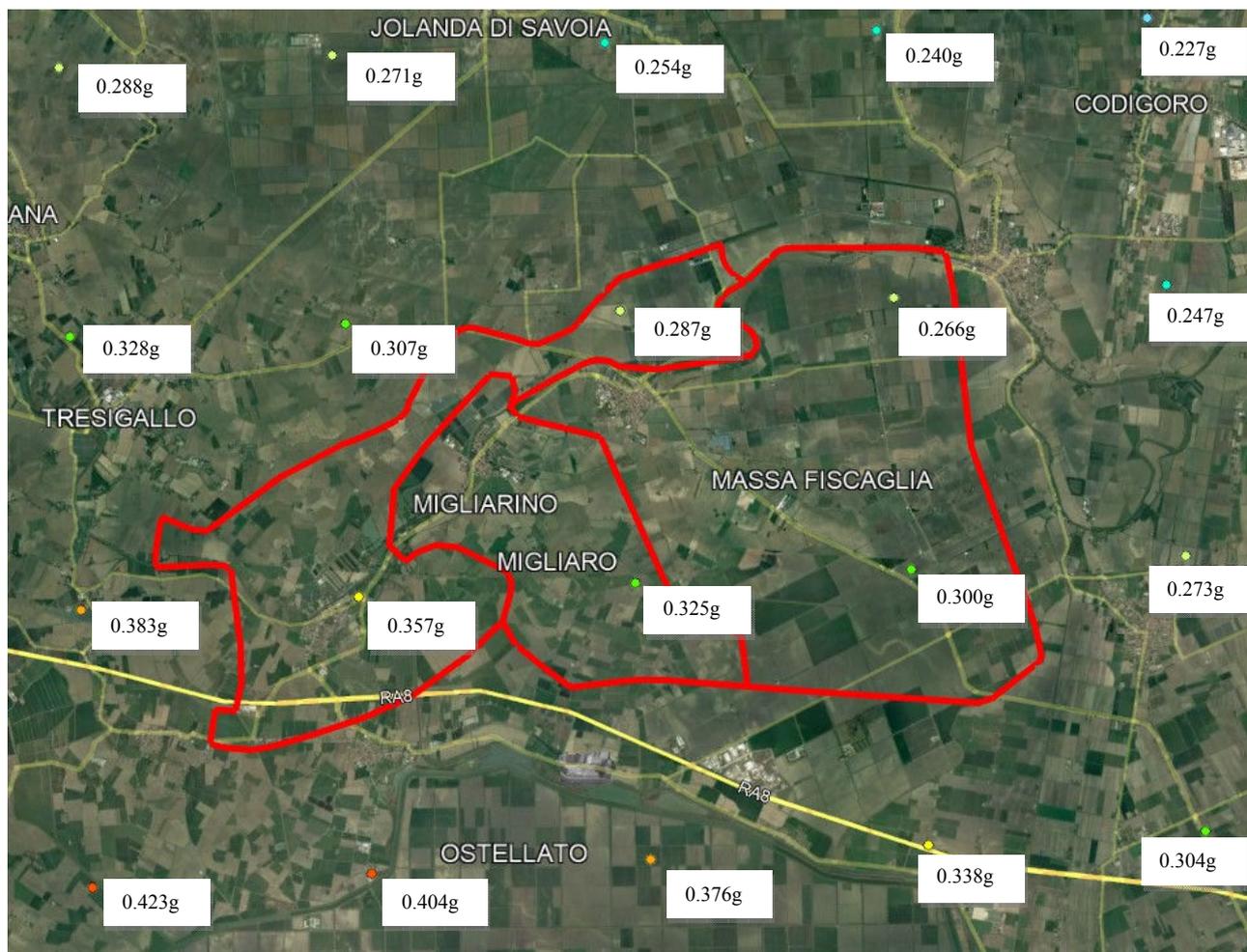
**FIGURA 5.9** - Metodologia di definizione delle soglie delle classi di  $H_{SM}$  e validazione

In **Tabella 5.4** è riportata la classificazione di  $H_{SM}$  (g).

Intervalli di periodo	Classificazione $H_{SM}$ [g]			
	Basso ( $ZS_{4SM}$ )	Medio ( $ZS_{3SM}$ )	Alto ( $ZS_{2SM}$ )	Molto alto ( $ZS_{1SM}$ )
$T1_{(0.1-0.5)}$	$\leq 0.21$	0.22-0.54	0.55-0.85	$\geq 0.86$

**Tabella 5.4** - Classificazione di  $H_{SM}$  (g) per i 3 intervalli di periodo.

In **FIGURA 5.10** si riporta una immagine satellitare con i valori della griglia  $H_{SM}$  espressi in g per il territorio comunale di Fiscaglia, in cui è possibile notare che i valori di  $H_{SM}$  (g) vanno da 0,26g a nord est del comune a 0,38g a sud ovest del territorio comunale.



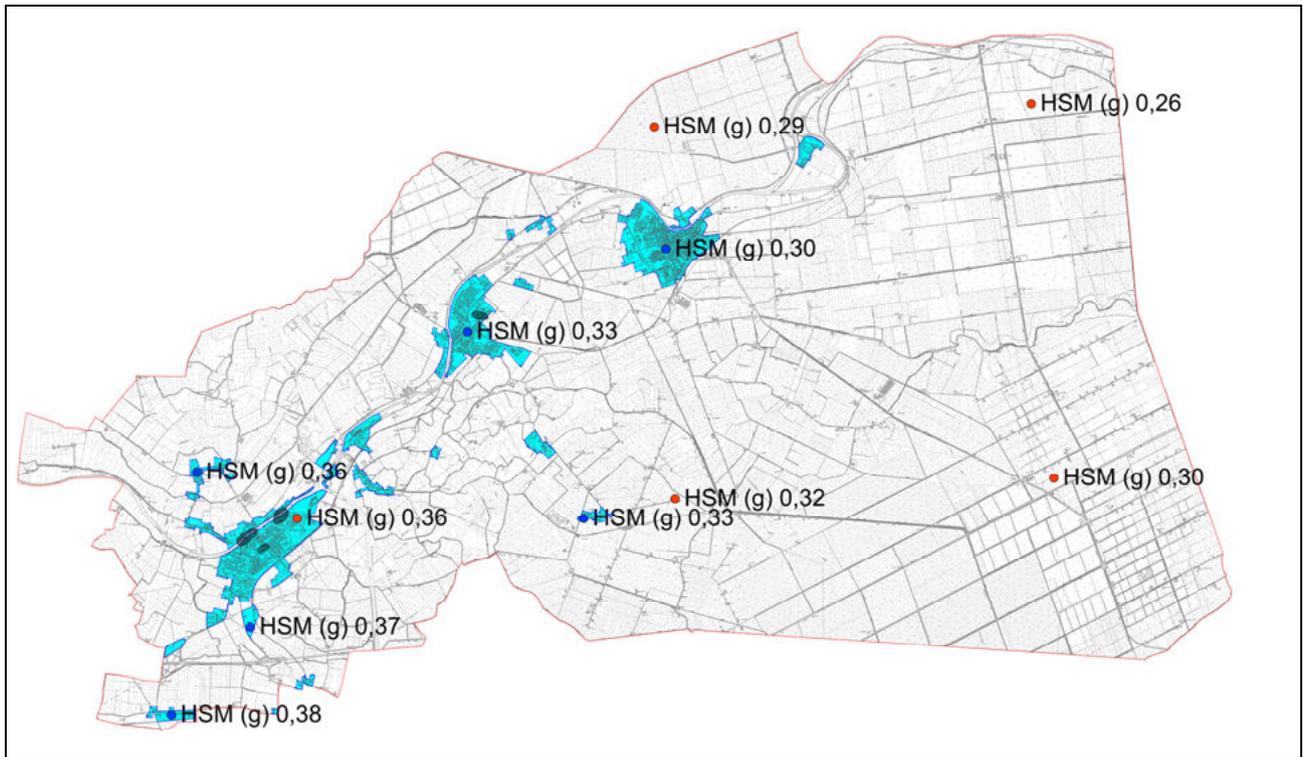
**FIGURA 5.10** - distribuzione dei valori  $H_{SM(0,1-0,5sec)}$  espressi in g

Anche con questa classificazione, riportata in **Tabella 5.5**, il rischio sismico per strutture che hanno periodi compresi tra 0,1sec e 0,5sec è dunque **“medio”**. Per convenzione nella microzonazione sismica si studiano edifici con periodo compreso tra 0,1sec e 0,5sec.

Intervalli di periodo	Classificazione $H_{SM}[g]$			
	Basso ( $ZS_{4SM}$ )	Medio ( $ZS_{3SM}$ )	Alto ( $ZS_{2SM}$ )	Molto alto ( $ZS_{1SM}$ )
$T_{1(0.1-0.5)}$	$\leq 0.21$	0.22-0.54	0.55-0.85	$\geq 0.86$

**Tabella 5.5** - Classificazione di  $H_{SM}(g)$  per il comune di Fiscaglia

In **FIGURA 5.11** si riporta carta della distribuzione degli HSM espressi in g e la relativa legenda per il territorio comunale di Fiscaglia, in cui è possibile notare che tutto il territorio comunale ricade nell'intervallo 0,26g - 0,38g.



**FIGURA 5.11** – Carta della distribuzione degli Hsm per i comune di Fiscaglia

## 6. PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

I territori comunali di Fiscaglia non presentano problematiche particolari per cui occorra prevedere nel PUG interventi per la sicurezza del territorio.

Si sottolinea come il Po di Volano sia di fatto l'unico elemento di potenziale rischio, in modo particolare per le grandi aree golenali in cui si è sviluppato il tessuto urbano di Migliarino, Migliaro e Massa Fiscaglia. La condizione pensile tra l'altro, stabilisce le condizioni di alta energia potenziale delle acque sulle basse campagne circostanti.

All'Agenzia per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile compete la valutazione se sono necessari interventi strutturali o meno per garantire la sicurezza idraulica, per lo meno da eventi con tempo di ritorno  $T < 200$  anni.

Nel Po di Volano vari impianti idrovori riversano le proprie acque; nel ferrarese, a monte del sostegno di Tieni, si annoverano l'Idroforo Betto, l'Idroforo Sant'Antonino, l'Idroforo Baura e l'Idroforo Mazzorre. La capacità di recepire le acque scolanti dipende anche dalle condizioni del canale Po di Volano a valle del sostegno di Tieni dove riversano le proprie acque di scolo l'idroforo Malcantone e soprattutto gli idrovori di Codigoro. Il tratto terminale del Po di Volano è strettamente dipendente poi dal livello del mare, che può diventare un serio ostacolo al deflusso delle acque per gravità.

Per quanto riguarda il sistema della Bonifica sarà il Consorzio di Bonifica di Pianura di Ferrara ad evidenziare la presenza di vulnerabilità tali da richiedere interventi strutturali per gli estesi terreni bonificati presenti nel territorio comunale.

Un'area di bonifica richiede sempre manutenzione, e per quanto lenti, i cambiamenti morfologici del territorio possono richiedere adeguamento delle infrastrutture della bonifica (per esempio, a causa della subsidenza differenziata possono cambiare i gradienti delle pendenze dei canali fino anche ad invertirsi).

Per quanto riguarda le aree urbanizzate è il C.A.D.F. Spa che si prende in carico la gestione del deflusso delle acque meteoriche. Diverse criticità sono state affrontate e risolte in questi ultimi anni.

Ci si sofferma sul fatto che il territorio lo si è sempre e solo considerato come vulnerabile alle alluvioni, per gli eventi che possono portare acque in eccesso rispetto a quanto il sistema idraulico artificiale è in grado di smaltire ed allontanare in mare.

In questi ultimissimi anni stiamo invece combattendo con eventi estremi opposti, ovvero la penuria di acqua.

Il comune di Fiscaglia, come tutti i comuni del basso ferrarese, è alla fine del grande bacino idrografico del fiume Po. Le acque che scendono da monte del bacino padano sono quelle che poi transitano nei nostri canali irrigui per poi tornare a mare attraverso il sollevamento forzato delle idrovore.

In caso di siccità si è visto che anche il basso ferrarese rischia la sofferenza.

Occorre dunque riflettere sulla nuova filosofia di condotta da adottare nella gestione delle acque dolci, così preziose.

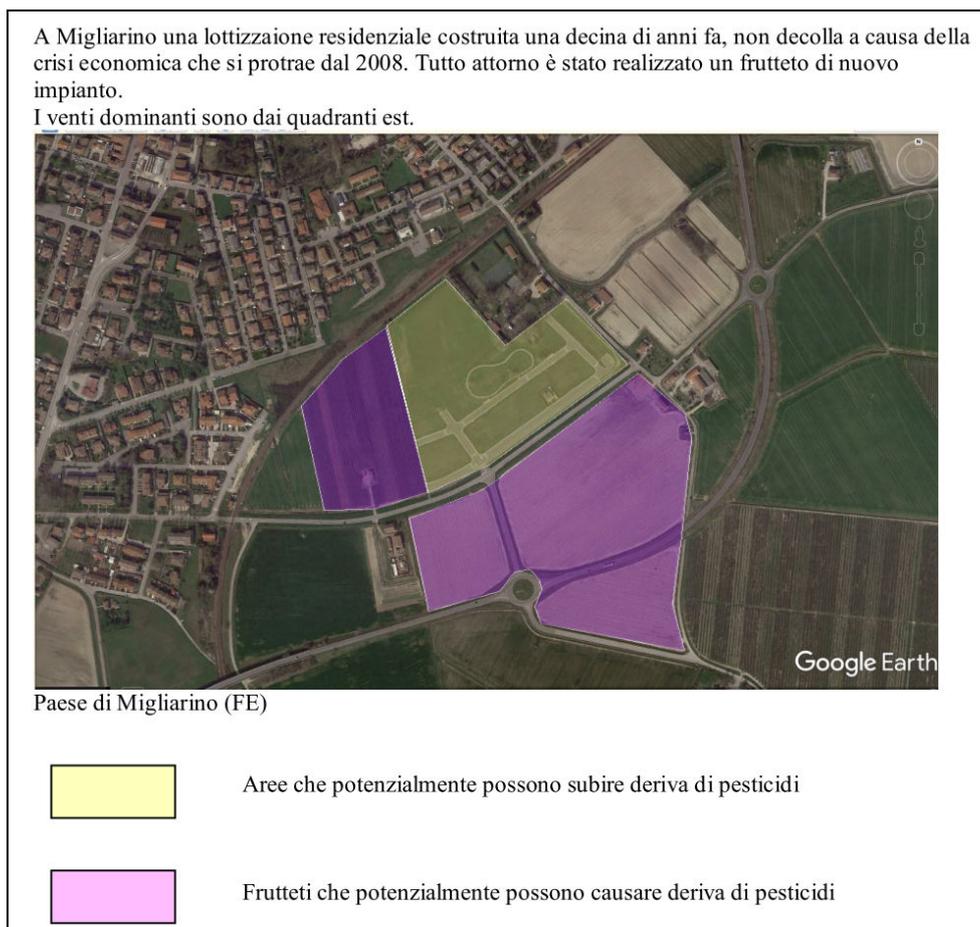
Abbiamo sempre dovuto combattere con gli eccessi di acqua, organizzandoci con sistemi scolanti che facessero presto a riversare le acque in idrovie verso il mare. Ora è il caso di riflettere se non sia il caso di favorire a volte anche la permanenza delle acque dolci nei nostri canali (o in bacini appositamente costruiti) al fine di dare il tempo alle acque di alimentare la prima falda freatica, poiché altrimenti si rischia la salinizzazione per ingressione delle acque salate nel primo acquifero. Si valuti che già gli acquiferi più profondi sono decisamente salmastri o salati.

Sostanzialmente si può affermare che non ci sono vulnerabilità particolarmente conclamate, e probabilmente nel territorio del basso ferrarese ci sono altre priorità per la messa in sicurezza del territorio. L'importante è che venga garantita sempre l'efficienza del sistema di bonifica e l'efficienza del sistema arginale del Po di Volano e del Canale Navigabile.

Dal punto di vista sismico, pur non essendo attesi terremoti importanti in questo comune, è bene che il fattore rischio sismico sia abbattuto con idonei interventi di adeguamento sismico per resistere ai terremoti di progetto, sia nell'esistente che nelle nuove costruzioni.

Gli impatti dell'agricoltura sui centri abitati e sulle case, così come previsto dalla DGR 541/2016, andrebbero valutati in sede di PUG, in quanto non deve accadere che ci sia deriva di pesticidi dai campi agricoli verso le abitazioni. Si prende ad esempio concludendo il caso di Migliarino ove un frutteto di recente impianto è stato allestito attorno ad una lottizzazione residenziale. I trattamenti verticali nei frutteti sono circa una quarantina all'anno e con i venti dominanti da est è pressoché impossibile non avere deriva nell'area urbanizzata.

Questo esempio deve aiutare a comprendere, che per evitare conflittualità sociale, occorre creare dei meccanismi di tutela che provengano da valutazioni urbanistiche di vera tutela del territorio e della salute umana.



Codigoro, li 17/03/2023

Dott. Geol. Thomas Veronese

Thomas Veronese



## ***Bibliografia***

**AGIP s.p.A.** (1972) – *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Palombi, Roma, pp.914.

**AGIP S.p.A.**(1994) – *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Graf 3, Roma, pp. 515.

**ANTONIOLI F. & LEONI G.** (2007) - *Mappa Nazionale delle aree a rischio di allagamento da parte del mare*. Dossier ENEA per lo studio dei cambiamenti climatici e loro effetti. RT ENEA, 83pp.

**ANTONIOLI F. & SILENZI S.** (2007) - *Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane*. Quaderni della Società Geologica Italiana n° 2, Ottobre 2007.

**BONDESAN M. SIMEONI U.** (1983) – *Dinamica e analisi morfologica statistica dei litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta*. Memorie di Scienze Geologiche, Padova, XXXVI: 1-48.

**BONDESAN M., GARGINI A., GIOVANNINI A., MASÈ G.** (2000) - *Bilancio idrogeologico e salinizzazione della falda freatica in zone al di sotto del livello del mare: il caso del delta del Po*. Atti del Convegno "Conoscenza e Salvaguardia delle Aree di Pianura: il Contributo delle Scienze della Terra", 8-11 Novembre 1999, Bologna, Italia, pp.188-189.

**CIABATTI M.** (1966) – *Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano*. Giornale di Geologia, XXXIV, fascicolo II: 1-27.

**CIAVOLA P., GONELLA M., TESSARI U., ZAMARIOLO A.** (2000) – *Contributo alla conoscenza del clima meteomarinario della Sacca di Goro: misure correntometriche e mareografiche*. Da Studi Costieri – Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. La Sacca di Goro, a cura di U. Simeoni N. 2-, pag. 153-157

**DAL CIN R.** (1983) – *I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura*. Bollettino Società Geologica Italiana, 102: 9-56.

**DAL CIN R.** (1994) - *Lo scannone di Goro nel Delta del Po: evoluzione morfologica e possibili interventi per conservare l'ambiente della laguna retrostante*. In: Bencivelli S., Castaldi N. & Finessi D. (a cura di ) *Sacca di Goro: Studio integrato sull'ecologia in relazione ai problemi dell'inquinamento, della conservazione e dello sviluppo – 2° anno di ricerche*, Franco Angeli Ed., Provincia di Ferrara, pp. 291-303.

**DEL GRANDE C., TESSARI U.** (2000) – *Evoluzione dell'area di foce del Po di Goro*. Da Studi Costieri – Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. La Sacca di Goro, a cura di U. Simeoni N. 2-, pag. 22-23.

**DI DIO G. & CAPORALE L.** (1998) – *Un modello fisico tridimensionale della conoide alluvionale del Fiume Reno per la gestione degli acquiferi e lo studio della subsidenza*. In: Brighenti G. & Mesini E. (a cura di ), *Problemi di Geoingegneria: estrazione di fluidi e subsidenza*, GEOfluid'98, GEO-GRAPH, Segrate (MI): 67-76.

**GABBIANELLI G., DEL GRANDE C., SIMEONI U., ZAMARIOLO A., CALDERONI G.** (2000) – *Evoluzione dell'area di Goro negli ultimi cinque secoli (Delta del Po)*. Da Studi Costieri – Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. La Sacca di Goro, a cura di U. Simeoni N. 2-, pag. 49-55.

**FETTER C.W.** (1994) – *Applied Hydrogeology*. PrenticeHall, New jersey (USA).

**IDROSER** (1983) – *Il trasporto solido fluviale nei bacini tributari dell'Adriatico*. Regione Emilia Romagna, Piano progettuale per la difesa della costa Emiliano-Romagnola. Regione Emilia Romagna, Bologna. pp. 429.

**IDROSER** (1994) - *Piano progettuale per la difesa della costa Adriatica, Emiliana Romagnola*. Relazione generale, Regione Emilia Romagna, Bologna. 276 pp.

**LAMBERTI P.** (1998) – *Opere di somma urgenza per la movimentazione naturale delle acque all'interno della Sacca di Goro*. Progetto esecutivo: relazione idraulica. Amm. Provinciale di Ferrara.

**MAESTRI D.** (1981) – *Goro e il Delta del Po*. Ist. Fondam. Architettura, univ. Di roma. Tip. Domograf, Roma, pp.444

**MOLINARI F. C.** (2007) - *Elaborazioni piezometriche*. Parte Prima: Risorse idriche sotterranee della Provincia di Ferrara. Ferrara terra e acqua.

**MOLINARI F. & BOLDRINI G.** (2007) – *Gli acquiferi della Provincia di Ferrara*. Parte Prima: Risorse idriche sotterranee della Provincia di Ferrara. Ferrara terra e acqua.

**PIERI M. & GROPPI G.**, (1981) – *Subsurface geological structure of the Po plain, Italy*. C.N.R. Pubbl. 414 Progetto Finalizzato Geodinamica, 13 pp.

**PRETI M.** (2000) - *Eustatismo, subsidenza e linee di intervento per la difesa del territorio costiero in Emilia – Romagna*. Mare e cambiamenti globali – pp. 167-179, ©2000 ICRAM.

**ROVERSI R.** (1990) – *Il rapporto fra terre ed acque nell'ultimo secolo*. Estratto da Il parco del delta del Po, studi ed immagini. Vol. l'ambiente come risorsa pp.64-72. Spazio Libri Editori, Ferrara.

**SELLI R.** (1949) – *Le conoscenze geologiche sul quaternario gassifero del polesine e del ferrarese settentrionale*. Estratto dagli atti del convegno nazionale per il metano, Padova 14-16 giugno. Succ. Penada Stampatori, Padova. pp 26.

**SELLI R.** (1967) – *The Pliocene-Pleistocene boundary in italian marine sections and its relationship to continental stratigraphies*. In “Progress in oceanography” (volume 4). Pergamon Press – Oxford & New York. pp. 43-44.

**SELLI R. & CIABATTI M.**, (1977) – *L'abbassamento del suolo della zona litoranea ravennate*. Giornale di Geologia, 42 (1), 1-47.

**SIMEONI U., BONDESAN M.** (1997) – *The role and the responsabilità of man in the evolution of the Adriatic alluvial coasts of Italy*. In: F. Briand and A. Maldonado (Eds.), Transformations and evolution of the Mediterranean coastline. Commission Internazionale pour l'Exploration Scientifique de la mer Mediterranee (CIESM), 18, Science Series n°3. pp. 111-132.

**SIMEONI U., BORGHESI A., CALDERONI G., CIAVOLA P., FONTOLAN G., GATTI M., GONELLA M., TESSARI U., ZAMARIOLO A.** (1998) – *Analisi revisionale dell'evoluzione dello Scanno e della Sacca di Goro*. Relazione Finale. R.E.R., Ass. Agricoltura, Servizio Sviluppo Agro-Alimentare, Bologna. pp 273.

**SIMEONI U., DAL CIN R. FONTOLAN G., TESSARI U.** (2000) - *Morfogenesi ed evoluzione dello Scanno di Goro (Delta del Po)*. Da Studi Costieri – Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. La Sacca di Goro, a cura di U. Simeoni N. 2-, pag. 5-18

**SIMEONI U., DEL GRANDE C., GABIANELLI G.** (2003) – *Variazioni ed ipotesi evolutive dell'assetto altimetrico del litorale emiliano-romagnolo*. Studi Costieri,7, 81-93.

**SIMEONI U., FONTOLAN G., DAL CIN R., CALDERONI G. e ZAMARIOLO A.** (2000) – *Dinamica sedimentaria dell'area di Goro (Delta del Po)*. Da Studi Costieri – Dinamica e difesa dei litorali – Gestione integrata della fascia costiera. La Sacca di Goro, a cura di U. Simeoni N. 2-, pag. 141

<http://www.arpa.emr.it/Ingamb/>

[http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni\\_e\\_dati/dexter](http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni_e_dati/dexter)

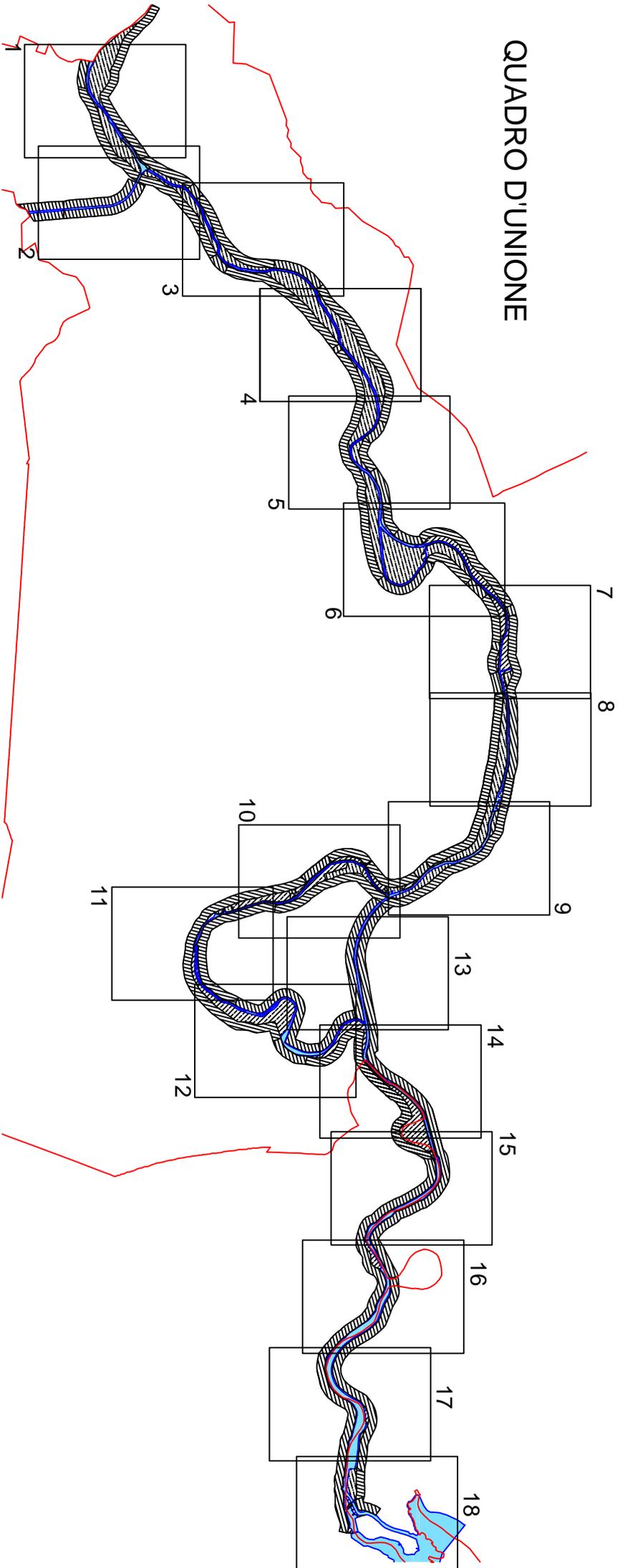
<http://rete-subsidenza-er.arpa.emr.it/retesub/subsidenza>

<http://www.cnt.ingv.it/~xoolab/contents/File/MONITORAGGIO/RETE%20SISMICA%20NAZIONALE/>

[CartaDellaSismicita/](#)

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

# QUADRO D'UNIONE



# Legenda

Rischio idraulico da allagamento fluviale - Po di Volano



Ambito della fascia A



Ambito della fascia BI (alto rischio)



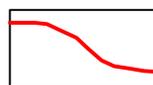
Ambito della Fascia BII (basso rischio)



Ambito della fascia C1a (alto rischio)



Ambito della fascia C1b (basso rischio)



Confini comunali

