



# **ANNUARIO 2025**

## **SOCIO-ECONOMICO FERRARESE**

### **POLITICHE URBANE**

#### **Spazio, tempo, territorio**

Ricerche, analisi, commenti su economia e società  
in provincia di Ferrara e in Area vasta

**CDS CULTURA  
EDIZIONI**

Parte terza  
Temi di piano  
per Ferrara

## Le terre e le acque si muovono

Alessandro Bondesan

### 1. L'antropizzazione del territorio ferrarese dal punto di vista del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Il territorio ferrarese è un caso unico in Italia: questa terra ha subito forti modifiche per via dell'intervento dell'uomo, che ha interagito con l'ambiente prosciugando paludi e deviando fiumi. Quasi la metà della superficie provinciale è posta ad altimetria inferiore al livello del mare e si allagherebbe in pochi giorni, se gli impianti idrovori si spegnessero. Per effettuare una così profonda serie di cambiamenti nell'ambiente, sono state necessarie grandi risorse umane e sofisticate tecnologie.

Fig. 1 - Lavori di costruzione di un canale di bonifica (1920, zona di Jolanda di Savoia).



L'evoluzione morfologica del territorio ferrarese moderno è frutto di un insieme di processi geologici, sedimentologici e climatici ai quali, in particolar modo negli ultimi secoli, si è andata a sommare l'azione modificatrice operata dall'uomo. In estrema sintesi, la linea di costa di circa seimila anni fa era ubicata almeno venti chilometri ad Ovest dall'attuale posizione. Si è



assistito nei secoli ad un progressivo avanzamento della linea e ad un innalzamento dei terreni, principalmente grazie agli apporti fluviali e all'azione del mare. Dal secondo dopoguerra, in tutta l'area costiera, si è invece registrato un generale arretramento della linea di costa, con conseguente sommersione di zone costiere. L'assetto idraulico dell'intera area è stato modificato a causa delle varie opere di bonifica che, a partire dal quindicesimo secolo, hanno prodotto fenomeni di subsidenza di entità ragguardevole: basti pensare alla riduzione di volume che subisce il terreno torboso quando ad esso viene sottratta acqua in modo permanente.

La nascita dei Consorzi di Bonifica può essere riferita simbolicamente al marzo del 1922, quando San Donà di Piave ospitò un congresso fondamentale che rappresentò l'inizio di una riforma del ruolo dell'attività di bonifica idraulica italiana. Fu dagli esiti del convegno del 1922 e, in particolare, dai contenuti della relazione di Arrigo Serpieri che sarebbe poi nata la legge unica sulla Bonifica, emanata nel febbraio 1933 (L. 215). La legge si occupava della Bonifica Integrale e fu ottenuta dopo lunghe elaborazioni legislative, iniziate nel 1882 con la Legge Baccarini sulla Bonifica Idraulica (L. 869/1882).

Dopo il congresso di San Donà, si arrivò all'adozione del Regio Decreto 30 dicembre 1923, n. 3267 (prima legge Serpieri in materia di boschi e di terreni montani) che introduceva il concetto di vincolo idrogeologico; dieci anni più tardi, venne emanata la legge n. 215 del 13 febbraio 1933, nota come "legge Serpieri sulla Bonifica Idraulica", che introdusse il concetto di bonifica integrale, conferendo ai Consorzi di Bonifica un ruolo basilare alla gestione e al miglioramento del territorio.

Il fine igienico delle opere di bonifica era propedeutico alla politica di implementazione delle vie di comunicazione italiane, in particolare quelle ferroviarie, trattate con la legge Baccarini del 29 luglio 1879, con la quale lo stato avrebbe dovuto realizzare oltre 6.000 km di strade ferrate. Le opere non potevano essere eseguite in modo efficace per via dell'alto tasso di incidenza malarica registrato fra gli operai impiegati nelle costruzioni ferroviarie. Questa fu la spinta che produsse la successiva Legge Baccarini sulla Bonifica Idraulica (L. 869/1882).

Le leggi Baccarini e Serpieri avevano garantito l'opportunità di finanziamenti pubblici per le opere di interesse comune, fra le quali le opere di bonifica idraulica. Serpieri aveva già partecipato alla stesura di una nuova legge forestale e, dopo l'esperienza bellica della prima guerra mondiale, aveva chiaro quanto fosse fragile il sistema economico italiano e quanto fosse difficile governare e gestire – per lo stato – i conflitti sociali nati nel primo dopoguerra, sfociati nel movimento di occupazione delle terre fra il 1919 e il 1921, senza adeguate riforme fondiari e tecniche dell'agricoltura italiana.

Arrigo Serpieri era, all'epoca del convegno di San Donà di Piave, Presidente del Segretariato nazionale per la Montagna e Direttore e titolare della cattedra di Economia ed Estimo Forestale all'Istituto Superiore Forestale Nazionale di Firenze.

La Regione Emilia-Romagna, per mezzo delle leggi regionali 42/84 e 16/87, ha stabilito il primo assetto normativo per una moderna azione di bonifica. Con tali provvedimenti legislativi si è definitivamente affermato che la collocazione della bonifica è quella di esercitare funzioni di interesse pubblico nel quadro della difesa del suolo e dello sviluppo del territorio, nonché occuparsi della tutela e valorizzazione dei beni naturali.

In seguito all'attuazione della legge regionale n. 5 del 2009, il territorio ferrarese risulta in gran parte coincidente con il comprensorio del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara (nel seguito riportato come CBPF), esteso per 256.733 ha, con circa il 5% di area valliva (12.572 ha). È oggi il Consorzio di Bonifica più grande d'Italia, sia per consistenza di contribuzione che per l'entità delle opere di bonifica: 4.241 km di canali, 168 impianti idrovori. Attualmente, nelle attività del CBPF, vengono prese in grande considerazione esigenze di tipo ambientale-paesistico-ricreativo, finalizzate al mantenimento di un rapporto ottimale fra terra e acqua.

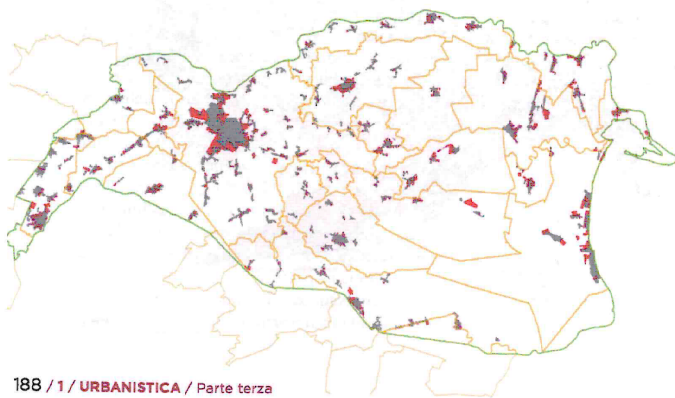
Fig. 2 - Situazione storica, Consorzi Idraulici e di Bonifica della Provincia di Ferrara (1969).



**Fig. 3** - Situazione storica, Consorzi Idraulici e di Bonifica della Provincia di Ferrara prima del 1 ottobre 2009.



**Fig. 4** - In verde è riportato il confine del CBPF, in giallo i limiti comunali. Le espansioni urbane dal 1977 al 2024 sono riportate in rosso.



Rispetto alle altre Province della Regione, Ferrara è quella che ha registrato il minor tasso di urbanizzazione negli ultimi quattro decenni. Nel seguito è riportata una recente indagine compiuta dal Settore Sistema Informativo Geografico del CBPF, svolta con l'utilizzo delle ortofoto per capire l'aumento di impermeabilizzazione dei suoli provocato dalla variazione della superficie urbanizzata. L'analisi è stata effettuata sull'intero areale del Consorzio (quasi coincidente con l'area provinciale), valutando le 34 aree urbanizzate di entità maggiore. L'indagine ha prodotto il seguente risultato: dal 1977 al 2024 si è registrato sul territorio ferrarese un incremento medio delle superfici urbanizzate pari al 42%; nel dettaglio si tratta di 10.300 ha del 1977 contro i 14.602 ha del 2024.

Si consideri ora un paradosso: negli anni Cinquanta la Provincia di Ferrara raggiunse il picco di abitanti, superando le 400mila unità. A partire dall'inizio degli anni Sessanta era già iniziata una lenta ed inesorabile flessione della popolazione residente. Dal circa 380mila abitanti della fine degli anni Sessanta si arriva oggi, ai poco meno di 340mila. Nello stesso periodo, a fronte di un calo di circa l'11% della popolazione residente, sono aumentate le superfici urbanizzate del 42%. Abbiamo davvero bisogno di tutto questo spazio urbanizzato in più per vivere meglio? Si tenga inoltre presente che gli spazi occupati da fiumi, canali e laghi, sono in lento ma progressivo calo. I recenti eventi alluvionali del Ravennate e del Bolognese ci suggeriscono che diventa fondamentale cambiare prospettiva e adeguare le strategie al cambiamento climatico.

**Fig. 5 - Ferrara, situazione al 1977.**

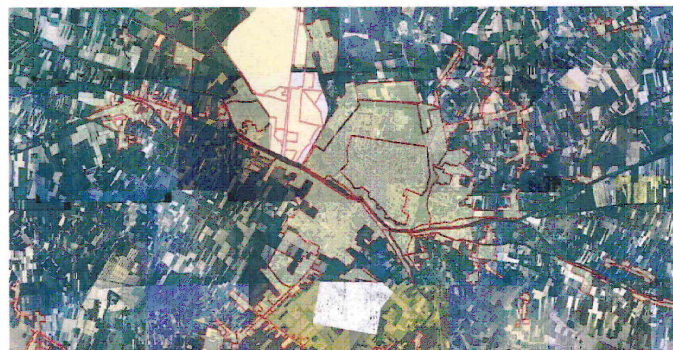
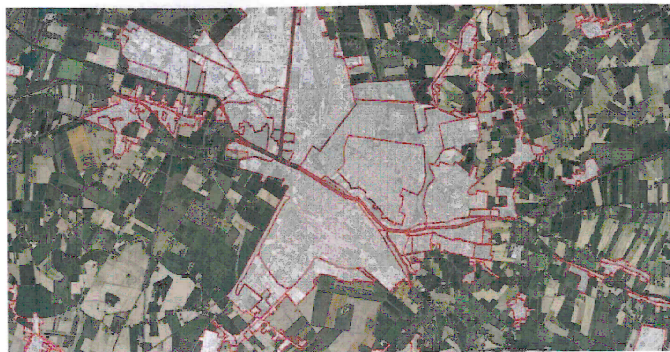


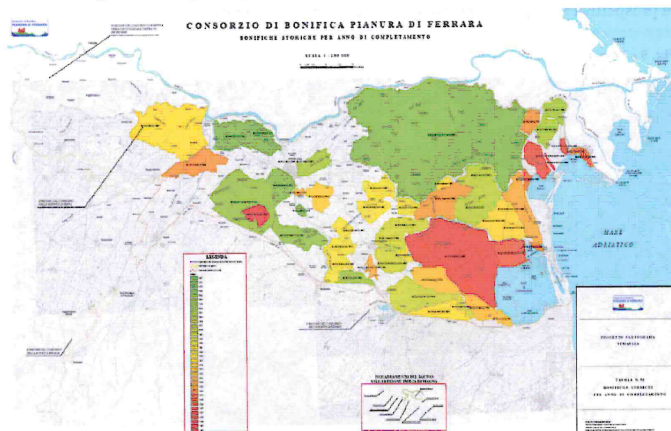


Fig. 6 - Ferrara, situazione al 2024.



## 2. La realizzazione delle bonifiche

Fig. 7 - La cartografia riporta in verde le bonifiche più antiche ed in rosso le più recenti.



In figura 7 sono riportate le varie opere di bonifica realizzate nel Ferrarese a partire dal 1400. Nella valle padana del secondo Quattrocento appaiono molto forti le spinte all'investimento nella trasformazione idraulica e nella bonifica del territorio. Nel secolo seguente, dopo le difficoltà e le convulsioni politiche e militari dei primi quattro decenni, gli investimenti riprenderanno ancora più vigorosamente. A scopo di esempio si cita una delle più antiche opere di bonifica: quella della Diamantina, attuata durante il periodo in cui era Duca di Ferrara Alfonso I, nato il 21 luglio 1476, Duca nel periodo 1505-1534; il primo settembre 1501 sposò in seconde nozze Lucrezia Borgia (figlia del Papa Alessandro VI). Alcuni congiunti del duca di Ferrara, tra i quali la duchessa Lucrezia Borgia, investirono cospicui capitali nella bonifica della tenuta di caccia e delle paludi della Diamantina, adiacente alla tenuta (precedentemente bonificata) di Casaglia (cit. A. Bondanini 1981). Asse portante per effettuare lo scolo della depressione della Diamantina diventerà l'approfondimento ed escavazione di un grande collettore, che prenderà il nome di canal Bianco, le cui acque, saranno fatte defluire in direzione Ovest-Est. Le acque così portate a defluire, cominceranno a creare problemi al vastissimo territorio del polesine di Ferrara (terreni fra il Po Grande ed il Po di Volano). Sotto la spinta di questi problemi idraulici nasceranno i progetti estensi per una bonificazione generale del Polesine di Ferrara, che sarà realizzata tra il 1564 ed il 1580 dal duca Alfonso II d'Este (cit. F. Cazzola 1987).

Con la bonifica meccanica iniziata nel 1930 questo territorio divenne ricco di coltivazioni.

Dall'istituzione dei Consorzi di Bonifica in Italia (1922) le opere realizzate nel Ferrarese sono le seguenti:

- 1922 Bonifica di Gramigne;
- 1922 Bonifica di Mantello;
- 1922 Bonifica di Umana;
- 1927 Bonifica di Valcore;
- 1928 Bonifica di Scacerna e Cantarana;
- 1929 Bonifica di San Zagno;
- 1930 Bonifica di Santa Bianca;
- 1930 Bonifica di Vallona;
- 1933 Bonifica di Raibosola;
- 1936 Bonifica di Bonello;
- 1939 Bonifica di Valle Staffano;
- 1951 Bonifica della Valle Pega, Rillo e Zavelea;
- 1955 Bonifica di Valle Vallazza;
- 1958 Bonifica di Valle Pioppa e Scolà;

- 1958 Bonifica di Valle Giralda e Gaffaro;
- 1959 Bonifica del Mezzano;
- 1965 Bonifica del Torniano;
- 1969 Bonifica di Valle Falce.

Nell'area deltizia padana sono state applicate, nei secoli, tre principali tecniche di bonifica idraulica:

- per colmata;
- per scolo naturale;
- per scolo forzato (o bonifica meccanica).

L'area in cui viene attuata una bonifica idraulica viene in genere denominata "Comprensorio di bonifica".

## 2.1 La bonifica per colmata

Consiste nel deviare un fiume capace di portare notevoli quantità di sedimenti nell'area che si vuole bonificare, la quale di solito viene preventivamente delimitata con un argine (si costruisce, cioè, la cosiddetta cassa di colmata); le acque ormai decantate vengono allontanate per la maggior parte mediante canali, e in parte evaporano (fig. 8).

I vantaggi di questa tecnica sono:

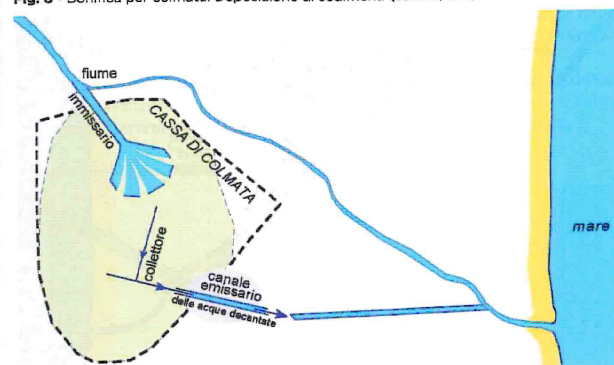
- si riesce ad innalzare la quota dei terreni più depressi;
- la subsidenza artificiale che si produce (per via del forte peso dei nuovi strati di terreno sedimentario) può far perdere solo una modesta quota dell'innalzamento ottenuto; si tratta, infatti, di "assecondare" ciò che la natura tende a fare spontaneamente, nel naturale processo di formazione delle pianure.

Gli svantaggi sono:

- la colmata richiede tempi lunghissimi (5-10 anni);
- in ogni caso, a colmata conclusa, è necessario riorganizzare il sistema di scolo (costruire canali);
- finché dura l'azione di colmata, il fiume utilizzato convoglia alla foce una quantità minore di sedimenti, il che può produrre una locale erosione delle spiagge.

Esempi storici: questo metodo è stato spesso usato nella zona compresa fra Ferrara, Bologna e Ravenna, specialmente nel 1600, ma anche in seguito.

Fig. 8 - Bonifica per colmata. Deposizione di sedimenti (sabbie, limi).



## 2.2 La bonifica per scolo naturale

Si attua quando l'allontanamento delle acque può avvenire con il solo aiuto della forza di gravità, attraverso canali appositamente scavati, ossia fossi, canali terziari, secondari e primari (collettori interni) e infine il collettore esterno, che convoglia le acque in un fiume o direttamente in mare (fig. 9).

I vantaggi di questa tecnica sono:

- il suo costo, rispetto alle altre tecniche, è minore;
- i tempi di realizzazione sono in genere brevi (3-5 anni).

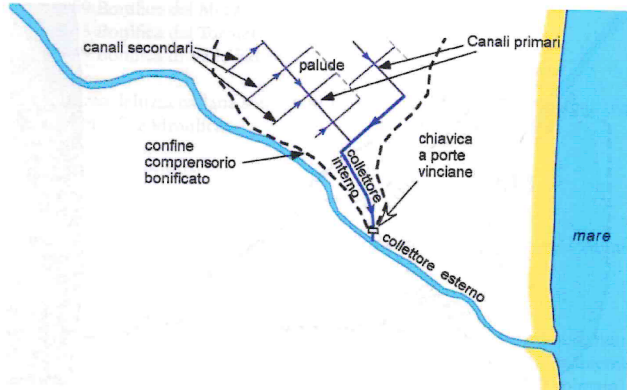
Gli svantaggi sono:

- produce effetti di subsidenza artificiale, a causa della compattazione dei terreni ai quali è stata sottratta l'acqua.

Esempi storici: in Italia le bonifiche precedenti l'Età Moderna sono state attuate in genere con questa tecnica. Un importante esempio, nel Ferrarese, è quello della Grande Bonificazione Estense, realizzata nel 1566-1580 nelle grandi paludi situate fra Copparo, Codigoro e Mesola, ma che si è successivamente riallagata. Un secondo tentativo di bonifica è avvenuto, questa volta con successo, nel 1880, utilizzando il metodo di bonifica meccanica.



Fig. 9 - Bonifica per scolo naturale.



### 2.3 La bonifica per scolo forzato (bonifica meccanica)

Detta anche bonifica meccanica, si attua quando per l'allontanamento delle acque si rende necessario il loro sollevamento mediante idrovore. In genere si tratta di un grande impianto con più pompe, ma spesso sono necessari anche altri impianti entro il comprensorio (impianti di presollevarmento). Questa tecnica è stata introdotta dagli olandesi, che utilizzavano idrovore costituite da ruote a pale (dette ruote a schiaffo) mosse dal vento (i famosi mulini a vento). Nella Pianura Padana, ove il vento è insufficiente, è arrivata solo verso la metà del 1800, con l'introduzione della macchina a vapore. Successivamente sono stati usati motori diesel, infine pompe a motore elettrico (fig. 10).

I vantaggi di questa tecnica sono:

- i tempi di realizzazione sono abbastanza brevi (2-3 anni).

I principali svantaggi sono:

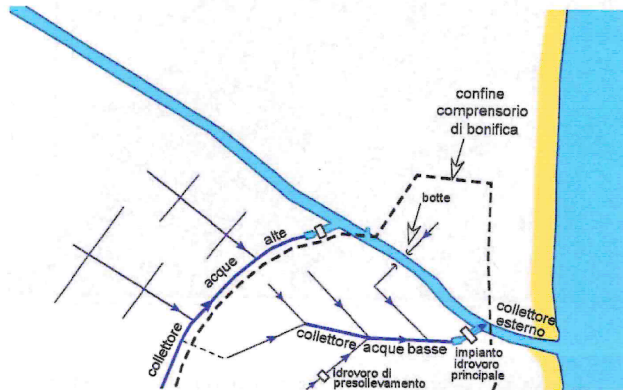
- che produce notevoli effetti di subsidenza artificiale, a causa del costipamento dei sedimenti dai quali è stata sottratta l'acqua;
- in caso di temporanea inefficienza degli impianti idrovori possono prodursi allagamenti.

Esempi storici: questa tecnica è stata applicata per il prosciugamento di quasi tutte le paludi dolci della bassa Pianura Padana e anche di valli salma-

stre, lagune ed aree poste al di sotto del livello del mare. Va però tenuto presente che, quando vengono prosciugati bacini salmastri, non è facile eliminare la presenza residua del sale dal suolo (danno per la futura agricoltura).

Considerazione: una volta concluso, questo tipo di bonifica richiede una continua assistenza, soprattutto per le aree comprese fra un fiume e l'altro, altrimenti i terreni più bassi andrebbero incontro a facili allagamenti.

Fig. 10 - Bonifica per scolo forzato.

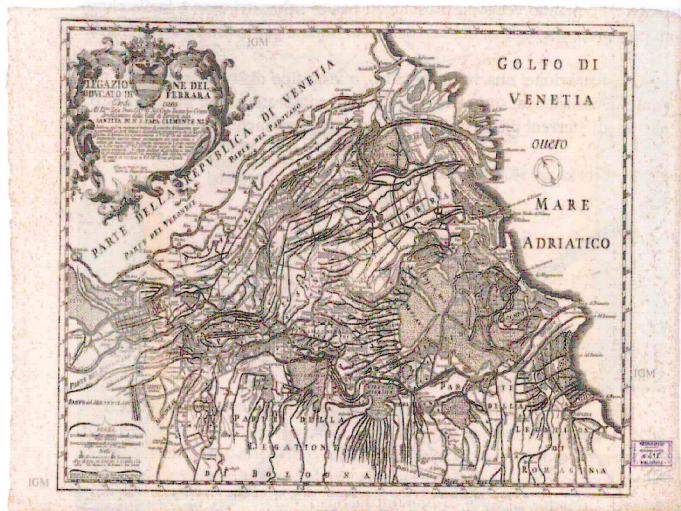


### 3. Cartografie storiche come strumento di analisi dell'evoluzione del territorio

La moderna tecnologia GIS (Geographic Information System) consente la georeferenziazione e sovrapposizione di buona parte delle cartografie storiche; in particolare per le cartografie più recenti l'operazione fornisce errori meno evidenti, poiché queste cartografie tengono conto della sfericità terrestre e vengono chiamate "cartografie geodetiche".

Grazie ai GIS è possibile sovrapporre con precisione cartografie di epoche diverse. Nel seguito vengono riportate alcune cartografie storiche, allo scopo di capire alcune fasi dei cambiamenti del territorio.

**Fig. 11** - Carta di Filippo De Rossi (1709) (in alto e spostato a sinistra, il Nord).



L'originale della carta del De Rossi (fig. 11) è conservato presso la Biblioteca Comunale Ariostea di Ferrara. Questa tipologia di rappresentazione viene mantenuta come base topografica fino alla metà del Settecento. Dalla carta si evince come parte delle acque del ramo del Reno rivolto a Sud viene portata al Po di Primaro mediante la Cembalina (paleoalveo di un fiume appenninico).

Nel 1740 vengono condotte nel Po di Primaro anche le acque delle paludi di Poggio, mediante un canale (Cavo Benedettino) fatto scavare da Papa Lambertini (Benedetto XIV) nel 1724 e nel 1742.

La situazione del territorio nella seconda metà del Settecento è mirabilmente descritta dalla grande opera a stampa di Ambrogio Baruffaldi del 1758. La carta del Baruffaldi viene considerata, per il territorio ferrarese, l'ultimo prodotto della cartografia pre-geodetica. Per la sua precisione, essa ha comunque costituito la fonte per la grande carta dello Stato Pontificio della seconda metà del Settecento (1776), la prima, tra quelle realizzate su basi geodetiche, finora reperita per questo territorio.

**Fig. 12** - Ambrogio Baruffaldi (disegnatore), Andrea Bolzoni (incisore), Corografia del Ducato di Ferrara, Ferrara, Biblioteca Comunale Ariostea.



**Fig. 13** - Carta Storica Regionale del 1851. Mosaicatura delle tavole alla scala 1:50.000.





In figura 13 è riportata la mosaicatura della Carta Storica Regionale, realizzata un secolo dopo rispetto alla precedente rappresentazione cartografica del Baruffaldi, sono ancora visibili vaste aree palustri prevalentemente nella zona Est del territorio. La zona Sud-Ovest di Ferrara è stata quasi totalmente bonificata; è ben visibile il drizzagno del Reno realizzato nel 1775 che lo collega al tratto Est del Po di Primaro (oggi è il tratto finale del fiume Reno) per condurre le acque, che prima ristagnavano a Sud di Ferrara, al mare Adriatico.

#### 4. Tendenze dei fenomeni evolutivi della costa e dei terreni

Negli anni '50 si scoprì l'esistenza del metano nel Delta del Po. Si trovava in emulsione con le acque di falda in pressione in zone sabbiose poste fra i 250 e 650 m di profondità. Per estrarre il prezioso gas era necessario pompare acqua in pressione che andava a sostituire l'acqua dei giacimenti contenenti i gas in emulsione. Sono 1.500 i pozzi realizzati nell'area del Delta del Po fra gli anni 1951 e 1960, per un'estrazione complessiva di circa 250 milioni di mc/anno. La depressione dei terreni dovuta allo smodato pompaggio ha portato ad una subsidenza con valori annui di ben 300 mm, con punte totali di arresto a -3,5 m. Anche grazie all'allarme lanciato dai tecnici degli stessi Consorzi di Bonifica, nel 1961 furono chiusi tutti i pozzi, riducendo gradualmente il fenomeno. Per quanto riguarda la linea di costa ferrarese, fino alla fine degli anni Cinquanta l'abbondanza di apporti fluviali ha consentito il mantenimento della sua posizione. La subsidenza e la sensibile riduzione dell'apporto solido fluviale hanno gradualmente portato agli attuali problemi di difesa del suolo, ai quali negli ultimi 15-20 anni si è aggiunto il fenomeno dell'eustatismo marino.

I mareografi di Trieste e Venezia ne hanno registrata la presenza già a partire dal 1940 senza fornirne l'esatta entità. Sono contrastanti i dati forniti dal mareografo di Porto Garibaldi: il livello del mare Adriatico è incostante, cresce e cala di anno in anno. La punta massima di risalita si è verificata nel 2010, un anno e mezzo dopo, il livello del mare è ridisceso di 10 cm per poi risalire nel 2015 di 9,5 cm. L'apporto d'acqua da parte dei fiumi Po, Reno, Po di Volano, Po di Goro è una delle variabili da tenere in considerazione nella stima dell'eustatismo locale, che si verifica nella parte di Adriatico alla quale il territorio ferrarese si affaccia.

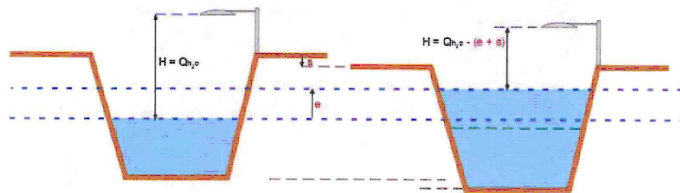
#### 4.1 Problemi legati alla giacitura del territorio ferrarese

La somma degli effetti di subsidenza, eustatismo e variazione climatica a livello globale sta creando impatti sul territorio, che sono e saranno avvertiti in misura sempre maggiore, in special modo nelle aree litoranee del comprensorio, includendo: aumento di energia nelle onde; aumento di intensità e fre-

quenza delle inondazioni sulle aree deltizie; incremento dell'erosione costiera (accelerata per via dell'aumento della frequenza delle tempeste); penetrazione delle acque marine nelle falde acquifere. Ciò che ormai è sostanzialmente certo è che l'abbassamento dei terreni, progressivo e diffuso nel territorio, sarà causa di maggiori spese per l'allontanamento delle acque.

La velocità di abbassamento del suolo, identificabile cartograficamente con isolinee chiamate "isocinetiche" (vedi da fig. 15 a fig. 19), non è un fenomeno che procede in modo omogeneo sul territorio del CBPF, ma presenta distribuzione variabile zona per zona. Sono stati registrati problemi di inversione di pendenza motrice di canali che veicolano le acque procedendo da aree ad alta velocità di abbassamento ad aree a bassa velocità. I problemi non sono solo inerenti al profilo dei canali ma anche per quel che concerne la sezione: canali che nell'arco di alcuni decenni hanno subito abbassamenti, si trovano nella necessità di interventi per il rialzo arginale. Nella figura 14 viene riportato il caso di una sezione di canale che ha subito fenomeni di eustatismo e subsidenza, generando nell'alveo un aumento della sezione bagnata a parità di impegno funzionale nella rete idraulica. Come conseguenza, il nuovo assetto della sezione (riportato a destra in fig. 14) evidenzia una riduzione del volume utile aggiuntivo trasportabile prima della tracimazione.

**Fig. 14 -** A destra in figura viene riportata la sezione del canale dopo essere stato soggetto ad effetti di subsidenza ed eustatismo. Il fondo del canale si è abbassato assieme al terreno circostante (effetto subsidenza) e il livello dell'acqua nel canale è stato di necessità alzato per consentirne lo scarico verso il mare (effetto eustatismo).



- Sezione bagnata superiore
- Portata superiore in condizioni standard
- Portata massima del canale inferiore (necessità di rialzo argini)

#### 4.2 Rilevamenti effettuati e misura della subsidenza nel territorio ferrarese

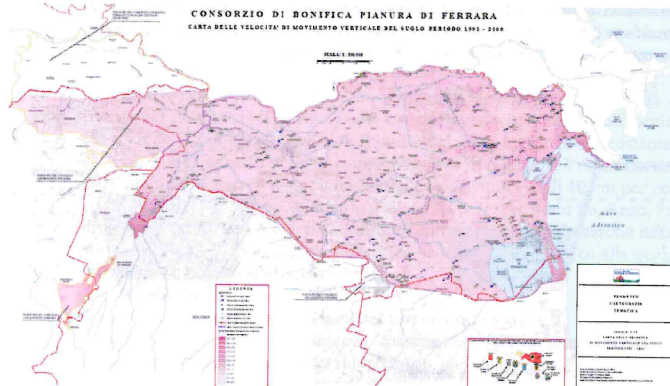
Dal 1992 la Regione Emilia-Romagna ha effettuato una serie di rilevamenti per stabilire posizioni ed entità delle velocità di abbassamento del suolo per tutto il suo territorio di pianura.

Per le prime analisi sono stati utilizzati rilevamenti effettuati con livello digitale, dal 2002 in poi sono stati utilizzati anche i dati radar satellitari. Per il più recente rilevamento del periodo 2016-2021 è stato utilizzato il radar interferometrico dei satelliti della costellazione *Copernicus*.

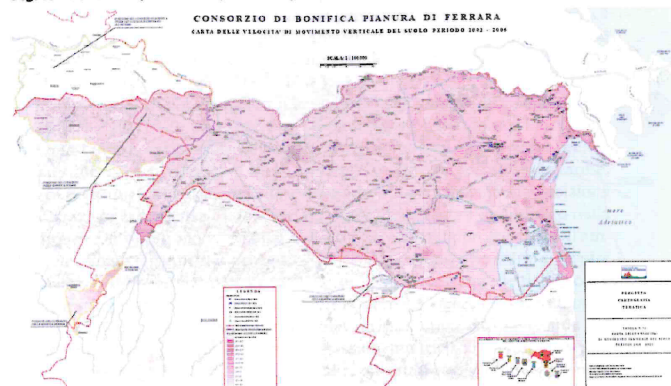
In seguito ad analisi statistiche GIS, effettuate sui dati della Regione Emilia-Romagna, si è potuta interpretare la tendenza della subsidenza focalizzata sul territorio ferrarese. A questi dati sono state aggiunte informazioni provenienti da rilievi mirati da parte del CBPF, che hanno utilizzato la rete di 1.150 caposaldi di alta precisione gestiti dai tecnici del Consorzio.

Per comprendere l'andamento della subsidenza nel comprensorio ferrarese sono stati prodotti cinque strati di cartografia numerica dell'intero comprensorio, sui quali sono state effettuate le analisi che vengono nel seguito riportate. Si tenga presente che una minor deviazione standard del dato di velocità verticale dei terreni significa distribuzione più omogenea della subsidenza.

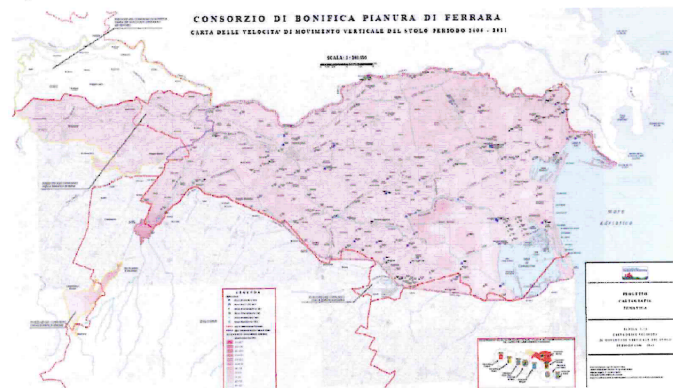
**Fig. 15 - Periodo 1 (1992-2000).** Velocità media -6,3 mm. Deviazione standard 1,69.



**Fig. 16 - Periodo 2 (2002-2006).** Media -5,9 mm. Deviazione standard 1,61.



**Fig. 17 - Periodo 3 (2006-2011).** Media -3,45 mm. Deviazione standard 1,52.

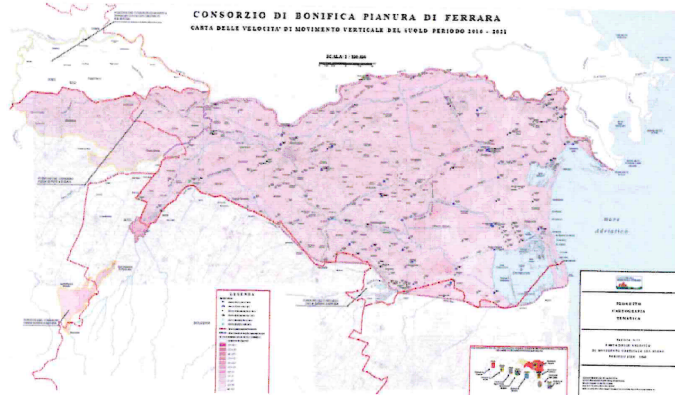




**Fig. 18 - Periodo 4 (2011-2016).** Media -3,10 mm. Deviazione standard 0,58.



**Fig. 19 - Periodo 5 (2016-2021).** Media -3,23 mm. Deviazione standard 0,89.



Dalle valutazioni statistiche di cartografia numerica si evince una generalizzata diminuzione della subsidenza nei periodi delle figg. 17 e 18. Diversa è la tendenza che si evince dalla quinta analisi (fig. 19), dove è possibile notare una tendenza, seppur modesta, all'aumento della subsidenza, che passa da 3,10 mm/anno del periodo 2011-2016 a 3,23 mm/anno del periodo 2016-2021.

Sull'area del bacino Bonello (quasi coincidente con il Comune di Goro), il CBPF ha effettuato uno specifico monitoraggio piano altimetrico. L'area, per quasi tutti i cinque intervalli temporali esaminati, aveva presentato valori di subsidenza generalmente più alti fra quelli del comprensorio ferrarese. L'area presenta inoltre una maggiore vulnerabilità per via della sua posizione costiera e della presenza di una vera e propria diga a mare (caso unico nella Regione); per questi motivi è stata scelta per un'analisi approfondita nell'ambito dei finanziamenti del progetto *Reservoir* (progetto che mira a fornire nuovi prodotti e servizi per un modello di gestione sostenibile delle acque sotterranee, finanziato nell'ambito del programma di ricerca *Horizon Europe* dell'Unione europea). Al termine del rilevamento, effettuato nell'estate del 2022, sono state registrate velocità di abbassamento fra 0,3 mm/anno e 5 mm/anno (periodo 2005-2022). I valori più alti sono stati registrati in corrispondenza dell'argine a mare (si vedano le figure 20 e 21).

**Fig. 20 - Velocità di abbassamento del suolo registrata nel periodo 1999-2005.**

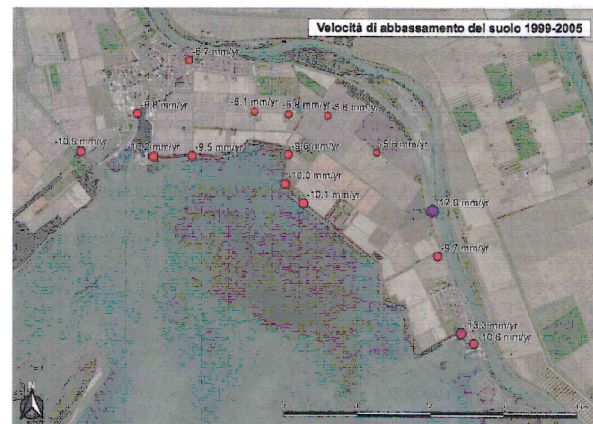
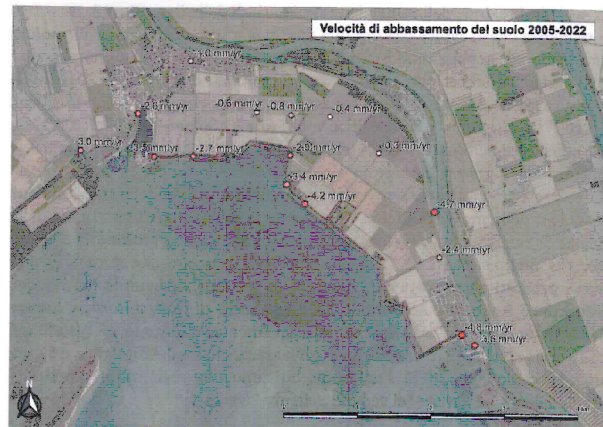
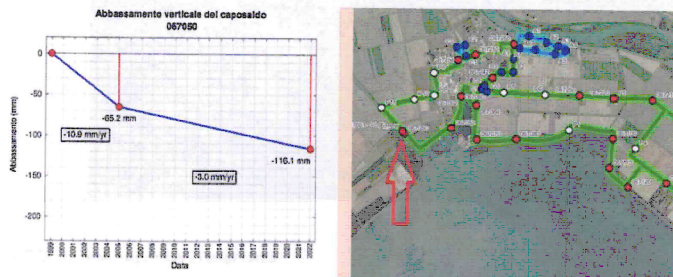


Fig. 21 - Velocità di abbassamento del suolo registrata nel periodo 2005-2022.



Per descrivere il fenomeno è stato preso in esame quanto è accaduto ad un caposaldo appartenente alla diga a mare (n. 067050) e sono stati riportati i valori di abbassamento registrati nei periodi 1999-2005 e 2005-2022. I valori di velocità sono passati da 10,9 a 3 mm/anno (vedi fig. 22). Per legare i dati del rilevamento ad un riferimento assoluto ad alta stabilità, si è scelto di effettuare un aggancio (realizzato con una serie di *baseline*) con la stazione permanente del mareografo di Porto Garibaldi.

Fig. 22 - Grafico delle velocità di abbassamento del suolo registrata nei periodi 1999-2005-2022 sul caposaldo 067050 indicato in carta con la freccia rossa.



## 5. Conclusioni

Nel complesso, osservando il territorio ferrarese tramite le cartografie storiche e tramite i dati di variazione di quota dei terreni rispetto al mare, possiamo concludere che da vari decenni si è arrestato l'avanzamento progressivo della linea di costa ed è stato sostituito da un crescente rischio di arretramento di questa, prodotto dall'aumento progressivo del dislivello fra mare Adriatico e territorio.

Oggi, come nel passato, il Ferrarese necessita di grande attenzione riguardo la tutela dell'ambiente. La provincia di Ferrara ha subito negli ultimi decenni un preoccupante calo demografico e delle attività imprenditoriali; non va dimenticato come l'attività dell'uomo e la produzione delle necessarie risorse primarie siano da sempre strategiche per creare condizioni di vita gradevoli e per superare la naturale presenza di aree palustri malsane. A tal proposito, è giusto ricordare come, grazie all'interessamento dello Stato, con la già citata legge Baccarini del 1882, la legge Serpieri del 1933 ed altri interventi legislativi, importanti energie siano state spese dai consorzi di bonifica e da altri Enti nazionali e regionali allo scopo di difendere il territorio dal mare e migliorarne le condizioni interne. Come in tutte le attività che hanno interazione con la natura, è necessario mantenere intatto l'equilibrio dell'ambiente naturale, ad esempio lasciare qualche zona umida per la migrazione degli uccelli, non estendere in modo incontrollato il disboscamento e la messa a coltura dei terreni. A questi criteri devono attenersi gli strumenti di piano perché l'impatto dell'uomo non diventi eccessivo ma controllato. È dunque necessario conoscere il territorio ed interagire con esso saggiamente, rispettandone i valori e le fragilità.

Quando si parla della storia e delle modifiche subite dalle terre e dai fiumi del ferrarese, si è subito portati a pensare e a ricordare la complessa e vivace storia del Ducato Estense, compreso in un'area di fiumi e di paludi, limitato ad Est dalla linea di costa, dinamicamente modificata dalla presenza del Delta del fiume Po. È nella rilettura della storia attraverso le cartografie, che si può apprezzare ed al tempo stesso mettere in evidenza, come l'apporto antropico sia divenuto gradualmente il principale agente geomorfologico, eguagliando e talvolta superando l'azione naturale. Un esempio ne sono le modifiche idrauliche attuate per condurre il Reno al mare, sfruttando parte dell'alveo del fiume Primaro, che era un ramo delizioso del Po di Ferrara. Un ulteriore esempio ancor più evidente dell'impatto antropico è dato dalle opere di bonifica, attuate già a partire dalla metà del 1400. Alla fine del 1800, con l'introduzione delle macchine idrovore, si è assistito al massimo sviluppo dell'opera idraulica di bonifica dalle acque salmastre: queste macchine potevano garantire il convogliamento a mare delle acque interne pure



quando queste ultime, a causa della subsidenza, non erano più in grado di scolare per gravità.

Percorrendo oggi il raccordo autostradale Ferrara-Mare che, da Ovest verso Est, attraversa il territorio ferrarese, non sembra possibile che buona parte di questa fertile pianura un tempo fosse immersa in paludi secolari, e non si ha la percezione che per un buon tratto di questo percorso ci si trovi attualmente ad una quota di 3/4 metri al di sotto del livello del mare. Infatti oltre il 44% del territorio ferrarese giace oggi al di sotto del livello del mare; in particolare, in località Le Contane si ha l'area a più bassa giacitura d'Italia, con 4,7 metri al di sotto del livello del mare.

Ben diversa da oggi era la giacitura del territorio tra il XVI e il XVII secolo. Dalle cartografie dell'epoca Estense e più tardi dell'epoca Pontificia, si evince come fosse possibile effettuare la bonifica dei territori interni anche con il solo sfruttamento della forza di gravità. Vicino alla costa, utilizzando canali con sbocco al mare regolato da porte vinciane, si poteva inoltre sfruttare il dislivello tra alta e bassa marea (poco più di 1 metro nel ferrarese), poiché i terreni umidi avevano a quel tempo una giacitura di uno o due metri sopra al livello del mare.

Oggi, a fronte del conclamato cambiamento climatico, il ruolo e l'attività del Consorzio di Bonifica assumono ancora maggiore importanza, imponendo il potenziamento, la revisione e l'attualizzazione delle strategie di gestione idraulica. Come nel passato, questo vasto territorio potrebbe subire ancora cambiamenti, dovuti ad abbassamenti del suolo, all'innalzamento del livello dei mari e alla riduzione del trasporto solido dei fiumi deltizi.

Per un'area come quella del Ferrarese, dove le pendenze sono minime e dove l'acqua per arrivare al mare viene spinta e sollevata tramite la rete infrastrutturale di canali e impianti idrovori, le considerazioni fin qui riportate diventano essenziali se vogliamo garantire anche in futuro l'equilibrio idraulico del sistema e la sicurezza dei cittadini.

Si ringraziano per la collaborazione Nicola Astolfi e Yuri Taddia del Settore Sistema Informativo Geografico del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Si ringrazia inoltre il Direttore Generale del Consorzio Mauro Monti per gli spunti di riflessione sulla tematica dell'urbanizzazione e del consumo di suolo nel ferrarese (per approfondire si rinvia allo specifico articolo).