

**Piano Territoriale di Area Vasta**  
**Allegato al Quadro Conoscitivo Diagnostico**  
**Parte II – I Sistemi Funzionali (SF)**

**SF 4. LA SICUREZZA TERRITORIALE – approfondimento sul rischio idraulico, costiero e sullo stato delle acque superficiali e sotterranee**



**Provincia di Ferrara**

A cura del Servizio Pianificazione Territoriale e Urbanistica:

Resp. Arch. Manuela Coppari

Arch. Chiara Cavicchi

Arch. Ambra Stivaletta

Arch. Sara Ardizzoni

Geol. Giacomo Carloni

**Ha curato la stesura del testo:** Geol. Giacomo Carloni

**Hanno curato la redazione della cartografia:** Geol. Giacomo Carloni; Arch. Sara Ardizzoni

## INDICE

1. Introduzione.....	3
2. Rete Idrografica della Provincia di Ferrara.....	5
2.1. Rete delle acque esterne .....	7
2.2. Rete delle acque interne – Reticolo Principale .....	9
2.3. Rete delle acque interne – Reticolo secondario di bonifica .....	11
3. Corpi Idrici Superficiali e sotterranei - stato ecologico, quantitativo e chimico .....	12
3. 1. Stato Corpi idrici superficiali .....	12
3.2. Stato corpi idrici sotterranei .....	21
3.3. Obiettivi del PTA 2030 ai quali il PTAV si ispira.....	28
4. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), PAI Po e PAI Delta.....	30
4.1. Descrizione dei contenuti del PGRA.....	30
4.2. PAI Po/ PAI Delta/PSAI Reno.....	65
5. Rischio costiero ed opere di difesa.....	71
5.1. Inquadramento normativo ed introduzione alla problematica .....	71
5.2 Le principali tipologie di rischio .....	75
5.3 Tratti del territorio ferrarese particolarmente soggetti a rischio costiero .....	77
5.4 Opere ed interventi di difesa costiera .....	80
6. Salinizzazione e risalita del cuneo salino.....	86
7. Subsidenza .....	93
8. Conclusioni .....	97
9. Bibliografia e sitografia.....	100

## 1. Introduzione

Il reticolo idrografico del territorio di Area Vasta ferrarese è diversificato, suddiviso in termini di rilevanza idraulica e affidato a diversi soggetti che cooperano per garantirne la gestione ottimale, innanzitutto in termini idraulici. I soggetti gestori competenti in senso stretto per gli aspetti idraulici (Autorità idrauliche) sono, in base al tratto di reticolo, AIPo (Autorità Interregionale per il fiume Po), AdbPo (Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po), Autorità di Bacino interregionale del fiume Reno (AdB Reno); Regione Emilia-Romagna - Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile (ARSTPC-UT FE); Comuni; Consorzi di bonifica e Consorzi minori locali. Sussistono competenze gestionali anche in capo agli Enti di gestione per i Parchi e la biodiversità, in caso di concomitante presenza di aree naturali protette. Vi sono poi altri Enti che a diverso titolo forniscono indirizzi strategici/linee guida di tutela dei corsi d'acqua (es. Province).

In particolare, l'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po, principalmente attraverso il PAI – Piano per l'Assetto Idrogeologico per il fiume Po e PAI-Delta; il PGRA – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, il PdG – Piano di gestione delle acque, il PBI - Piano di Bilancio Idrico e il Programma di gestione dei sedimenti degli alvei; l'Autorità di Bacino del fiume Reno con lo PSAI Reno e tutte le connesse Direttive attuative; la Regione principalmente attraverso il PTPR – Piano Territoriale Paesistico Regionale e il PTA – Piano di Tutela delle Acque e infine la Provincia attraverso il PTCP/PTAV; quest'ultima tuttavia non ha competenze normative in merito al rischio idraulico. Esistono poi i cosiddetti “contratti di fiume” ed i “contratti di area umida” ovvero collaborazioni fra enti, associazioni e privati per proporre e perseguire obiettivi comuni e condivisibili, nell'ottica di salvaguardare, proteggere ed utilizzare in modo consapevole ed efficace la risorsa acqua. Ad esempio, Il progetto “Verso un Contratto di Fiume per Ferrara” – curato da Fiumana, in collaborazione con il Comune di Ferrara, CSV Terre Estensi, Ilturco e Rete Giustizia Climatica Ferrara – è partito da questo presupposto, quindi dalla consapevolezza del ruolo fondamentale giocato dal Po e dalla sua fitta rete di rami e canali nella definizione dell'identità e del paesaggio estense, per proporre alla comunità un percorso aperto e partecipato, finalizzato a preservare e valorizzare questo straordinario patrimonio. Il suo obiettivo è stato quello di costruire insieme – raccogliendo gli stimoli, i consigli, le esperienze e le visioni dei cittadini, delle associazioni, delle aziende e delle istituzioni – un Contratto di Fiume, ovvero un catalogo di linee guida che il Comune potrà adottare e integrare in un protocollo di intesa insieme agli altri Enti territoriali impegnati nella gestione delle acque (per ulteriori dettagli visitare il sito web <https://www.contrattodifiumeferrara.it/progetto/> ).

Secondo il rapporto ISPRA, il 100% della popolazione residente nella provincia risulta esposta a rischi di alluvione in caso di eventi che hanno una probabilità medio/bassa di scatenarsi. A rischio maggiore in caso di eventi con alta probabilità di concretizzazione c'è l'Alto Ferrarese (Poggio Renatico, Vigarano Mainarda e Terre del Reno); la zona costiera vede il rischio al 100% per gli scenari di media e bassa probabilità. Il Rischio idraulico per il territorio provinciale risulta essere elevato, in quanto dato dal:

- rischio di allagamento da fiumi (in particolar modo dal Po);
- rischio di allagamento da mare;
- rischio di allagamento da canali.

Il rischio di allagamento da fiumi e da canali è stato aumentato dall'ampliamento delle aree urbanizzate, sia nell'area in esame sia nell'intero bacino del Po e dei corsi d'acqua, il quale ha causato un aumento dell'impermeabilizzazione dei terreni, con conseguente aumento delle portate liquide e riduzione dei tempi di corrievazione nei fiumi e nei canali.

La gestione dei fenomeni alluvionali in previsione e in corso di evento è affidata in primo luogo alle già menzionate Autorità idrauliche, per le previste attività di controllo e presidio (Polizia idraulica, Servizio di Piena, ecc.), all'ARPAE - Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia per i previsti monitoraggi pluviometrici e idraulici, di concerto con l'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile per la diramazione delle relative allerte, e infine alla medesima Agenzia STPC e ai Comuni, in coordinamento con la Prefettura, per la gestione delle emergenze in ambito di protezione civile. Il reticolo in gestione ad ARSTPC-UT FE svolge una funzione promiscua: di scolo delle acque a mare, provenienti dal modenese e dalle precipitazioni che interessano direttamente il bacino idraulico del Burana - Volano, mediante lo scarico della rete consortile; irrigua, mediante il vettoriamento delle acque lungo tutto il territorio ferrarese, consentendo il prelievo di acqua da parte del consorzio di bonifica Pianura di Ferrara; di navigazione mantenendo i livelli idraulici funzionali a consentire il transito di imbarcazioni. Quello descritto è un sistema molto fragile in quanto le aree goleinali, fortemente antropizzate, durante gli eventi meteorici particolarmente intensi presentano difficoltà di scolo con conseguente rischio di allagamenti. Una linea strategica indicata dalla stessa Agenzia per il PTAV è quella di disincentivare l'edificato nelle zone goleinali e di indicare in alternativa eventuali opere compensative, di comune accordo.

I Consorzi di Bonifica invece svolgono un ruolo strategico nella regolazione idraulica dei territori di pianura. La sua fitta rete di competenza, comprendente i canali e tutte le opere connesse (pozzi,

serbatoi, acquedotti, paratoie, scolmatori, ecc.), contribuisce infatti in modo determinante alla raccolta e al collettamento delle acque nei punti di utilizzo (irriguo e produttivo) e infine ai punti di recapito naturali (“allontanamento a gravità”) e, occasionalmente, al drenaggio forzato delle aree di pianura poste a quote inferiori rispetto all’argine del Po in condizioni di piena.

## 2. Rete Idrografica della Provincia di Ferrara

Dal punto di vista idraulico il Bacino idrografico Burana - Volano è costituito dal territorio le cui acque trovano generalmente recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno (escluse dette foci). E’ in gran parte coincidente con il territorio provinciale di Ferrara, ma include anche alcune aree (adiacenti al Reno) che ricadono nelle province di Ravenna e Bologna (Cassa di Campotto che scarica direttamente nel fiume Reno) ed, a monte, porzioni delle province di Modena e Mantova, nonché un’area compresa tra Bazzano, Castelfranco Emilia e San Giovanni in Persiceto ricadente nelle province di Modena e Bologna.

L’estensione totale del bacino è di 324.000 ha, tutti in pianura; di questi, oltre 130.000 ha sono situati a quota inferiore al livello del mare; le pendenze sono generalmente minime spesso inferiori allo 0,05 per mille. Il sistema dei canali interni al territorio ferrarese è ricompreso quasi interamente nel bacino idrografico Burana-Volano-Canal Bianco.

Va premesso che il concetto di bacino idrografico in un territorio di pianura è convenzionale. E’ in effetti difficile, in tali condizioni, tracciare dei precisi spartiacque anche in considerazione del fatto che l’assetto idraulico è strettamente controllato da canali artificiali e chiaviche, e con particolari manovre, è possibile deviare le acque di scolo in territori adiacenti. Un bacino idrografico in pianura viene perciò generalmente definito con riferimento al sistema di convogliamento delle acque di scolo in condizioni ordinarie, ossia di normale piovosità e con sistemazione più frequente delle chiaviche.

In questa accezione, è stato definito Bacino Burana-Volano il territorio le cui acque trovano recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno. I principali canali preposti a tale recapito a mare sono, da nord a sud, il Canal Bianco (che sbocca nella Sacca di Goro), il sistema Po di Volano-Canale Navigabile (il primo in Sacca di Goro e il secondo direttamente in mare) e il Logonovo (in mare). Sempre fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno riversano acque in mare anche l’Impianto Idrovoro Bonello (in Sacca di Goro), l’Impianto Idrovoro Giralta (in Sacca di Goro), la vecchia foce del Po di Volano (che consente rapporti idraulici tra Sacca di Goro, Valle Bertuzzi e Lago delle Nazioni) e il Canale Gobbino (che - assieme al Navigabile e al Logonovo - mette in comunicazione con il mare le Valli di Comacchio).

Il Bacino Burana-Volano si estende anche a monte del territorio provinciale ferrarese, comprendendo le aree fra Bazzano, Castelfranco Emilia e S. Giovanni in Persiceto, che scaricano nel Canale di Cento e, ben più vaste, quelle parti dell’Oltrepò Mantovano e del Modenese, situate nella pianura fra Secchia e Panaro, le cui acque confluiscono nel Canale di Burana. Alcune estensioni extra-provinciali del bacino si individuano anche a sud, tra il vecchio corso del Po di Primaro e il Reno: le anse di Consandolo, di Longastrino e di Anita.

Il bacino idrografico Burana-Po di Volano può essere suddiviso dal punto di vista idraulico in tre sistemi principali:

1. Sistema delle acque esterne, composto dai cinque grandi ambienti di contorno dell’intero bacino:
  - Fiume Po Grande
  - Po di Goro (a Nord)
  - La sacca di Goro
  - Fiume Panaro, fiume Secchia (a Ovest)
  - Fiume Reno (a Sud) e Cavo Napoleonico
  - Mare Adriatico
2. Sistema delle acque interne composto dal reticolo principale del bacino (la cui gestione è di competenza in parte del Servizio Tecnico di Bacino ed in parte dei Consorzi di Bonifica):
  - il Canale Burana e il suo prolungamento oltre il Panaro, chiamato Canale Emissario di Burana;
  - il Canale Pilastresi, tra Bondeno e Stellata, che, come si dirà in seguito, in fase di scolo può recapitare parte delle acque del Canale Burana al Po, tramite l’Idrovora Pilastresi;
  - il Canale Boicelli, che in condizioni ordinarie scola da nord a sud ed è tributario del Po di Volano;
  - il Po di Volano, che per la funzione scolante può esser considerato suddiviso in tre tronchi: quello tra Ferrara e Migliarino (località Fiscaglia), con flusso da ovest a est; quello tra Migliarino e la Chiusa di Tieni, che attualmente, in condizioni di scolo ordinarie scorre prevalentemente da est a ovest; quello a valle della Chiusa di Tieni, che scorre da ovest a est e sbocca nella Sacca di Goro;
  - il Canale Navigabile, che scorre da ovest a est, tra Migliarino e il mare, convogliando soprattutto le acque dei primi due tronchi del Po di Volano;
  - il Canale Fosse-Foce, che avvia al mare le acque di aree poste a sud-ovest delle Valli di Comacchio;

- il Canale Logonovo che recapita in mare le acque del precedente Canale Fosse Foce ed agevola, in casi di piena, il deflusso delle acque del Canale Navigabile;
  - il Canale Gobbino, che mette in comunicazione diretta le Valli di Comacchio e le Vene di Bellocchio col mare.
3. Sistema delle acque interne rappresentato dal reticolo idrografico di bonifica (di competenza dei Consorzi di Bonifica), costituito dalla restante parte dei canali interni preposti sia allo scolo che alla irrigazione, in prevalenza connessi con il sistema del reticolo principale del bacino.

### **2.1. Rete delle acque esterne**

Il fiume Po è il principale fiume italiano, con una lunghezza pari a 652 km ed una portata massima pari a 10.300 mc/s a Pontelagoscuro. Nasce dal Monviso in Piemonte, è alimentato da 141 affluenti e dopo avere attraversato la Pianura Padana, sfocia nell'Adriatico, con un delta di circa 380 chilometri quadrati. Il bacino del Po ha una estensione areale di 71.057 kmq. Il fiume Panaro rappresenta l'ultimo affluente del Po e si immette nello stesso all'altezza del comune di Bondeno; il corso attuale del fiume è il risultato prevalente della rotta di Ficarolo, verificatasi in sponda sinistra verso l'anno 1140 d.C, a seguito della quale fu gradualmente abbandonato il vecchio alveo che si suddivideva nei due rami di Volano e Primaro ed estromesso il fiume Reno, prima affluente del Po, oltre che dei lavori di deviazione verso sud attuati dalla Repubblica di Venezia a partire dal 1600 d.C.

Nel tratto terminale dell'asta del Po si sviluppa il Delta, una delle più importanti zone umide in Europa; poco è rimasto delle antiche selve e delle grandi paludi che sino all'Ottocento si estendevano su questa regione: l'unica zona che possiede ancora i caratteri dell'ambiente forestale è il Bosco della Mesola. Uno degli ambienti più tipici del Delta è rappresentato dalle valli e dalle lagune salmastre, costituite da bacini poco profondi, delimitati da arginelli e dossi appena rilevati, nel mezzo dei quali emergono le “barene”, isole di fango dai contorni indistinti. Nel tratto di pertinenza ferrarese, sino all'incile del Delta, l'alveo di magra ha tendenza all'unicursalità, caratterizzato da arginature parallele che limitano l'estensione della golena. L'evoluzione morfologica dell'alveo inciso risulta estremamente lenta e di modesta entità; non si osservano modificazioni significative nel periodo recente, a partire dal 1954; i fenomeni erosivi di sponda sono localizzati e di entità molto modesta.

L'alveo di piena tende ad essere canalizzato, per la presenza di arginature prossime e parallele alle sponde, in alcuni punti con distanza molto ridotta; sono presenti alcune golene chiuse, di dimensioni relativamente modeste, che si estendono fino in prossimità dell'alveo inciso. Il territorio circostante, costituito dalle aree direttamente confinanti con il sistema arginale e dai sottobacini idrografici minori della pianura, direttamente afferenti all'asta fluviale, interessati da un reticolo idrografico in gran

parte artificiale e a scolo meccanico per una porzione significativa, è soggetto ai livelli di piena di Po ed è pertanto interessato dai pericoli di esondazione in caso di rotte arginali.

Il fiume Reno nasce presso Prunetta, a circa 1000 m., in provincia di Pistoia, è lungo 211 km e sfocia nel Mare Adriatico presso il Lido di Spina, in provincia di Ferrara. Il bacino del Reno si estende per un'area di 5040 Kmq, dall'Appennino emiliano-romagnolo, alla pianura fino alla costa adriatica.

A seguito di lavori di riassetto idraulico tesi alla bonifica dei territori vallivi della bassa pianura bolognese, ferrarese e ravennate, il Reno venne inalveato attraverso il Cavo Benedettino ed il tratto terminale del Po di Primaro, fino ad assumere, con successive opere di sistemazione e drizzagni, l'attuale configurazione, schematizzabile in quattro tratti:

- primo tratto (circa 19 km, da 30 a 14 m. di quota), in territorio bolognese, sino a Ponte Bagno, caratterizzato da andamento tortuoso ed ampie estensioni goleali, alternate a localizzate strettoie arginali;
- secondo tratto (circa 18 Km, con quota finale di 13 m.) sino allo scolmatore di Reno in Po, denominato Cavo Napoleonico, nel territorio comunale di Cento, con andamento abbastanza regolare e sezione significativamente ristretta;
- terzo tratto (circa 47 km) sino alla Bastia, con alveo canalizzato avente argini ravvicinati e molto alti rispetto al piano di campagna; all'interno di tale tratto, è presente uno sfioratore libero in corrispondenza di Gallo di Poggio Renatico, ove si verificarono nel 1949, 1950 e 1951 le rotte dell'argine sinistro, e che garantisce la decapitazione naturale delle massime piene con recapito delle acque di esubero nel canale di bonifica "Cembalina";
- quarto tratto (circa 40 km) sino al mare, con alveo arginato relativamente ampio.

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Reno PSAI-Reno (dic.2002; <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piani-di-bacino/autorita-bacino-reno/psai>) e sua Variante di coordinamento con il PGRA (Del. CI n. 3/1 del 01/11/2016), ai fini della individuazione delle aree interessate da rischio idraulico elevato e molto elevato ha preso in considerazione la pericolosità dell'evento accoppiata agli elementi esposti, al loro valore economico e sociale tenendo conto della vulnerabilità. Nelle condizioni attuali tutta la pianura nord-occidentale della Provincia bolognese e porzioni di quella di Ferrara possono essere investite da allagamenti in seguito alle esondazioni del Reno per piene a moderata probabilità di accadimento, uguali o superiori ai 100 anni. Nella cartografia del Piano sono individuate anche le fasce di pertinenza fluviale, all'interno delle quali gli interventi sono regolati dalle relative norme alle quali si rimanda integralmente.

Il Panaro nasce dal Monte Cimone (2165 m.) e confluisce nel Po presso Bondeno, attraversando la pianura alluvionale, costituita da depositi di origine fluviale. Il bacino del fiume Panaro si sviluppa prevalentemente nel territorio della Provincia di Modena, in parte in quello della Provincia di Bologna e, limitatamente, attraversa le Province di Pistoia, Ferrara e Mantova. Il fiume Panaro ha una lunghezza complessiva di 165 km ed una estensione del bacino pari a 1.775 kmq. Nel tratto di pianura ferrarese, il fiume scorre all'interno di arginature continue, con un andamento prevalentemente rettilineo e curvature poco accentuate; localmente si osserva una marcata sinuosità. La larghezza è pressoché costante per effetto dell'elevato grado di artificializzazione dell'alveo, costretto tra arginature continue generalmente in frodo, con tracciato planimetrico sostanzialmente stabile; solamente nel tratto terminale, dove le arginature risultano maggiormente distanziate, il corso d'acqua è interessato attualmente da apprezzabili fenomeni di erosione spondale e ha subito un lieve incremento di sinuosità con accentuazione della curvatura di alcune anse. Le opere di difesa spondale hanno carattere puntuale, localizzate generalmente in corrispondenza dei punti del corso d'acqua più sollecitati dalla piena e soprattutto a protezione dei rilevati arginali.

Le aree in prossimità dell'abitato di Bondeno si trovano in condizioni di dissesto per rischio di inondazione da mettere in relazione a un franco insufficiente dell'argine sinistro, riferito alla quota di ritenuta per i massimi livelli di piena, soprattutto in considerazione a particolari fenomeni di rigurgito che potrebbero verificarsi a seguito della concomitanza della piena del Panaro e del Po. A seguito della piena verificatasi nel 2000 (OPCM3090/00 e succ) è stato posto in essere un piano di delocalizzazione delle costruzioni presenti nelle aree goleinali del Panaro che ha visto coinvolto anche il comune di Bondeno. Inoltre altra problematica di natura idraulico-strutturale connessa con i rilevati arginali esistenti è rappresentata dal rischio di sifonamento dell'argine per filtrazione che interessa il piano di fondazione, in corrispondenza delle lenti di sabbia.

## 2.2. Rete delle acque interne – Reticolo Principale

Il sistema fluviale oggetto di studio comprende la rete idraulica costituita dai principali corsi d'acqua che si sviluppano sui territori della Provincia di Ferrara, dalle aree più occidentali, prossime a Bondeno, fino a raggiungere il Mare Adriatico, nonché il relativo bacino contribuente. Quest'ultimo risulta costituito dai territori provinciali le cui acque di scolo raggiungono, per via naturale o meccanica, la rete idraulica stessa. Il sistema in esame ha origine a Bondeno in corrispondenza della Botte Napoleonica, ove il canale di Burana sottopassa il Fiume Panaro; un'apposita convenzione fra il Consorzio della Bonifica Burana – Leo – Scotenna – Panaro e la Provincia di Ferrara, limita a 40 m<sup>3</sup> /s la portata fluente attraverso la Botte Napoleonica, mentre l'eccedente proveniente dalla Bonifica Burana viene riversato nel fiume Po attraverso l'impianto idrovoro Pilastresi. Poco a monte

di Ferrara, il Canale di Burana riceve gli afflussi provenienti dal Canale di Cento il quale, oltre a raccogliere parte delle acque a scolo naturale dei bacini del Consorzio della Bonifica di Valli di Vecchio Reno, riceve un contributo extra – provinciale proveniente dal Bacino S.Giovanni facente capo al Consorzio di Bonifica Reno – Palata.

Nei pressi di Ferrara il Canale di Burana assume la denominazione di Po di Volano e riceve le acque dal Canale Boicelli; quest'ultimo raccoglie, attraverso l'impianto idrovoro Betto, parte delle acque del Canal Bianco la cui funzione è quella di collettore per i contributi idrici provenienti da territori a scolo naturale facenti capo al Consorzio della Bonifica del I Circondario di Ferrara. Un ulteriore apporto in ingresso alla rete, da imputarsi ad aree contribuenti a gravità, è quello fornito dal ramo cieco del Po di Primaro, che raccoglie in sponda sinistra le acque di parte dei territori del Consorzio della Bonifica Valli di Vecchio Reno e le scarica nel Po di Volano. Un importante collegamento tra il Po di Primaro ed il Po di Volano è rappresentato dal Canale S.Nicolo – Medelana; nel quale, un sistema di paratoie localizzate alle estremità di monte e di valle del canale provvede ad isolarlo idraulicamente dai restanti tratti della rete.

La parte successiva della rete idraulica risulta composta dal Po di Volano fino alla località di Migliarino, ove il corso d'acqua si biforca per raggiungere il Mare Adriatico secondo due percorsi differenti; il primo, naturale, è quello del Po di Volano propriamente detto che sfocia nella Sacca di Goro, mentre il secondo, di origine artificiale, è costituito dal Canale Navigabile che termina a Porto Garibaldi. Lungo lo sviluppo di questi due corsi d'acqua vi sono numerose immissioni provenienti dagli impianti idrovori facenti capo agli ex consorzi di Bonifica del I e II Circondario di Ferrara (ora Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara). La complessità del sistema esaminato risulta accentuata dalla molteplicità di utilizzi a cui la rete idraulica è destinata, infatti accanto alla funzione di raccolta, convogliamento e scolo delle acque provenienti dai comprensori della bonifica ferrarese si unisce quella di idrovia navigabile, in grado di collegare il Fiume Po a Pontelagoscuro, con il Mare Adriatico a Porto Garibaldi. Questa funzione è permessa da opportuni organi idraulici di controllo che regolano i tiranti idrici in rete per permettere il transito dei natanti; i principali risultano le conche di Valpagliaro, di Valle Lepri, di Pontelagoscuro e il sostegno di Tieni.

Risulta quindi evidente come il regime delle portate transitanti nei vari rami della rete idraulica sia fortemente influenzato, non soltanto da fattori climatici, ma anche dalle manovre eseguite sulle traverse dislocate lungo lo sviluppo della rete stessa.

### 2.3. Rete delle acque interne – Reticolo secondario di bonifica

Tutto il territorio ferrarese è terra di bonifica, quindi il sistema delle canalizzazioni e delle acque regimate ha sempre avuto ed ha una importanza vitale sia come difesa del terreno emerso che come fonte di approvvigionamento delle acque dolci necessarie allo sfruttamento agricolo dei suoli.

Le acque di derivazione fluviale convogliate dalla rete di canali che si sviluppa nel territorio ferrarese vengono utilizzate per usi plurimi: i) a fini irrigui per sostenere l'economia agricola; ii) nell'industria e in altre attività economiche per le quali è possibile far ricorso anche ad acque non potabili, non andando ad attingere alle risorse idriche sotterranee; iii) nella navigazione interna, assicurando i livelli d'acqua necessari. Inoltre l'apporto di acqua di fiumi e canali interni alla rete idraulica svolge funzioni fondamentali di tutela ambientale, alimentano la falda freatica con conseguente abbassamento del cuneo salino, assicurando una notevole diluizione degli inquinamenti, riducendo fenomeni che potrebbero indurre subsidenza e contestualmente dovrebbe garantire il "deflusso minimo vitale" necessario per il mantenimento delle caratteristiche biologiche. L'acqua irrigua che alimenta i territori del Bacino Burana - Volano viene derivata quasi interamente dal fiume Po, nel periodo che va da maggio a settembre, per gravità quando il Po presenta livelli idraulici sufficientemente alti; in caso contrario ricorrendo a pompe idrovore.

I Consorzi di Bonifica che insistono sul bacino, in territorio ferrarese sono:

- il Consorzio di Bonifica Renana;
- il Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara;
- il Consorzio di Bonifica di Burana Leo Scoltenna Panaro;

Inoltre, fanno parzialmente parte del bacino idrografico, pur non insistendo sul territorio ferrarese, altri due consorzi di bonifica quali: i) il Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po (ex Bonifica di Revere oggi fusa con l'Agro Mantovano Reggiano) ii) il Consorzio di Bonifica Reno-Palata.

Il sistema di scolo del territorio ferrarese è particolarmente complesso ed i bacini di scolo sono organizzati secondo una gerarchia che li suddivide secondo tre ordini di afferenza, cioè: bacino principale (ordine 1), sottobacino di primo livello (ordine 2), sottobacino di secondo livello (ordine 3). Le acque di tutti i bacini di scolo vengono infine convogliate in una serie di vettori idraulici esterni alla bonifica che possono essere considerati gli elementi di "ordine zero" del sistema. Questi elementi sono ad esempio: il Canale Boicelli, il Po di Volano, il Po di Primaro, il Po di Goro, il Po, il Canale

Navigabile Migliarino-Porto Garibaldi, le valli Bertuzzi e di Comacchio e naturalmente il mare Adriatico, cui a loro volta tutti gli elementi di ordine zero fanno capo. I bacini principali, scaricano le loro acque direttamente all'esterno della bonifica e vengono definiti come aree le cui acque confluiscano ad un'unica sezione che è collegata tramite sollevamento meccanico o gravità all'esterno della bonifica. Ciascun bacino principale deve essere autonomo dal punto di vista idraulico, il che significa che le acque di due diversi bacini principali non devono mescolarsi (durante lo scolo) se non dopo il loro arrivo nei collettori esterni alla bonifica. In un bacino principale possono essere individuate aree che in condizioni ordinarie scolano all'interno del bacino stesso, per gravità o previo sollevamento da parte di un impianto idrovoro.

### 3. Corpi Idrici Superficiali e sotterranei - stato ecologico, quantitativo e chimico

#### 3. 1. Stato Corpi idrici superficiali

In questa sezione verranno esaminate le caratteristiche dei principali corpi idrici superficiali nella provincia, con particolare attenzione alla loro qualità ecologica e chimica. Verranno analizzate le principali problematiche relative alla qualità delle acque, basandosi su dati del Piano di Tutela delle Acque (PTA 2030; <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/acque/pianificazione/piano-di-tutela-delle-acque>) e report di ARPAE (<https://webbook.arpae.it/acque/acque-superficiali/index.html> ; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-superficiali>).

Lo stato di qualità delle acque superficiali e sotterranee è definito secondo la Direttiva Quadro Acque (DQA) in relazione ai “corpi idrici” superficiali che sono stati individuati su tutto il territorio regionale.

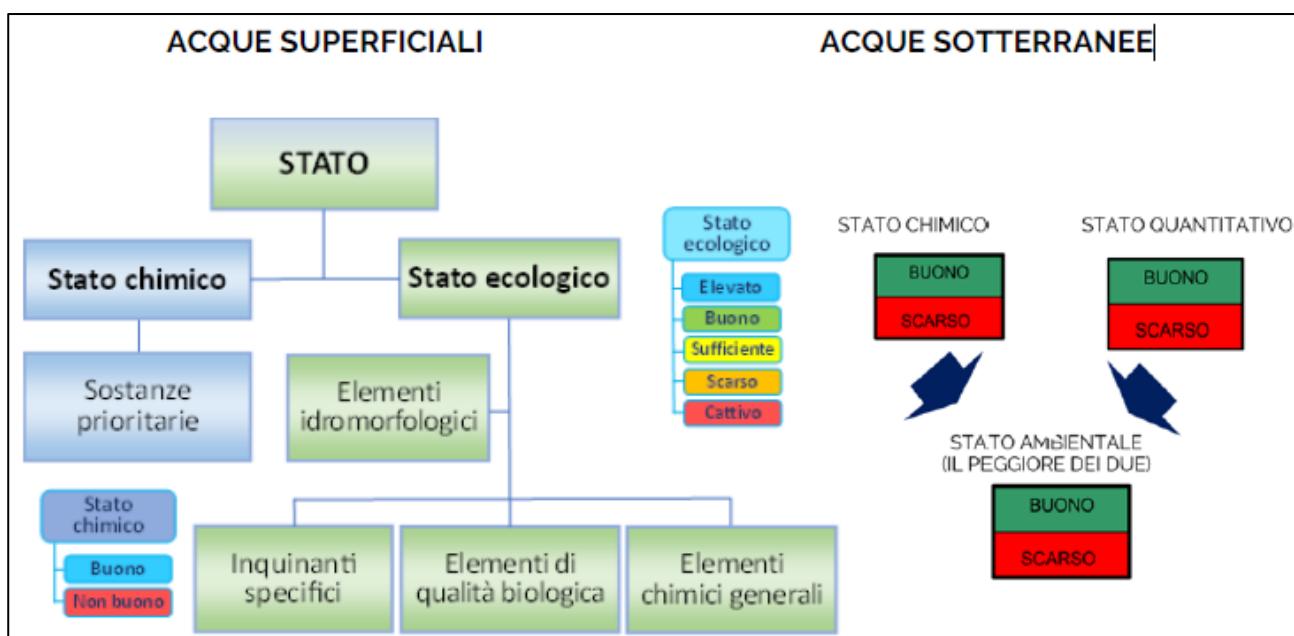
Un corpo idrico superficiale è definito dalla DQA come “un elemento distinto e significativo di acque superficiali, quale un lago, un bacino artificiale, un torrente, fiume o canale, parte di un torrente, fiume o canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere”.

I corsi d'acqua, pertanto, sono quasi sempre suddivisi in più corpi idrici sulla base delle caratteristiche fisiche naturali significative (quali confluenze, variazioni di pendenza, variazioni di morfologia in alveo, variazione della forma della valle, differenze idrologiche, ecc.), ma anche delle pressioni, degli impatti e dello stato ambientale. Ad un corpo idrico deve poter essere abbinata una singola classe di qualità (DOS PTA, 2030).

Per i laghi/invasi la suddivisione in corpi idrici è effettuata, in funzione della presenza di componenti morfologiche che li suddividono in bacini. Le acque marino costiere sono suddivise in corpi idrici sulla base di numerosi fattori e criteri, tra cui pressioni esistenti, differenze spazio-temporali nello stato di qualità e discontinuità rilevanti nella struttura della fascia litoranea. I corpi idrici di transizione sono corpi idrici superficiali localizzati in prossimità di una foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma che sono sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce (PTA, 2030).

Lo stato delle acque ([Fig. 3.1](#)) è definito come l'espressione complessiva dello stato del corpo idrico, determinato dal peggiore tra i seguenti indicatori:

- nel caso delle acque superficiali, stato ecologico e stato chimico;
- nel caso delle acque sotterranee, stato chimico e stato quantitativo.



*Figura 3.1 - Valutazione dello stato delle acque superficiali e sotterranee al fine del raggiungimento dell'obiettivo di buono stato secondo la Direttiva 2000/60/CE (tratta dal documento strategico del PTA 2030).*

Lo stato ecologico, a sua volta, è determinato dal peggiore tra i seguenti indicatori: Elementi biologici, Elementi chimici e fisici a sostegno degli elementi biologici, inquinanti specifici e Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici, mostrati in [Fig. 3.2](#).

## Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE

### Art. 4 Obiettivi ambientali acque superficiali

comma 1, a ii) .... raggiungere un buono stato delle acque superficiali...

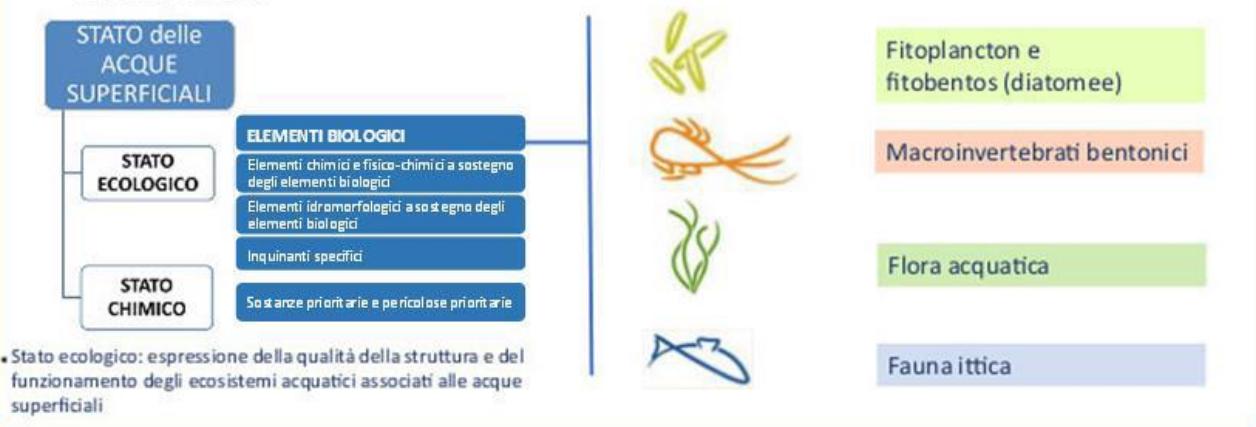


Figura 3.2 – Elementi di qualità per la valutazione dello stato ecologico delle acque superficiali ai sensi della DQA (da sito MASE).

La DQA prevede che la classificazione dello stato ambientale dei corpi idrici avvenga a valle dell'elaborazione e della validazione dei dati di monitoraggio di un intero sessennio e i paragrafi seguenti descrivono lo stato dei corpi idrici derivante dal monitoraggio 2014-2019.

Di seguito viene rappresentato lo stato delle acque superficiali per il territorio ferrarese tratta dagli elaborati più aggiornati, ovvero il report dati ambientali ARPAE 2022, che tuttavia, così come il PTA 2023, per il momento per alcune tipologie di dati recepisce quelli del monitoraggio Arpae 2014-2019.

Tra gli elementi chimici generali analizzati nelle acque superficiali vi sono alcuni parametri “macrodescrittori” utili per stimare il livello di alterazione della qualità delle acque ed evidenziare la presenza di impatti riconducibili a diverse fonti di pressione antropica. In particolare:

- Ossigeno dissolto (OD), è essenziale al metabolismo respiratorio di gran parte degli organismi viventi; viene consumato durante il processo di mineralizzazione della sostanza organica. La sua distribuzione è legata alla produttività degli ecosistemi acquatici ma anche a fattori fisici quali temperatura e turbolenza delle acque. Il valore ottimale di riferimento è pari al 100% della saturazione in acqua;
- BOD5 (domanda biochimica di ossigeno): indica il carico di sostanze biodegradabili ed è associato principalmente a scarichi civili, agroalimentari e zoo-agricoli;

- COD (domanda chimica di ossigeno): fornisce indicazioni su tutte le sostanze organiche ossidabili presenti, comprendenti le frazioni biodegradabili associate principalmente a scarichi civili, agroalimentari e zoo-agricoli, e quelle meno biodegradabili;
- Azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), è la risultanza immediata di scarichi di origine civile e agro zootecnica;
- Azoto nitrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), è la forma ossidata dell'azoto biodisponibile per l'assimilazione vegetale;
- Fosforo totale (P tot), è indice di antropizzazione e la sua valutazione è necessaria per stimare i processi di eutrofizzazione
- *Escherichia coli*: è l'indicatore microbiologico utilizzato per stimare il degrado igienico-sanitario.

Il DM 260/2010 ha introdotto l'indice LIMeco come sistema di valutazione sintetico della qualità chimico-fisica delle acque ai fini della classificazione dello stato ecologico. Nella [Tab. 3.1](#) sono definiti i valori soglia di concentrazione dei parametri considerati, relativi a nutrienti ed ossigeno dissolto, associati al calcolo dell'indice.

*Tabella 3.1: punteggi relativi alle varie sostanze secondo l'indice LIMeco.*

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
Punteggio	1	0,5	0,25	0,125	0
100-OD (% sat.)	$\leq  10 $	$\leq  20 $	$\leq  40 $	$\leq  80 $	$>  80 $
NH <sub>4</sub> (N mg/L)	$< 0,03$	$\leq 0,06$	$\leq 0,12$	$\leq 0,24$	$> 0,24$
NO <sub>3</sub> (N mg/L)	$< 0,6$	$\leq 1,2$	$\leq 2,4$	$\leq 4,8$	$> 4,8$
Fosforo totale (P mg/L)	$< 0,05$	$\leq 0,10$	$\leq 0,20$	$\leq 0,40$	$> 0,40$

Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
$\geq 0,66$	$\geq 0,50$	$\geq 0,33$	$\geq 0,17$	$< 0,17$

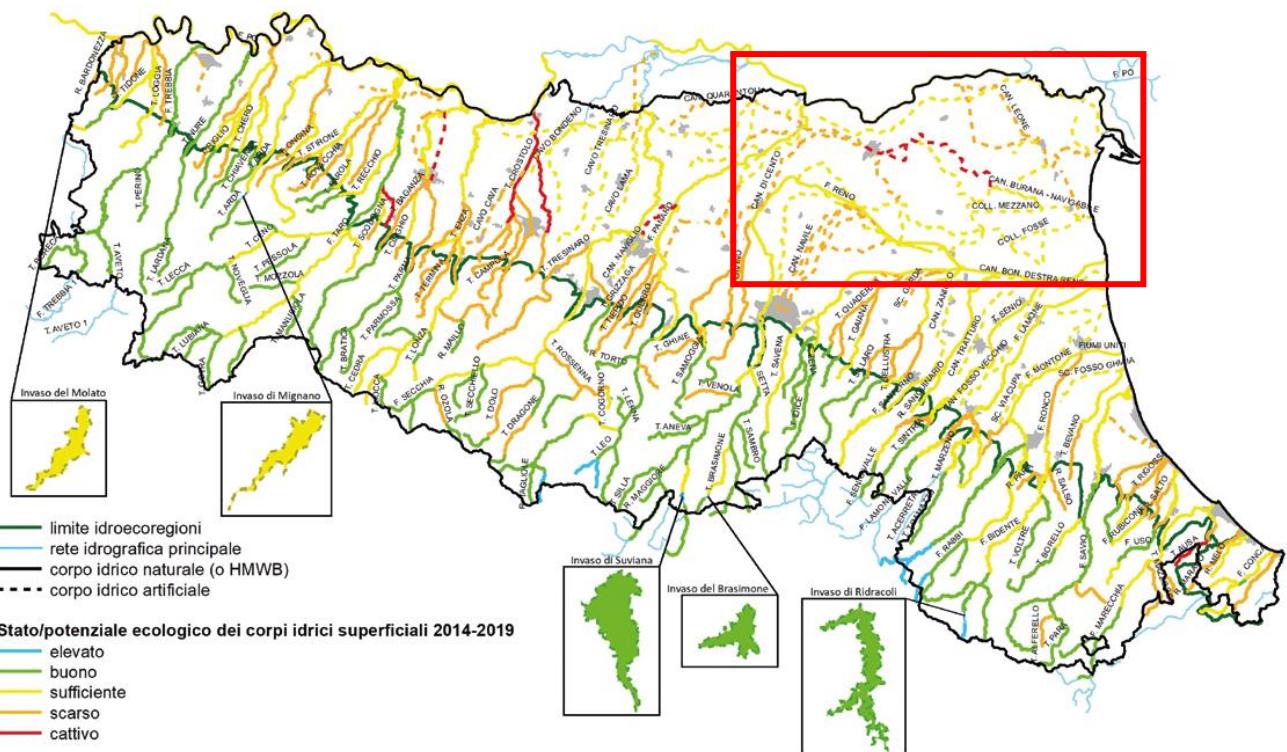
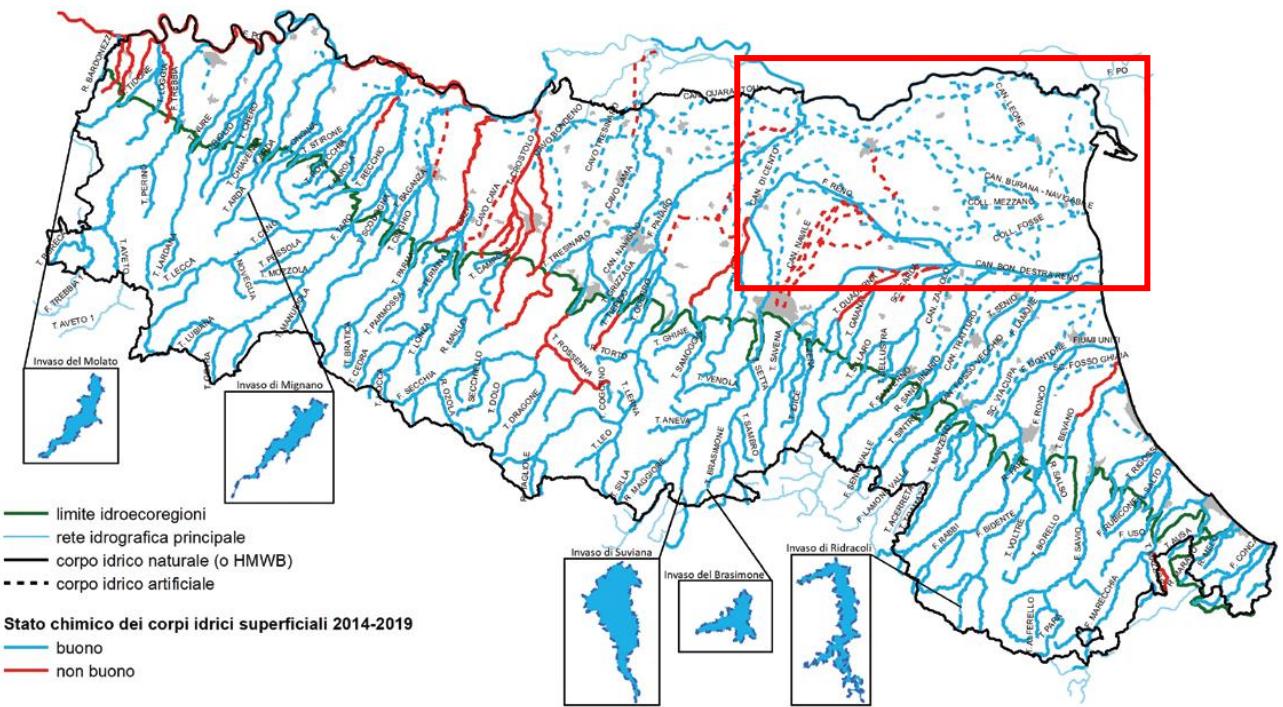


Fig. 3.3: Stato/Potenziale ecologico dei fiumi e invasi (2014-2019): distribuzione territoriale (mappa) e ripartizione per stazione di misura (tratto da report acque sup. di Arpa, 2022; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-superficiali>).

Nelle aree di pianura prevalgono corpi idrici artificiali o fortemente modificati, ed in particolare per il territorio ferrarese lo stato/potenziale ecologico varia fra sufficiente e cattivo (Po di Volano).

Lo stato chimico (Fig. 3.4), definito dalla presenza nelle acque di sostanze prioritarie, nel sessennio 2014-2019 (<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-superficiali>), è risultato “buono” per la grande maggioranza dei corpi idrici fluviali; solo nell’11% si è rilevato il superamento degli standard di qualità ambientale fissati dalla normativa (DM 260/2010 e DLgs 172/15), con particolare riferimento a IPA, Nichel, Di(2-etilesilftalato) (DEHP), Difenileteri bromati (PBDE sommatoria congeneri), sostanze di largo utilizzo industriale e/o ritenute ubiquitarie e persistenti nell’ambiente. Per tutti i corpi idrici lacustri lo stato chimico, nel sessennio 2014-2019, è risultato “buono” senza rilevare superamenti degli standard di qualità ambientale. La ricerca dei composti perfluoroalchilici è attiva in Emilia-Romagna dal 2018 e dal 2021 estesa a un elevato numero di composti rispetto a quelli normati. Le sostanze PFOS e Diclorvos, rispetto alle quali è previsto il raggiungimento dell’obiettivo al 2027, vengono valutate in classificazione separata nel Piano di Gestione delle acque (PdG) 2021 (<https://pianoacque.adbpo.it/approvato-il-secondo-aggiornamento-del-piano-di-gestione-delle-acque-2021/>).



*Fig. 3.4: Stato chimico dei fiumi e invasi (2014-2019): distribuzione territoriale (mappa) e ripartizione per stazione di misura ; (<https://www.arpa.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-superficiali>).*

Nelle [Figure 3.3](#) e [3.4](#) è riportata una rappresentazione dello stato ecologico e chimico dei corpi idrici marino costieri, come risulta dall'ultimo sessennio di monitoraggio. Le acque marino costiere regionali sono state suddivise in due corpi idrici; il primo corpo idrico (CD1) si estende da Goro (delta Po) a Ravenna, per una superficie di circa 96 km<sup>2</sup>, ed è influenzato dagli apporti sversati dal bacino padano e da quello del fiume Reno. Il suo stato ecologico risulta essere sufficiente. Lo stato chimico del corpo idrico costiero risulta essere “non buono”. Rispetto al monitoraggio effettuato nel sessennio precedente, per il quale lo stato chimico risultava “buono”, si evidenzia la presenza di modifiche al sistema di classificazione conseguenti all’emanazione del D.lgs. 172/2015, che hanno introdotto limiti più restrittivi per alcune sostanze in matrice acqua (es. piombo e composti) e l’introduzione di nuove matrici (biota). In tal senso, lo stato chimico “non buono” che viene attribuito a queste acque a seguito dell’ultimo sessennio di monitoraggio, è dovuto non tanto ad un deterioramento reale dello stato chimico dei corpi idrici marino-costieri ([Fig. 3.5](#)) quanto piuttosto all’introduzione di tali nuovi parametri, non rilevati in precedenza (report acque sup. Arpa, 2022).

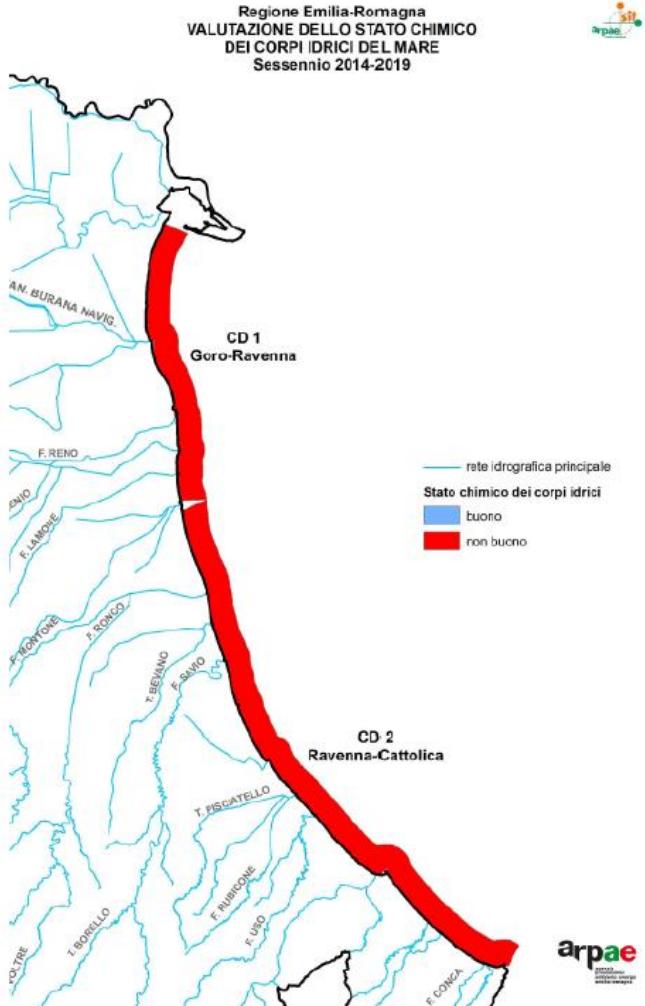
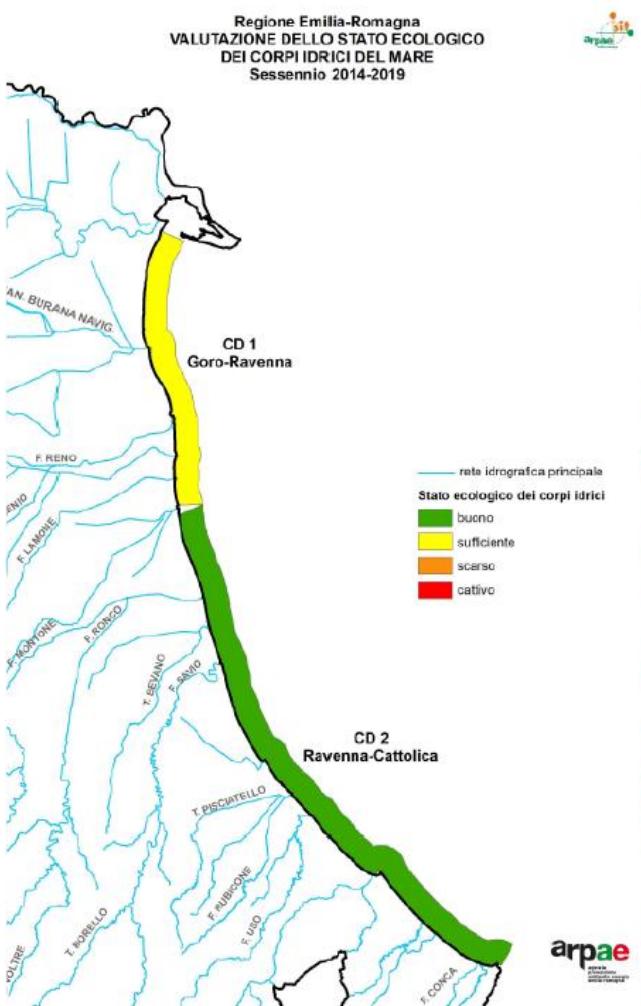


Figura 3.5 - Stato Ecologico (a sinistra) e Stato Chimico (a destra) per le acque marino costiere (tratto dal PTA 2030).

In Fig. 3.6 è riportata una rappresentazione di sintesi dello stato ecologico e chimico dei corpi idrici di transizione.

Lo stato ecologico dei corpi idrici di transizione risulta essere variabile tra lo “scarso” e il “cattivo”; motivo di questa bassa qualità paiono essere gli indicatori di qualità biologica (Macrobenthos e Macroalghe), le cui metodiche di valutazione, previste dalla normativa vigente, probabilmente risultano essere poco adatte a descrivere ambienti così particolari come sono le sacche e le lagune salmastre dell’Emilia-Romagna.

Per quanto riguarda lo stato chimico dei corpi idrici di transizione, “non buono”, valgono le stesse considerazioni già riportate per le acque marino-costiere a proposito dell’aggiornamento del metodo di classificazione conseguente all’emanazione del D.lgs. 172/2015. Infatti, a metodo di classificazione invariato, solo due dei corpi idrici risulterebbero in stato “non buono” per la presenza di alcuni metalli pesanti, mentre gli altri risulterebbero tutti in stato “buono”. A far scadere lo stato

chimico di questi corpi idrici sono anche in questo caso il difeniletere bromato (PBDE), rinvenuto nel biota (vengono utilizzati i céfali come specie di riferimento per le analisi), e il tributilstagnano, rinvenuto nella colonna d'acqua (report acque sup. Arpae, 2022).

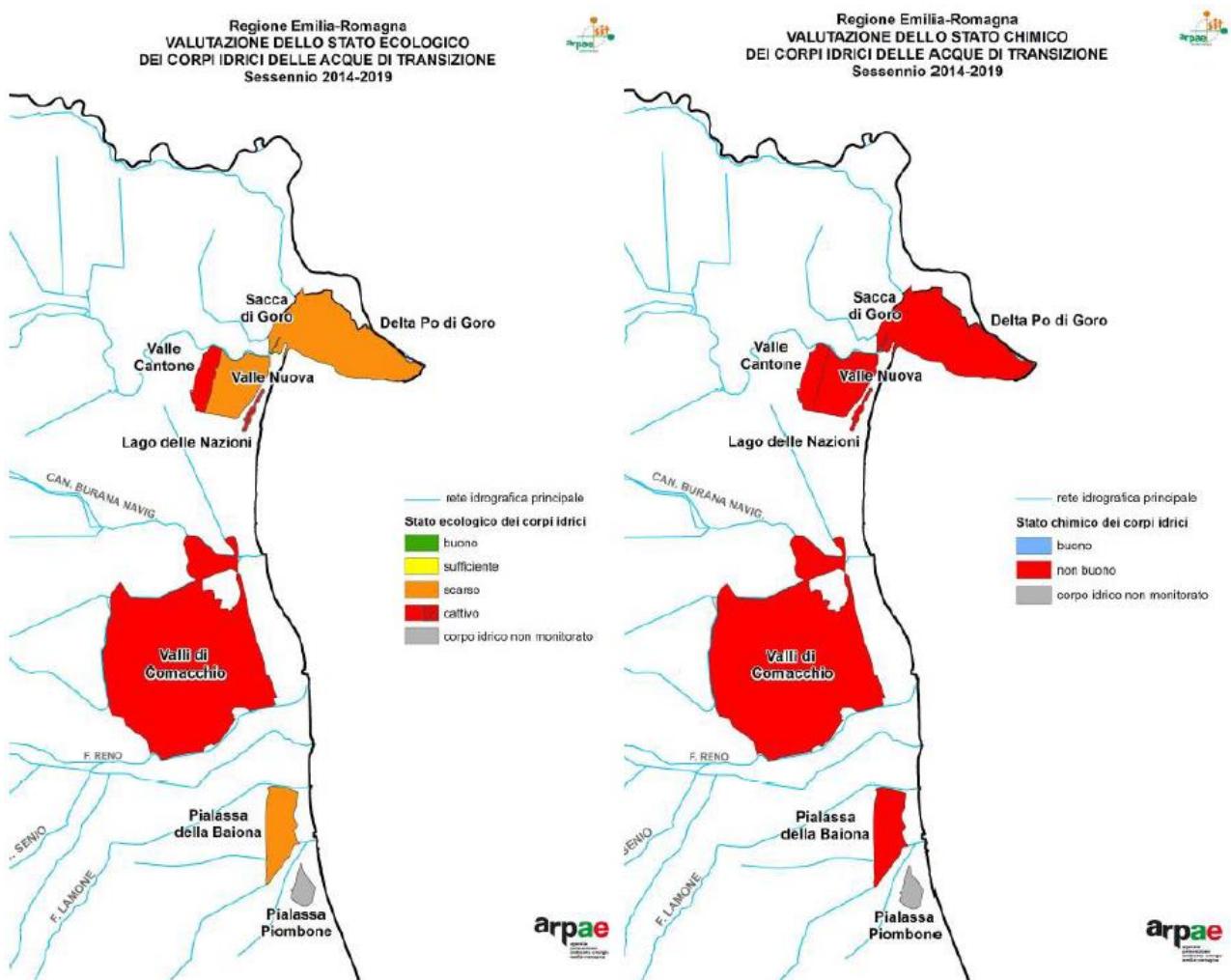


Figura 3.6 - Stato Ecologico (a sinistra) e Stato Chimico (a destra) per le acque di transizione (tratto da PTA 2030).

Nel 2022, sono state controllate 151 stazioni della rete di monitoraggio delle acque superficiali fluviali per la ricerca dei fitofarmaci (Fig. 3.8). Valori di concentrazione compresi tra 0,5-1 µg/l sono stati riscontrati nel 15% delle stazioni (22), di cui 1 a uso potabile, con superamento del valore soglia di riferimento per le acque potabili di 0,5 µg/l. Queste 22 stazioni sono collocate prevalentemente nella fascia del Po e nelle stazioni di chiusura di bacino nel territorio di pianura. Infine, oltre il valore soglia normativo (1 µg/l = SQA-MA) è risultato il restante 16% delle stazioni (25), distribuite nella fascia di bassa pianura e costiera, entrambe interessate dal superamento di AMPA e/o Glifosate.

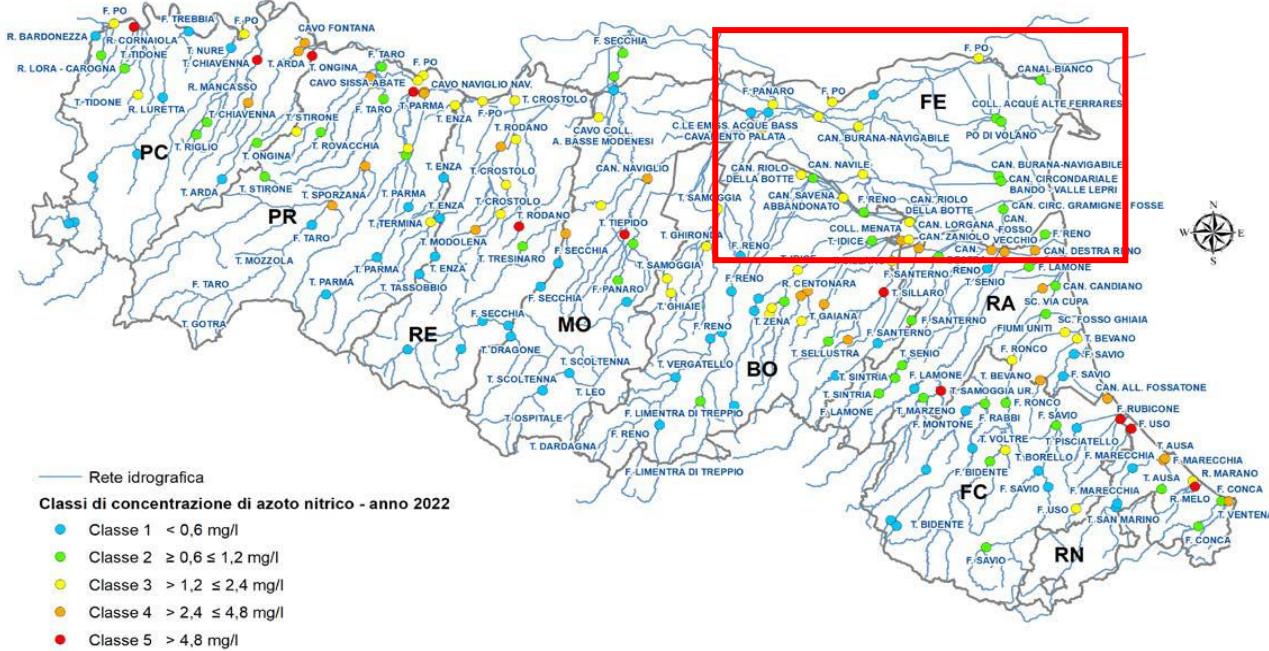


Figura 3.7 - Distribuzione territoriale, per classe di concentrazione (LIMeco) media annua di azoto nitrico, delle stazioni della rete delle acque superficiali fluviali (2022) (tratto da report acque sup. Arpae, 2022).

Nel 2022, in pianura è rispettato il valore soglia di “buono” nella chiusura di valle dei bacini ferraresi: canal Bianco, Po di Volano e Reno.

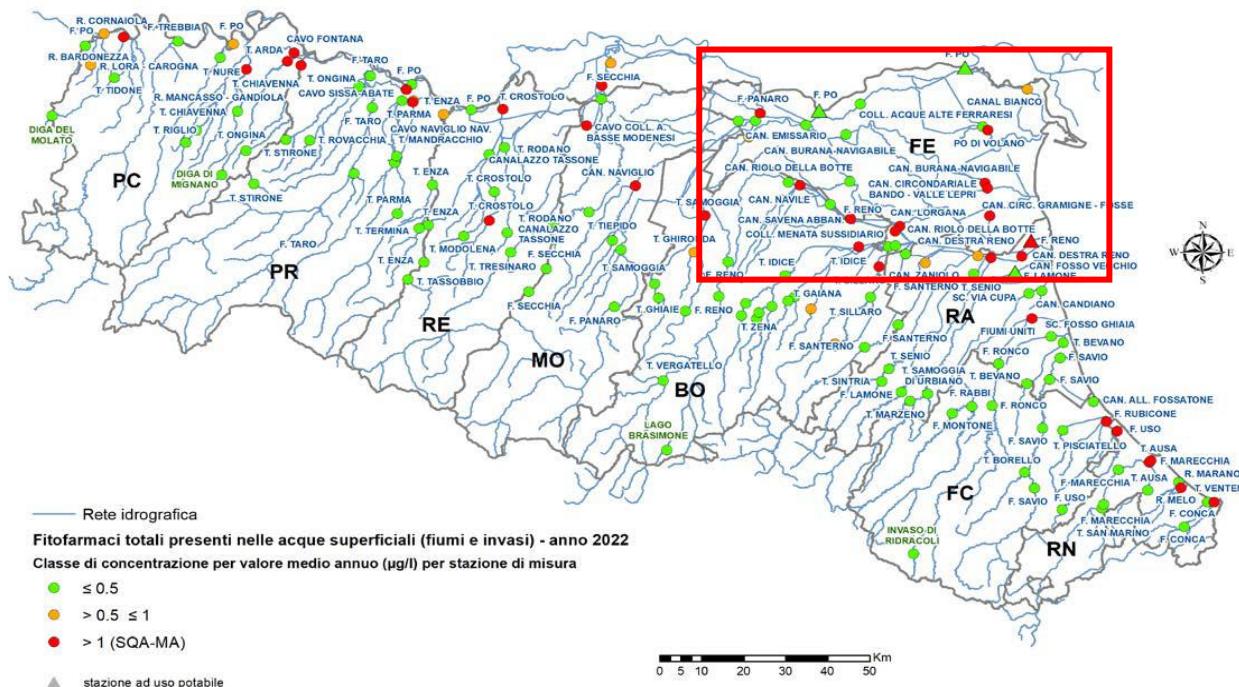


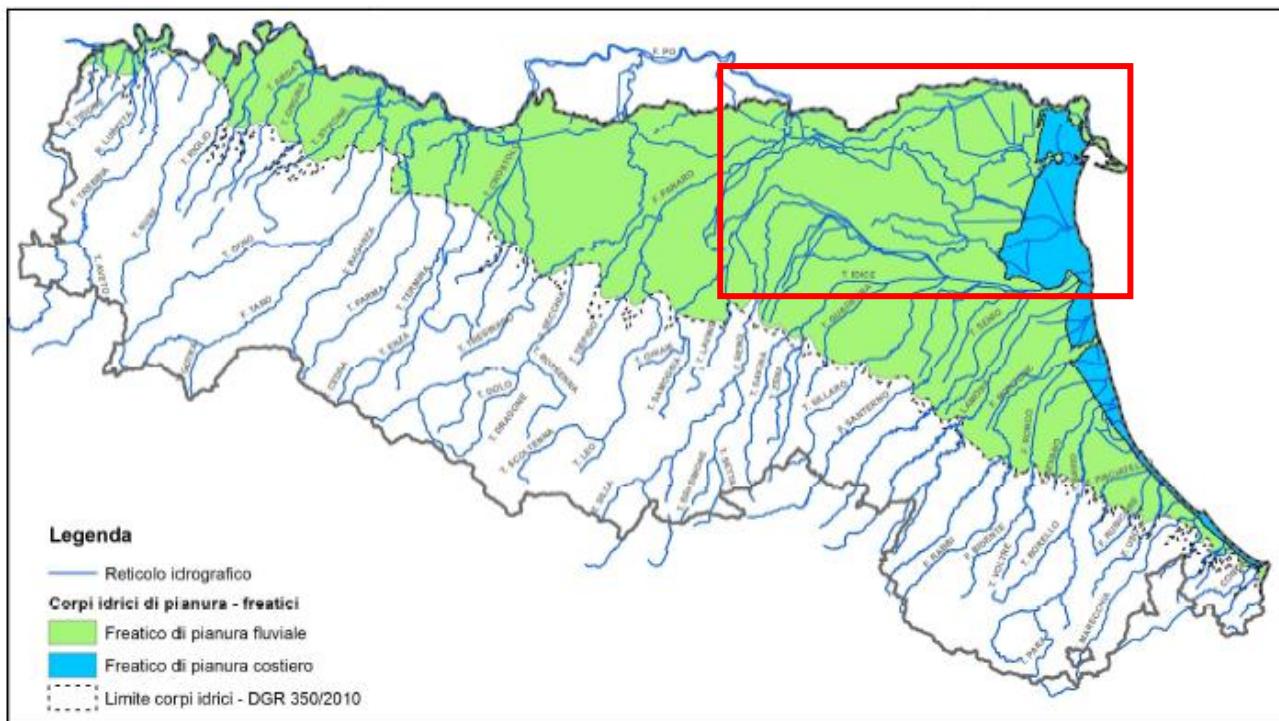
Figura 3.8 - Distribuzione territoriale, per classe di concentrazione ( $\mu\text{g/l}$ ) media annua di fitofarmaci (sommatoria totale), delle stazioni delle reti delle acque superficiali fluviali e degli invasi (2022) (tratto da report acque sup. Arpae, 2022).

### 3.2. Stato corpi idrici sotterranei

Il monitoraggio delle acque sotterranee in Emilia-Romagna, avviato nel 1976 per la componente quantitativa e nel 1987 per quella qualitativa, è stato adeguato dal 2010 alle Direttive Europee 2000/60/CE e 2006/118/CE, che prevedono come obiettivo ambientale per i corpi idrici sotterranei il raggiungimento dello stato “buono”, che si compone di uno stato quantitativo e di uno stato chimico. In Italia le direttive sono state recepite dal DLgs 30/2009, che ha contestualmente modificato il Testo Unico ambientale (DLgs 152/2006). L’applicazione dei nuovi criteri normativi ha modificato il sistema di monitoraggio delle acque sotterranee dell’Emilia-Romagna adottato fino al 2009, ai sensi del DLgs 152/1999, portando a una nuova individuazione dei corpi idrici sotterranei e alla modifica dei criteri per la definizione dello stato chimico e dello stato quantitativo, riferiti a ciascun corpo idrico o raggruppamento degli stessi (report Arpae acque sotterranee, 2019; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee>).

Con Delibera di Giunta Regionale 350/2010, la Regione Emilia-Romagna ha approvato i nuovi corpi idrici sotterranei del primo Piano di Gestione dei Distretti idrografici (PdG) che ricadono nel territorio regionale (Padano, Appennino Settentrionale e Appennino Centrale), la rete e il programma di monitoraggio ambientale degli stessi dal 2010 al 2015. Nel corso dell’anno 2015 è stato aggiornato il quadro conoscitivo ambientale dei corpi idrici sotterranei, sono state valutate le misure di risanamento necessarie ed è stata effettuata una revisione dei corpi idrici sotterranei, passando da 145 corpi idrici a 135 a seguito delle evidenze del monitoraggio effettuato nel periodo 2010-2013. Sono state inoltre aggiornate le reti di monitoraggio al fine di contribuire, in stretto coordinamento con le Autorità di Distretto Idrografico competenti, alla redazione del secondo PdG (2015-2021) (<https://pianoacque.adbpo.it/approvato-il-secondo-aggiornamento-del-piano-di-gestione-delle-acque-2021/>).

Criteri importanti nella definizione dei corpi idrici, oltre le caratteristiche geologiche (complessi idrogeologici, mezzi porosi o fessurati) e idrogeologiche (acquiferi liberi e confinati), sono le pressioni antropiche che insistono sulle acque sotterranee e i relativi impatti, la cui entità può o meno determinare il raggiungimento degli obiettivi di buono stato, sia chimico che quantitativo, dei corpi idrici medesimi (report Arpae acque sotterranee, 2019; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee>).



*Figura 3.9: Corpi idrici sotterranei freatici di pianura (tratta da report ARPAE 2014-2019).*

L’acquifero emiliano-romagnolo sulla verticale è composto da 3 Gruppi Acquiferi (denominati dall’alto al basso A, B e C), separati fra loro dall’interposizione di importanti acquitardi. Ciascun Gruppo Acquifero a sua volta è suddiviso in 13 Unità Idrostratigrafiche gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi, secondo un modello di suddivisione gerarchico (ENI-AGIP, 1988) basato sul volume complessivo di acquiferi utili in ciascuna unità e su spessore, continuità ed estensione areale del livello acquitardo di ciascuna unità.

Lo studio “Risorse idriche sotterranee della Provincia di Ferrara” individua all’interno del Gruppo Acquifero A (il primo acquifero confinato e sfruttato in modo intensivo) 5 Unità Idrostratigrafiche principali denominate Complessi Acquiferi: rispettivamente dall’alto verso il basso Complesso Acquifero A0 (l’acquifero freatico in [Fig. 3.9](#)), A1 e A2 in [Fig. 3.10](#), A3 e A4 in [Fig. 3.11](#). I Complessi Acquiferi A1 e A2, sono stati ulteriormente suddivisi in A1-I/A1-II e A2-I/A2-II che rappresentano delle Unità Idrostratigrafiche alla scala locale (Provincia). In particolare, i Complessi Acquiferi A1-II e A2-II hanno un’estensione ed uno spessore dei depositi poroso-permeabili (sabbie) molto inferiore rispetto ai Complessi Acquiferi A1-I e A2-I.

**Complesso Acquifero A0 (sistema acquifero freatico):** è costituito prevalentemente da corpi sabbiosi nastriformi, sia di origine padana che appenninica. I corpi sabbiosi appenninici occupano gran parte del territorio provinciale, amalgamandosi con i depositi padani solo nell'estremo settore nord. Spesso questi depositi sabbiosi, si incassano all'interno di argille e limi di piana deltizia o di palude/laguna che formano l'acquitardo del sistema acquifero A0. Solo raramente si hanno dei

depositi sabbiosi, per lo più di origine padana, che sono in grado, visto il loro spessore, di amalgamarsi con il sistema acquifero sottostante A1-I. Questi corpi interessano in particolar modo il settore nordoccidentale della provincia (Alto Ferrarese), dove è stato rinvenuto un paleocanale che raggiunge spessori di 15-18 m, una larghezza di 2-3 km e si sviluppa da Stellata a Bondeno per poi proseguire fino a Ferrara.

**Complesso Acquifero A1-I:** nel settore orientale della provincia si trova a profondità massima di circa -50/-60 m s.l.m. con spessori che raggiungono i 40-50 m per poi risalire a -5/-10 m s.l.m. nel settore occidentale, con spessori di 15-20 m. Qui esso continua verso sud amalgamandosi con le sabbie appenniniche attribuibili ai depositi di riempimento dei canali fluviali del Reno e si chiude poi passando a depositi limoso-argillosi di piana alluvionale (nel territorio del comune di Cento).

**Complesso Acquifero A1-II:** è distinto in due corpi principali, uno ad est di origine marina ed uno ad ovest di origine continentale che si sviluppa su buona parte del territorio dell'Alto Ferrarese. Quest'ultimo raggiunge spessori di circa

12-15 m e si colloca all'interno della depressione strutturale compresa tra l'alto di Poggio Renatico-Spinazzino e quello di Casaglia.

**Complesso Acquifero A2-I:** la profondità del tetto passa da circa -40 m s.l.m. nel settore nord-occidentale a circa -130/-140 m s.l.m. nel settore orientale.

**Complesso Acquifero A2-II:** è un corpo sabbioso di origine marina che si chiude progressivamente verso ovest ed infatti esso è totalmente assente nell'Alto Ferrarese.

**Complesso Acquifero A3:** la superficie del tetto si trova a profondità di circa -70/-90 m s.l.m. nelle zone di alto strutturale per poi arrivare gradualmente a una profondità massima di circa -220/-230 m nel settore orientale dove gli assi strutturali si immagazzinano verso E-NE.

**Complesso Acquifero A4:** la superficie del tetto si trova a profondità di circa -90/-100 m s.l.m nelle zone di alto strutturale per poi arrivare gradualmente a una profondità massima di -260/-280 m nell'estremo settore orientale, dove gli assi strutturali si immagazzinano verso E-NE.

Si riporta di seguito una breve sintesi delle valutazioni sulle criticità e potenzialità dei serbatoi acquiferi ferraresi riportate nello studio “Risorse idriche sotterranee della Provincia di Ferrara”.

Nel **settore orientale** del territorio ferrarese il **Sistema Acquifero A1-I** presenta intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica e facies idrochimiche naturali “particolari”, in quanto risulta maggiormente confinato e relativamente vicino alla zona in cui i depositi grossolani affiorano sul fondo del mare Adriatico.

Nel **settore occidentale** il **Sistema Acquifero A1-I** ha visto compromesso il proprio stato ambientale con una forte espansione del cuneo salino causata dal continuo aumento di prelievi, sia industriali che acquedottistici, iniziati a partire dagli anni '50.

Una simile evoluzione si è verificata nell'**estremo settore occidentale** del territorio ferrarese dove i pompaggi hanno amplificato i fenomeni di diffusione e di mescolamento tra acque dolci e quelle salse.

Nel **settore orientale e in parte meridionale** del territorio ferrarese il **Sistema Acquifero A2-I** presenta intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica e facies idrochimiche naturali “particolari”; in queste zone il serbatoio acquifero, oltre ad essere in prossimità dell’interfaccia acqua dolce/acqua salmastra, presenta condizioni chimico-fisiche in grado di dar luogo alla formazione di metano (CH<sub>4</sub>) (campi pozzi metaniferi di Gallare e di Consandolo).

Similmente al **sistema acquifero A1-I** anche **A2-I** risente, nell'**estremo settore occidentale** del territorio, del mescolamento tra acque dolci e quelle salse provenienti dal modenese.

Il **settore di A2-I** che si estende a sud di Ferrara fino a Poggio Renatico, Malalbergo e S. Agostino ha mantenuto discrete condizioni quali-quantitative.

Riguardo ai **sistemi A3 e A4**, viste le loro forti condizioni di confinamento, le aree di ricarica molto distali e la parziale saturazione in acqua salmastra data dalla loro genesi sedimentaria, è consigliabile uno sfruttamento molto limitato in settori, principalmente quelli sud-orientali del territorio ferrarese.

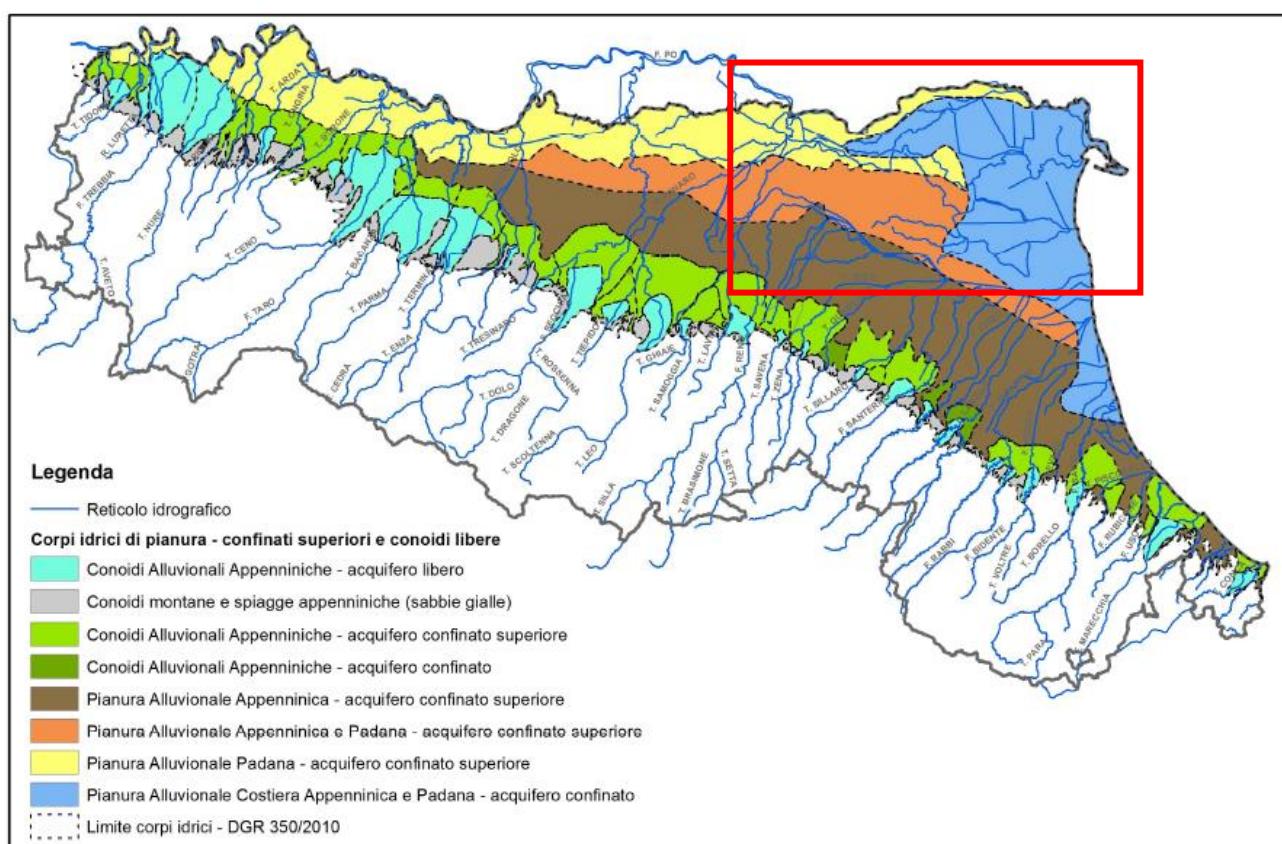


Figura 3.10: corpi idrici sotterranei di pianura liberi e confinati superiori (acquiferi A1 e A2) (tratta da report ARPAE 2014-2019).

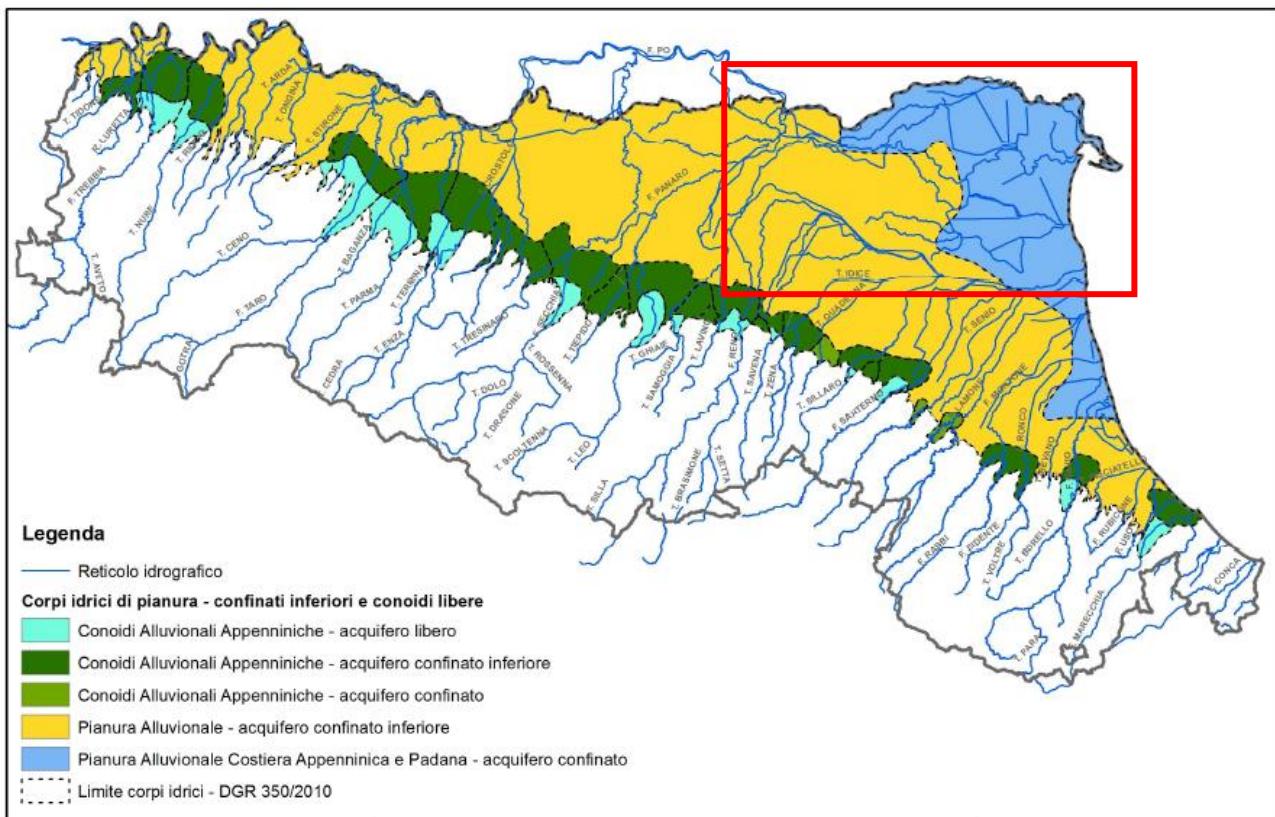


Figura 3.11: corpi idrici sotterranei di pianura confinati inferiori (acquiferi A3, A4, B e C) (tratta da report ARPAE 2014-2019).

Lo stato qualitativo delle acque sotterranee dipende dalla vulnerabilità degli acquiferi. I corpi idrici di pianura, come emerge dalla “valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019” effettuata da Arpa e Regione Emilia-Romagna, dicembre 2020, risultano avere uno stato chimico “scarsa”.

Tra le sostanze chimiche presenti nelle acque sotterranee con concentrazioni significative, i nitrati sono di sicura origine antropica, derivanti dall’uso in agricoltura di fertilizzanti azotati e dallo spandimento di reflui zootecnici, oltre che da potenziali perdite delle reti fognarie e da scarichi urbani e industriali puntuali.

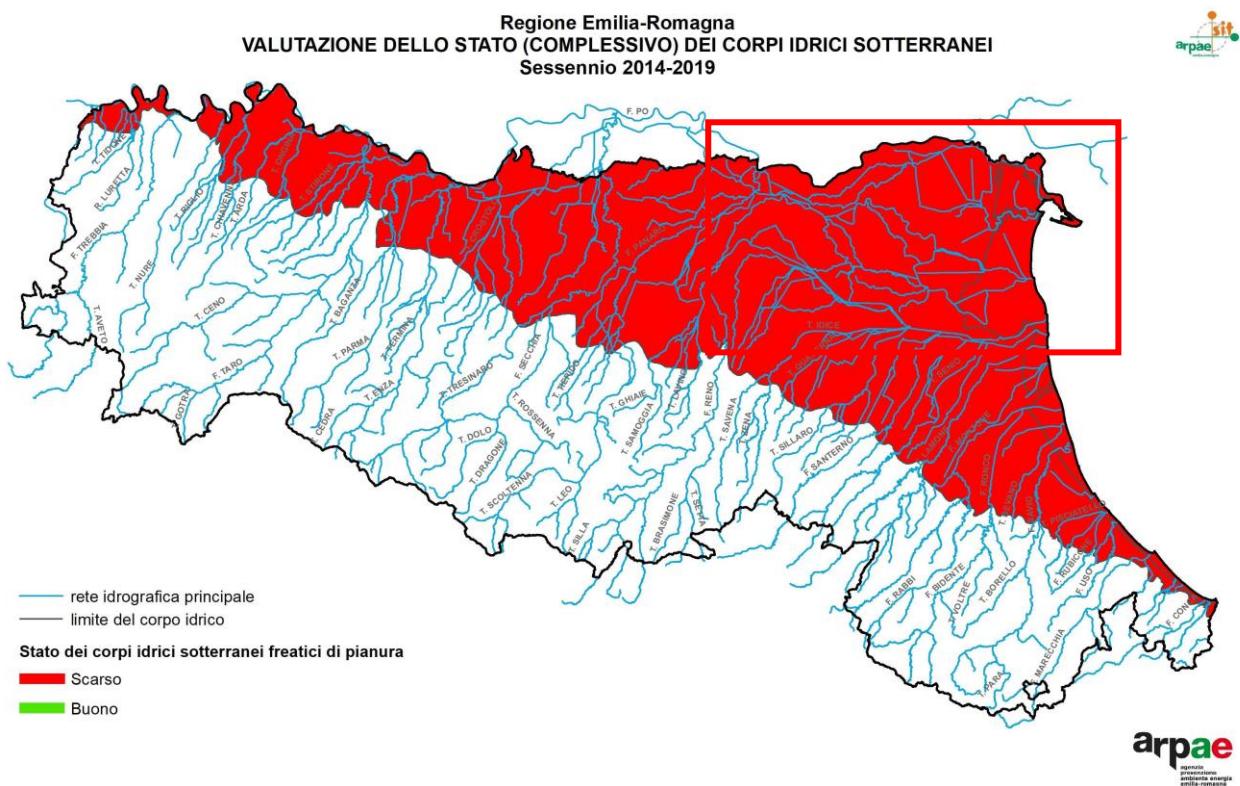
La presenza di nitrati si riscontra nei corpi idrici freatici di pianura caratterizzati da elevata vulnerabilità perché hanno uno spessore medio di circa 10 m e sono in relazione diretta con i corsi d’acqua e canali superficiali per tutta la pianura, oltre che con il mare nella zona costiera.

L’intera provincia di Ferrara è zona vulnerabile da nitrati di origine agricola (DGR 309/21) da PTA e PTCP in attuazione al PTA.

Per visionare le mappe delle concentrazioni dei composti chimici nei diversi corpi idrici e mappe relative allo stato quantitativo si rimanda al report acque sotterranee 2014-2019 di Arpa

(<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee>), in attesa del report aggiornato.

Di seguito vengono invece riportate le mappe sullo “Stato Complessivo” delle acque sotterranee ([Figg. 3.12](#); [3.13](#) e [3.14](#)). Lo stato complessivo dei corpi idrici sotterranei viene definito come il migliore tra gli stati quantitativo e chimico di ciascun corpo idrico. Pertanto lo stato complessivo di ciascun corpo idrico sotterraneo è “buono” quando sono in classe “buono” stato chimico e quantitativo, in tutti gli altri casi lo stato del corpo idrico è “scarsa”.



**Figura 3.12: Valutazione stato complessivo dei corpi idrici freatici di pianura (2014-2019) (tratta da report ARPAE 2014-2019).**

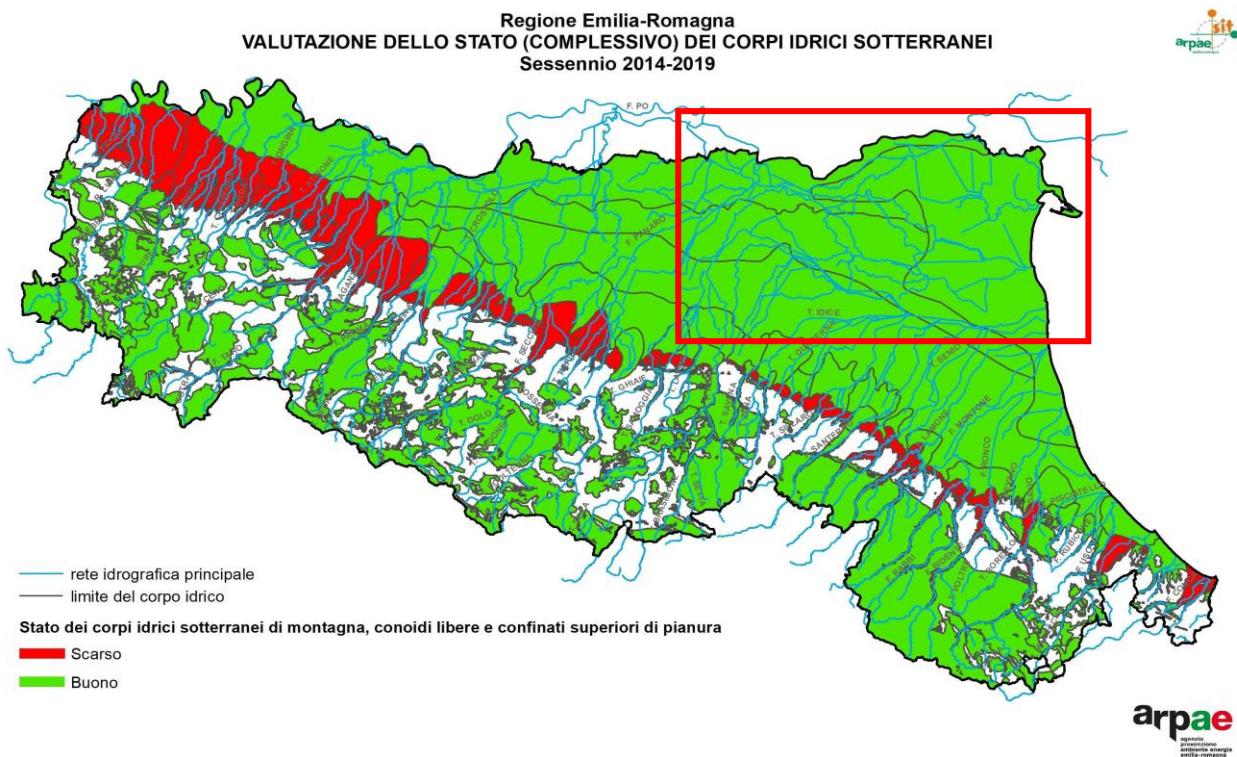


Figura 3.13: Valutazione stato complessivo dei corpi idrici montani, conoidi libere e confinati superiori di pianura (2014-2019) (tratta da report ARPAE 2014-2019).

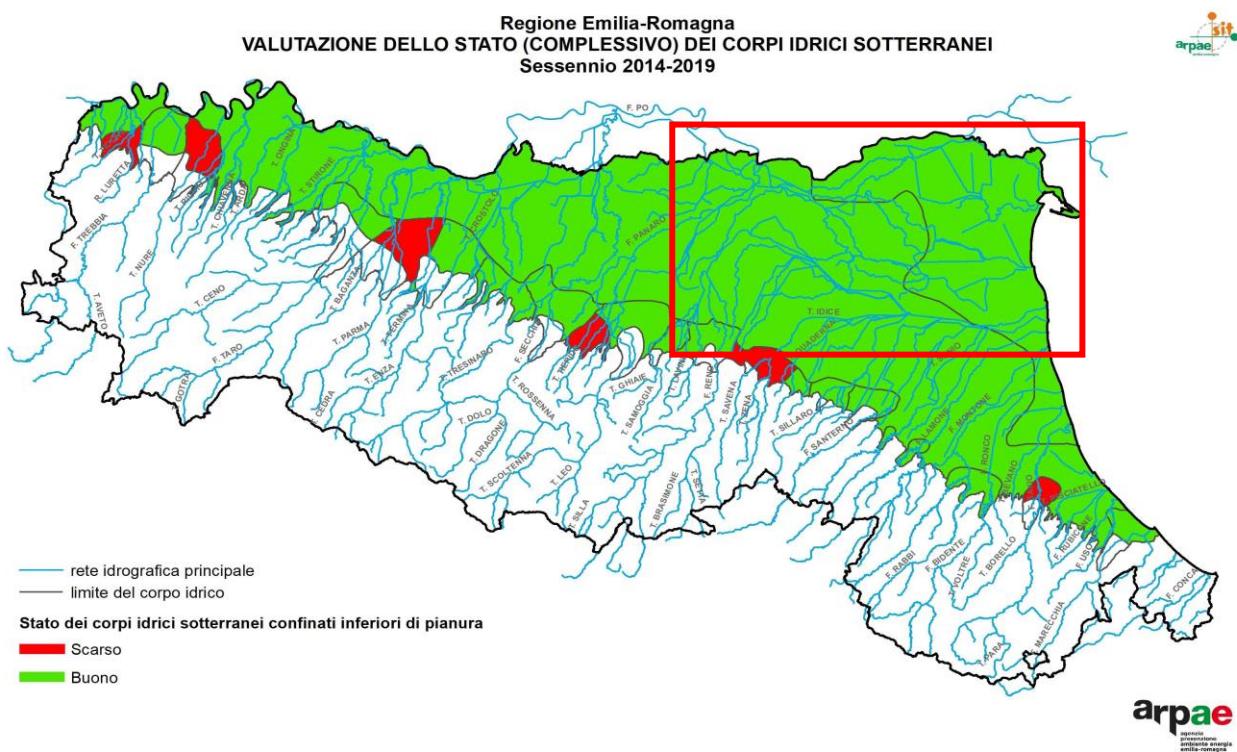


Figura 3.14: Valutazione stato complessivo dei corpi idrici confinati inferiori di pianura (2014-2019) (tratta da report ARPAE 2014-2019).

### 3.3. Obiettivi del PTA 2030 ai quali il PTAV si ispira

La Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE) (DQA) ha previsto il raggiungimento o il mantenimento, dove già raggiunto, dell'obiettivo di “buono stato ambientale” per tutti i corpi idrici entro precise scadenze, obiettivo che verrà fatto suo, come previsto dalla normativa vigente, dal PTA 2030.

La valutazione dello stato qualitativo dei corpi idrici e la correlazione tra stato, pressioni e impatti, ha fatto emergere quelle che sono le principali criticità e questioni aperte che il PTA 2030 dovrà affrontare al fine di rispettare gli obiettivi della DQA e definire obiettivi, strategie d’azione e misure specifici.

Tali criticità e questioni aperte possono essere riassunte in:

1. Prelievi idrici: rapporto tra scarsità d’acqua e fabbisogni:
  - acqua per l’agricoltura e salute dei fiumi;
  - acqua per gli usi civili;
  - acqua per l’industria;
2. Inquinamento in termini di sostanze organiche, nutrienti e microinquinanti:
  - inquinamento di origine puntuale: aree urbanizzate, industrie e impatti su fiumi e falde;
  - Inquinamento di origine diffusa: agricoltura e impatti su fiumi e falde;
3. Alterazioni idromorfologiche dei corpi idrici fluviali;
4. Acqua e ambienti urbani.

Ognuna di queste criticità è stata analizzata in relazione ai contesti territoriali regionali ([Fig. 3.15](#)), sino a giungere alla definizione delle questioni territoriali specifiche da affrontare per ogni contesto, ed in particolare:

#### 1) Fiume Po

- Salvaguardia della risorsa idrica
- Tutela della naturalità e del paesaggio
- Controllo dell’inquinamento

#### 2) Pianura

- Acqua per l’agricoltura
- Controllo dell’inquinamento

- Tutela del paesaggio rurale e della natura di canali e corsi d'acqua

### 3) Territorio Urbanizzato

- Miglioramento del rapporto acqua-città
- Acqua per le attività economiche
- Controllo dell'inquinamento

### 4) Costa

- Acqua per la costa
- Controllo dell'inquinamento
- Valorizzazione degli ambiti costieri e delle acque di transizione

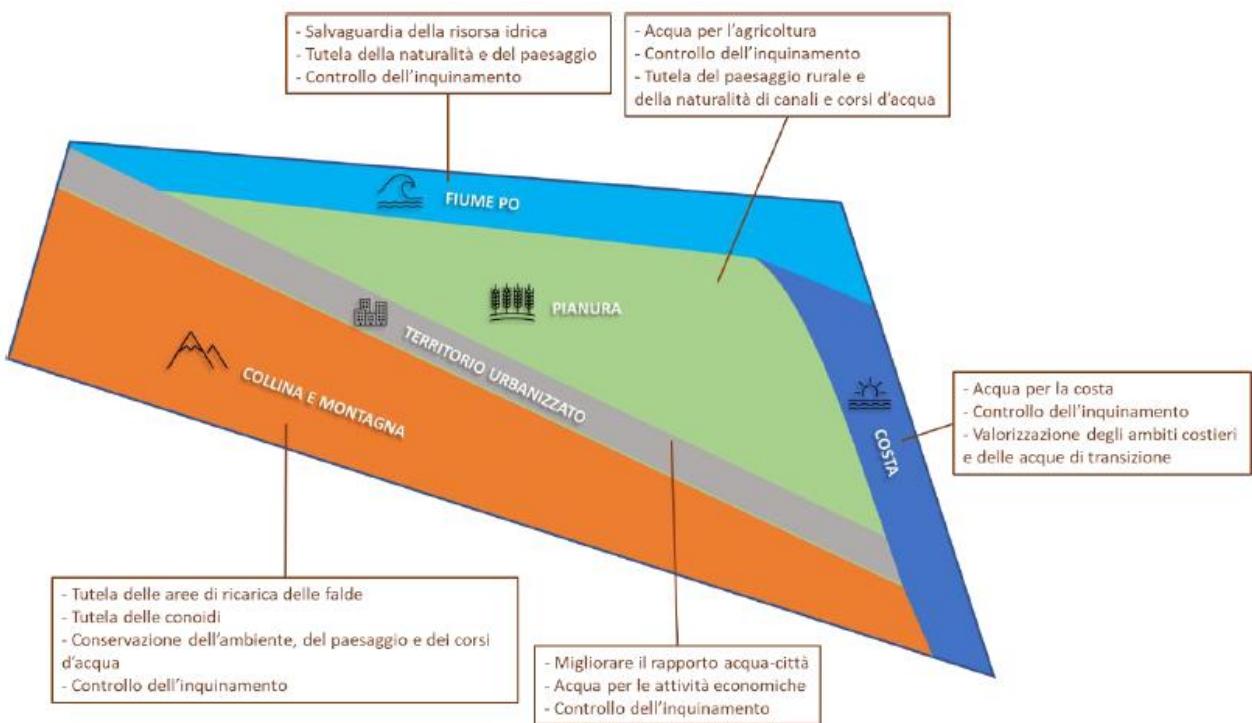
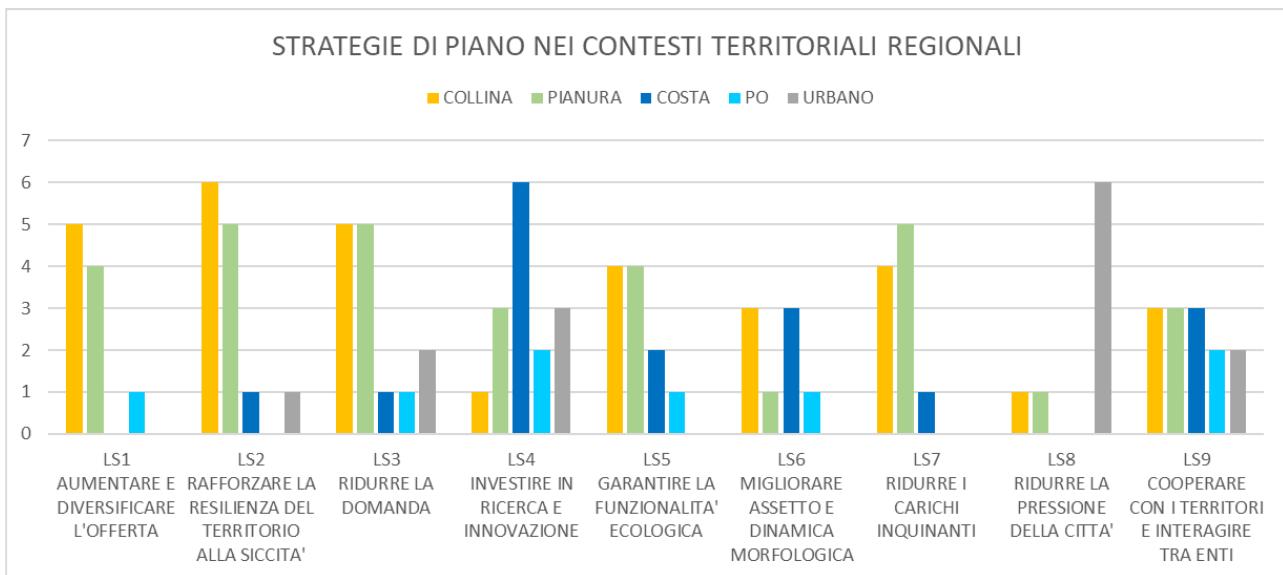


Figura 3.15 - Questioni territoriali relative ai contesti territoriali regionali, oggetto del PTA 2030 (tratta da DOS PTA 2030).

Infine, il PTA 2030 definisce delle linee strategiche, declinandole ai vari contesti territoriali regionali. Di seguito viene proposto un istogramma riassuntivo che mostra l'importanza/significatività di attuare ciascuna delle linee strategiche nei diversi ambiti ([Fig. 3.16](#)).



*Figura 3.16 - Strategie e contesti territoriali.*

## 4. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), PAI Po, PAI Delta e PSAI Reno

### 4.1. Descrizione dei contenuti del PGRA

Il PGRA - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, detto brevemente Piano Alluvioni, è piano di bacino introdotto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE, “Direttiva Alluvioni”, recepita con il D.Lgs. n.49/2010, che costituisce base conoscitiva per gli aggiornamenti del PAI, coordinandosi con quest’ultimo per quanto riguarda la disciplina d’uso delle aree interessate.

Il Piano Alluvioni è lo strumento finalizzato a ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l’economia e l’ambiente, con finalità di informazione, prevenzione, autoprotezione e responsabilizzazione nei confronti degli eventi alluvionali e ottimale gestione delle emergenze per gli aspetti di protezione civile.

Il Piano Alluvioni si rapporta con gli altri piani e programmi di pari livello di governo (PAI, Piano di Gestione delle acque) e sottordinati (pianificazione comunale e provinciale), permettendo l’individuazione di obiettivi trasversali che assicurano maggiore efficacia di azione sui temi della pianificazione del territorio, dei cambiamenti climatici e della governance della gestione delle alluvioni.

Il primo PGRA è stato approvato nel 2016 (successivamente all’intesa PTCP-PAI sottoscritta nel 2012) ed è soggetto a cicli di revisione sessennale; nel 2022 è infatti stato approvato il PGRA II ciclo

di aggiornamento (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>), ed attualmente sono in corso delle revisioni a seguito delle alluvioni avvenute nel 2023/2024.

Da un lato, il PGRA tiene conto di tutte le misure che occorre adottare in “**tempo differito**” in termini di analisi dei processi fisici in atto; individuazione delle criticità; indicazione dei rimedi da declinarsi in interventi strutturali (opere di difesa intensive od extensive) e non strutturali, questi ultimi ritenuti prioritari, come le norme per governare la gestione del suolo e delle acque; le previsioni di sviluppo e l’uso del territorio; la conservazione della natura; la navigazione; ecc.. Tale componente è da ricondurre al PAI e alle pianificazioni provinciali su cui si è raggiunta l’intesa.

Dall’altro lato, il PGRA contiene le misure che occorre predisporre per la gestione in “**tempo reale**” dell’evento, proprie dei piani di protezione civile che contemplano: la previsione e il monitoraggio idro-meteorologico, il sistema di allertamento per il rischio idraulico e l’intervento di soccorso, la sorveglianza idraulica e la regolazione dei deflussi. Altro aspetto è quello dell’individuazione delle azioni concrete da attuare in corso di evento e della catena di comando. Tale componente è affidata alla elaborazione delle Regioni, in coordinamento tra loro, nonché con il Dipartimento nazionale della protezione civile, e mira a legare strettamente la pianificazione del tempo differito con quella del tempo reale.

Il nucleo del PGRA è costituito dalle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni.

La **pericolosità** descrive l’estensione potenziale delle inondazioni riferite a 3 scenari probabilistici rappresentati con tre diverse tonalità di blu:

- **P1/L (low)** - alluvioni rare,
- **P2/M (medium)** - alluvioni poco frequenti,
- **P3/H (high)** – alluvioni frequenti.

Il **rischio** esprime il risultato dell’incrocio tra la pericolosità e il danno potenziale, quest’ultimo funzione della destinazione d’uso dell’area e della presenza degli elementi potenzialmente esposti (popolazione coinvolta, servizi, infrastrutture, attività economiche, ecc.), ed è articolato secondo le 4 classi già definite dal PAI, con colori variabili dal giallo, arancione, rosso e viola:

- R1 - rischio moderato o nullo,
- R2 – rischio medio,
- R3 – rischio elevato,

- R4 – rischio molto elevato.

Gli approcci metodologici e le cartografie risultanti si differenziano in base al **contesto idrografico**, così ripartito per il territorio ferrarese:

- **Reticolo principale (RP)**: costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari;
- **Reticolo secondario di pianura (RSP)**: costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana;
- **Aree costiere marine (ACM)**: aree costiere del Mare Adriatico in prossimità del delta del Po;

La mappatura della **pericolosità** è stata sviluppata sulla base di un progetto esecutivo che ha coinvolto diversi soggetti per i diversi reticolli idrografici. Il Reticolo Principale è stato mappato dall'Autorità di bacino distrettuale, il Reticolo Secondario Collinare-Montano dalle Regioni con il coinvolgimento delle Province, così come il Reticolo Secondario di Pianura per il quale hanno collaborato anche URBIM e i Consorzi di Bonifica.

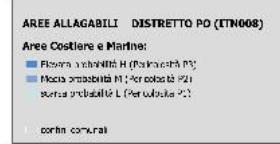
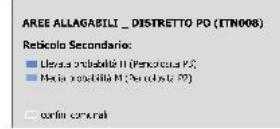
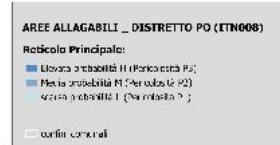
Di seguito vengono riportate le mappe di pericolosità per il Distretto Po e Distretto Reno, suddivise per contesto idrografico ed aggiornate al 2023 ([Figure 4.1](#) e [4.2](#)):



Provincia di Ferrara

PTAV

PIANO TERRITORIALE DI  
AREA VASTA



Piano di Gestione Rischio di Alluvioni  
- PGRA di ADBPO

Mappe della Pericolosità di Alluvioni  
(aggiornamento 2022 - II ciclo)

Carta delle Unità idrografiche (IDUOVI)

Distretto del Po

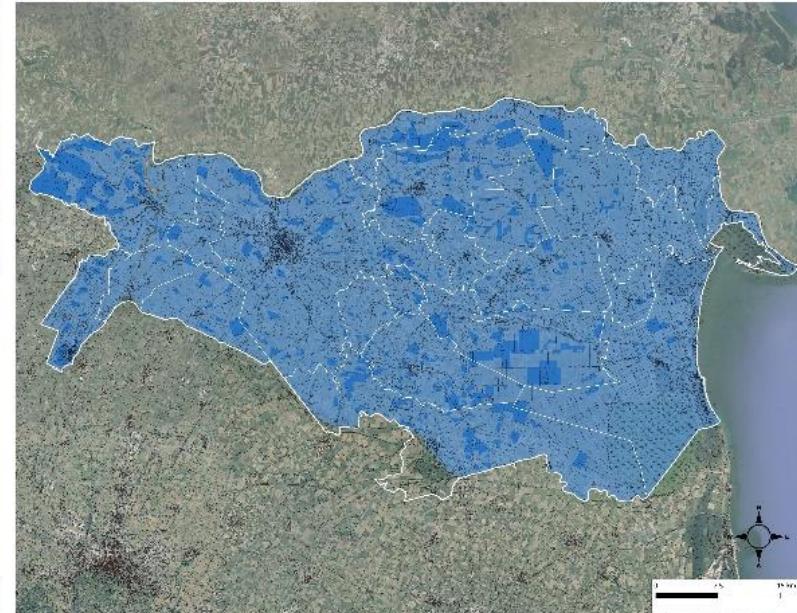
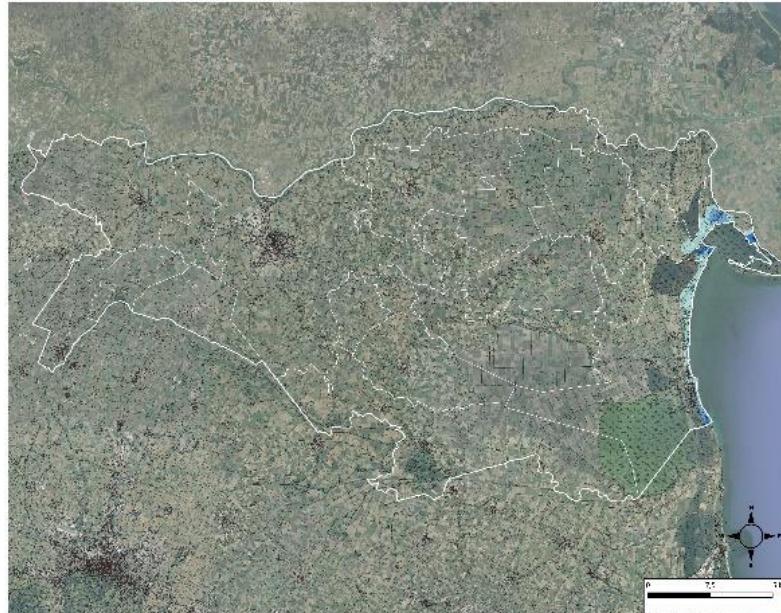
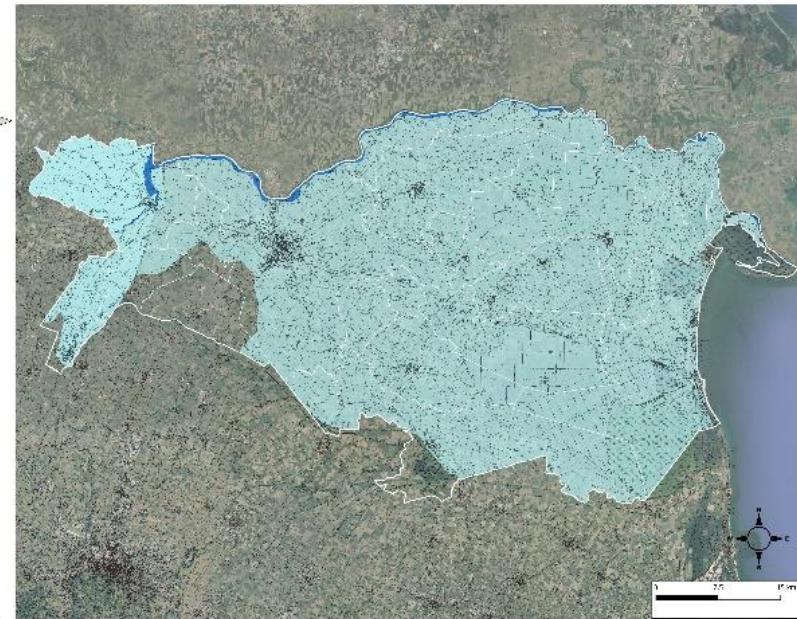
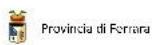
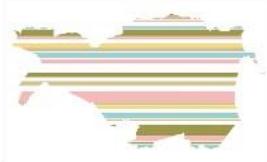


Fig. 4.1: Mappe di pericolosità di alluvioni per il territorio ferrarese, riferite a Reticolo Principale, Secondario di Pianura e costiero del Distretto Po.

Elaborazioni a cura del Servizio  
Pianificazione Territoriale e  
Urbanistica.



Provincia di Ferrara  
**PTAV**  
PIANO TERRITORIALE DI  
AREA VASTA



Piano di Gestione Rischio di Alluvioni  
- PGRA di ADIBFO -

Mappe della Pericolosità di Alluvioni  
(aggiornamento 2022 - II ciclo)

Carta delle Zone di Rischio (ZDR)

Distretto del Reno

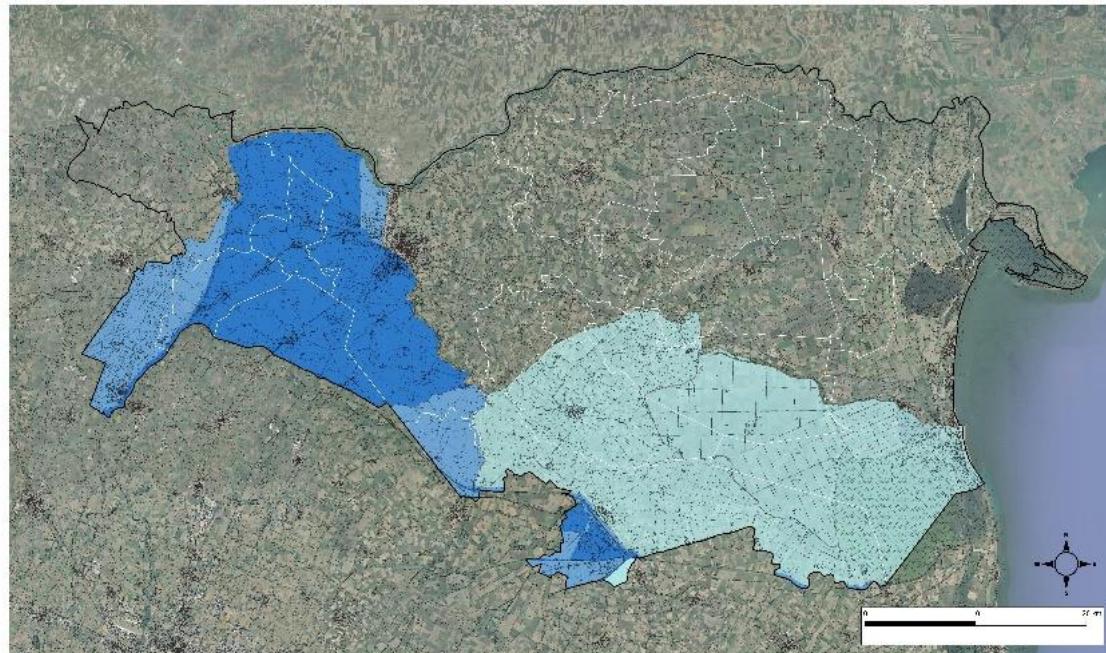
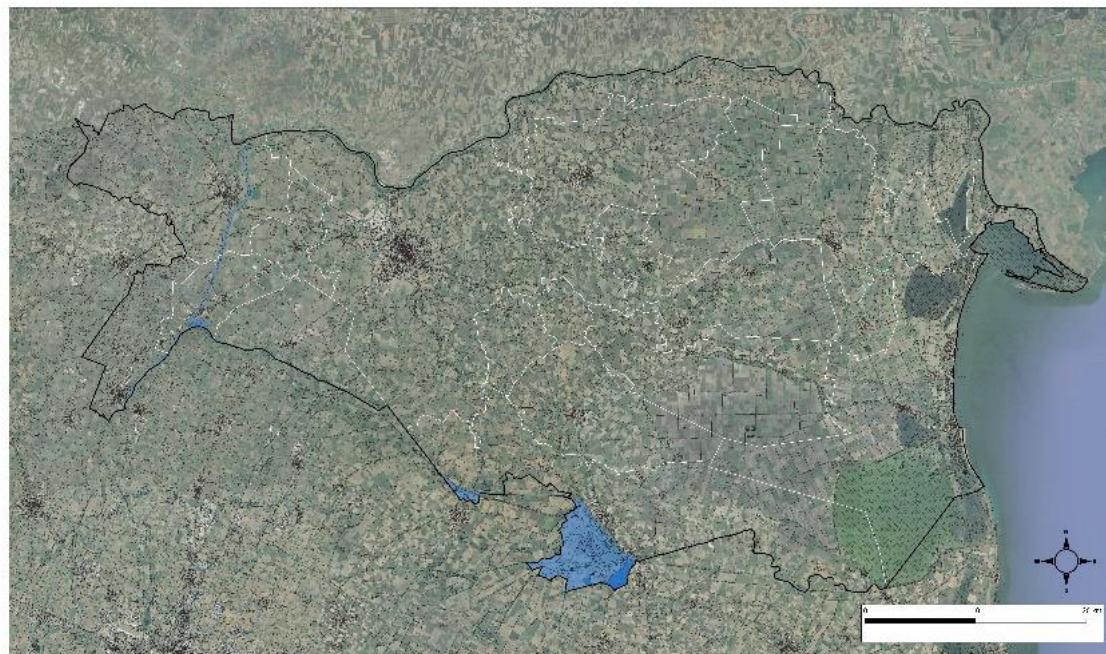


Fig. 4.2: Mappe di pericolosità di alluvioni per il territorio ferrarese, riferite a Reticolo Principale e Secondario di Pianura del Bacino Reno.

Elaborazioni a cura del Servizio  
Pianificazione Territoriale e  
Urbanistica.



Da queste mappe si evince che:

- per il Distretto Po, ad esclusione delle aree limitrofe alle sponde del Po per le quali la pericolosità da reticolo principale è ovviamente elevata, la pericolosità maggiore deriva dal reticolo secondario di pianura, che in tutto il territorio fornisce una pericolosità almeno P2.
- per il Distretto Reno, è invece il Reticolo Principale a costituire la minaccia maggiore soprattutto nella zona ovest, dove è presente anche il Cavo Napoleonico. Sono dunque i comuni di Bondeno, Ferrara, Vigarano Mainarda, Terre del Reno, Cento, Poggio Renatico ed Argenta quelli potenzialmente più a rischio di alluvione.

Come anticipato le mappe del **rischio** sono prodotte dall'incrocio fra le aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità e le destinazioni d'uso e gli elementi esposti censiti (areali, lineari e puntuali) raggruppati in classi omogenee di danno potenziale, quest'ultimo suddiviso in livelli che esprimono sinteticamente il valore e la vulnerabilità dell'elemento (D1, D2, D3, D4).

Gli elementi esposti considerati sono gli abitanti, le attività economiche, gli impianti industriali ad elevato potenziale inquinante (IED – Industrial Emissions Directive), aree protette e più in generale aree o manufatti soggetti a vincoli di tipo paesaggistico, archeologico e culturale.

I dati sugli elementi esposti derivano principalmente dalle carte di uso del suolo regionali e il dettaglio delle informazioni raccolte è adeguato ad una rappresentazione cartografica ad una scala compresa tra 1:10.000 e 1:25.000. Va evidenziato che le banche dati regionali sono risultate significativamente eterogenee fra loro, sia per asincronia dell'epoca del rilevamento dei dati sia per il diverso livello di dettaglio del rilevamento.

Per distinguere l'impatto assai diverso in termini di pericolo per la vita umana e danno per le attività antropiche, in relazione alla diversa intensità e modalità di evoluzione dei processi di inondazione, negli ambiti territoriali considerati sono utilizzate 3 matrici differenti ([Fig. 4.3](#)).

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

**Matrice 1**

- Reticolo principale (RP)
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM alpino)

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R3	R2
	D3	R3	R3	R1
	D2	R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

**Matrice 2**

- Aree costiere lacuali (ACL)
- Aree costiere marine (ACM), Reticolo secondario collinare e montano (RSCM appenninico)

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'	
		P3	P2
CLASSI DI DANNO	D4	R3	R2
	D3	R3	R1
	D2	R2	R1
	D1	R1	R1

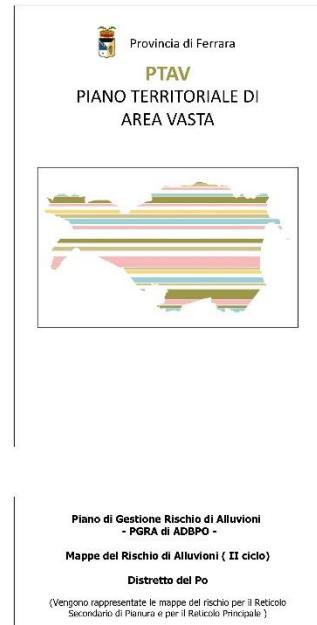
**Matrice 3**

- Reticolo secondario di pianura (RSP)

*Figura 4.3 – matrici per il calcolo del rischio di alluvione.*

In caso di sovrapposizione tra i diversi reticolli viene rappresentata la classe di rischio più elevata.

Nelle figure seguenti vengono riportate le mappe del rischio per il Distretto Po e Distretto Reno ([Figure 4.4](#) e [4.5](#)):



CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1	
D4	R4	R4	R3	R2
D3	R4	R3	R3	R2, R1
D2	R3	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1	R1

Matrice del rischio (Indirizzi Operativi MATTM)

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1	
D4	R4	R4	R4	R2
D3	R4	R3	R3	R2
D2	R3	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1	R1

RP e RSCM Alpino – Matrice A

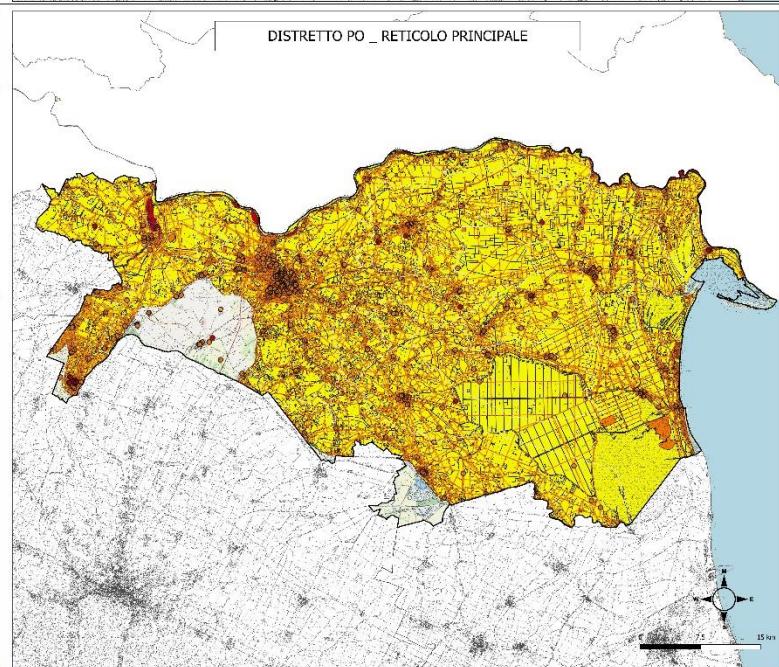
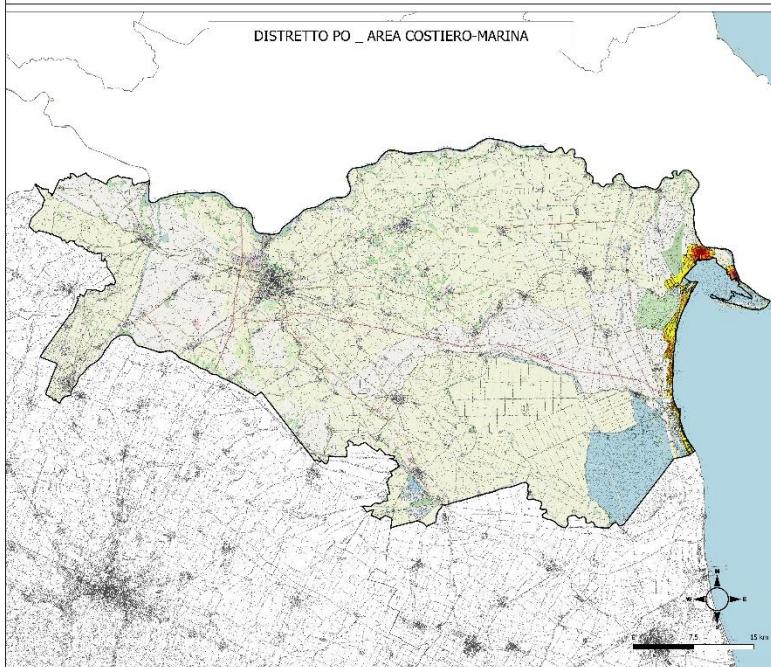
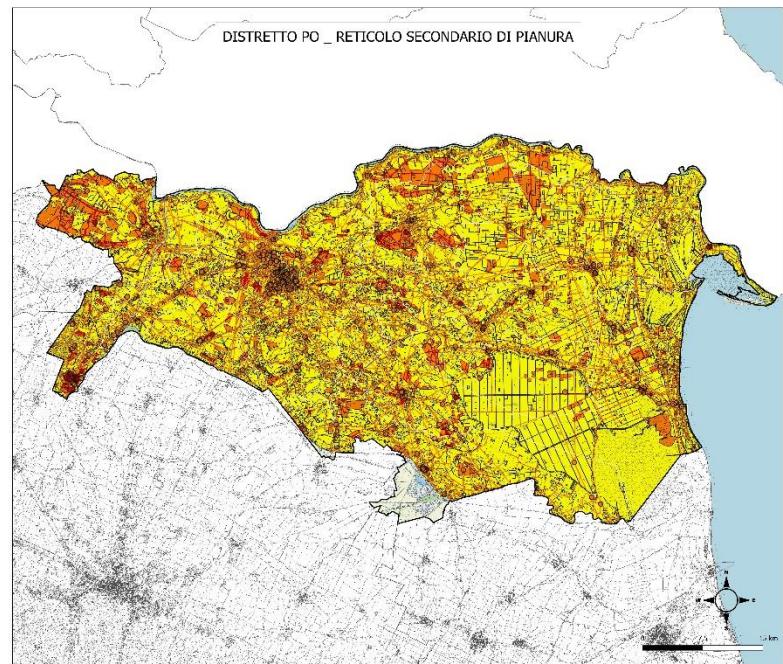
CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1	
D4	R4	R3	R2	R1
D3	R3	R3	R1	R1
D2	R2	R2	R1	R1
D1	R1	R1	R1	R1

RSCM Appennino, ACM e ACL – Matrice B

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1	
D4	R3	R2	R1	R1
D3	R3	R1	R1	R1
D2	R2	R1	R1	R1
D1	R1	R1	R1	R1

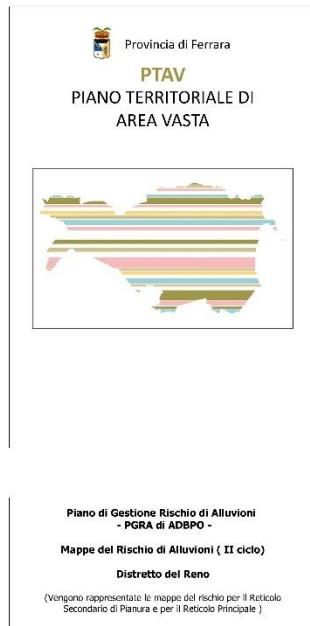
RSP – Matrice C



**Fig. 4.4: Mappe del rischio di alluvioni per il territorio ferrarese, riferite a Reticolo Principale, Secondario di Pianura e costiero del Distretto Po.**

**Elaborazioni a cura del Servizio Pianificazione Territoriale e Urbanistica.**





**LEGENDA**  
 elementi puntuali:  
 ● R1\_rischio a nullo  
 ● R2\_rischio moderato  
 ● R3\_rischio elevato  
 ● R4\_rischio molto elevato  
 elementi lineari:  
 — R1\_rischio a nullo o moderato  
 — R2\_rischio moderato  
 — R3\_rischio elevato  
 — R4\_rischio molto elevato  
 aree:  
 ■ R1\_rischio moderato o nullo  
 ■ R2\_rischio moderato  
 ■ R3\_rischio elevato  
 ■ R4\_rischio molto elevato  
 □ confine provinciale  
 confini comunali

*Fig. 4.5: Mappe del rischio di alluvioni per il territorio ferrarese, riferite a Reticolo Principale e Secondario di Pianura del Bacino Reno.*

*Elaborazioni a cura del Servizio Pianificazione Territoriale e Urbanistica.*

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R3
D3	R4	R3	R3
D2	R3	R2	R2
D1	R1	R1	R1

Matrice del rischio (Indirizzi Operativi MATTM)

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

RSCM Appennino, ACM e ACL – Matrice B

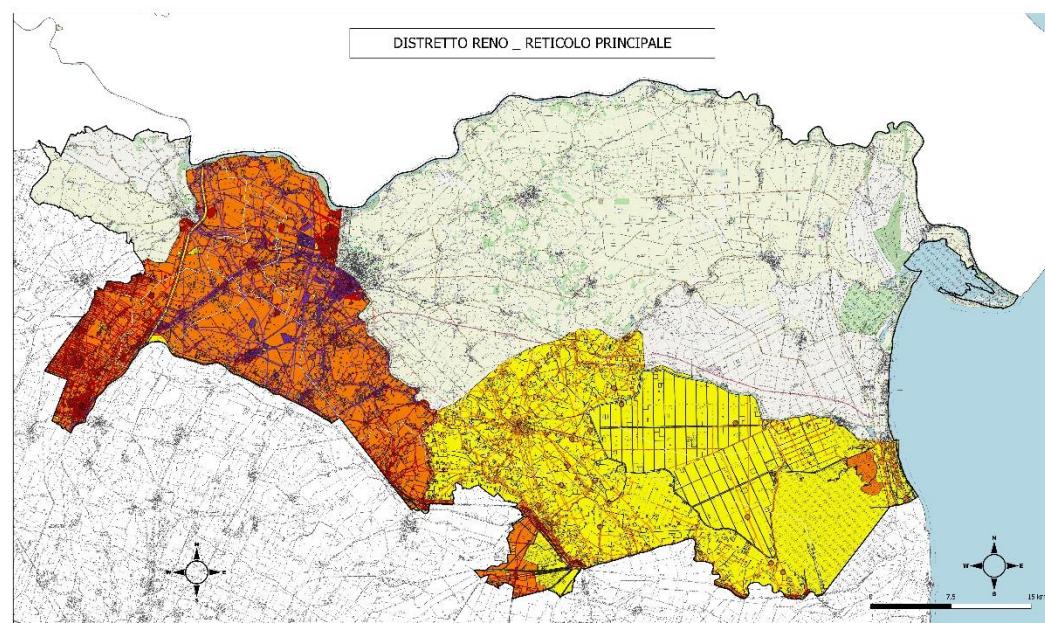
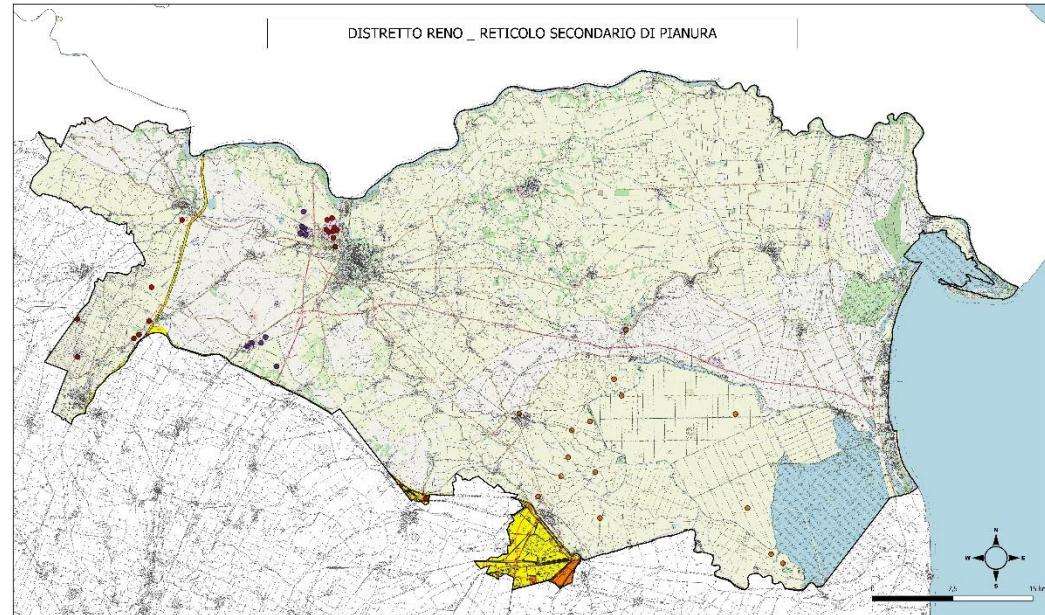
CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R2
D3	R4	R3	R2
D2	R3	R2	R1
D1	R1	R1	R1

RP e RSCM Alpino – Matrice A

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R3	R2	R1
D3	R3	R1	R1
D2	R2	R1	R1
D1	R1	R1	R1

RSP – Matrice C



Dalla valutazione del rischio possono discendere sia specifiche misure di prevenzione sia scelte di natura pianificatoria e programmatica in capo alle diverse Autorità competenti. Dalle mappe mostrate sopra in particolare si evince che è il Distretto Reno a comportare le principali situazioni di rischio in provincia, ed in particolare nella zona ovest da Cento, passando per Ferrara e Bondeno fino a Portomaggiore. In questa porzione del territorio di Area Vasta il rischio è almeno intermedio (R2), raggiungendo situazioni a rischio elevato o molto elevato (R3-R4) per la città di Ferrara e paesi quali Cento, Sant'Agostino, Mirabello, Poggio Renatico, Vigarano, Gallo ecc...

Il PGRA identifica inoltre alcuni corsi d'acqua come APSFR - Aree a Rischio alluvionale potenziale significativo (Areas of Potential Significant Flood Risk), di rango distrettuale o regionale. Le APSFR di rango distrettuale sono il Po e l'Arda, mentre le altre, di rango regionale, corrispondono a Chero-Chiavenna, Chero-Freddo, Chiavenna-Fontana Fredda, Chiavenna-Vigolo Marchese, Nure, Ongina, Stirone, Tidone, Vezzeno ([https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/MappeAreaAllagabili/Progetto\\_AggiornamentoMappeAA/DSG44\\_22/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/MappeAreaAllagabili/Progetto_AggiornamentoMappeAA/DSG44_22/)).

Tali aree possono essere oggetto di studi di dettaglio, mappature dedicate e regolamentazioni specifiche. Gli studi di dettaglio possono permettere di determinare tiranti idraulici e profili di piena per i diversi scenari di allagamento, fornendo informazioni aggiuntive circa la dinamica e l'entità dell'evento alluvionale in quel determinato settore, utili per le verifiche di compatibilità idraulica. In presenza di arginature, gli studi di dettaglio possono contemplare gli scenari di tracimazione e rottura arginale.

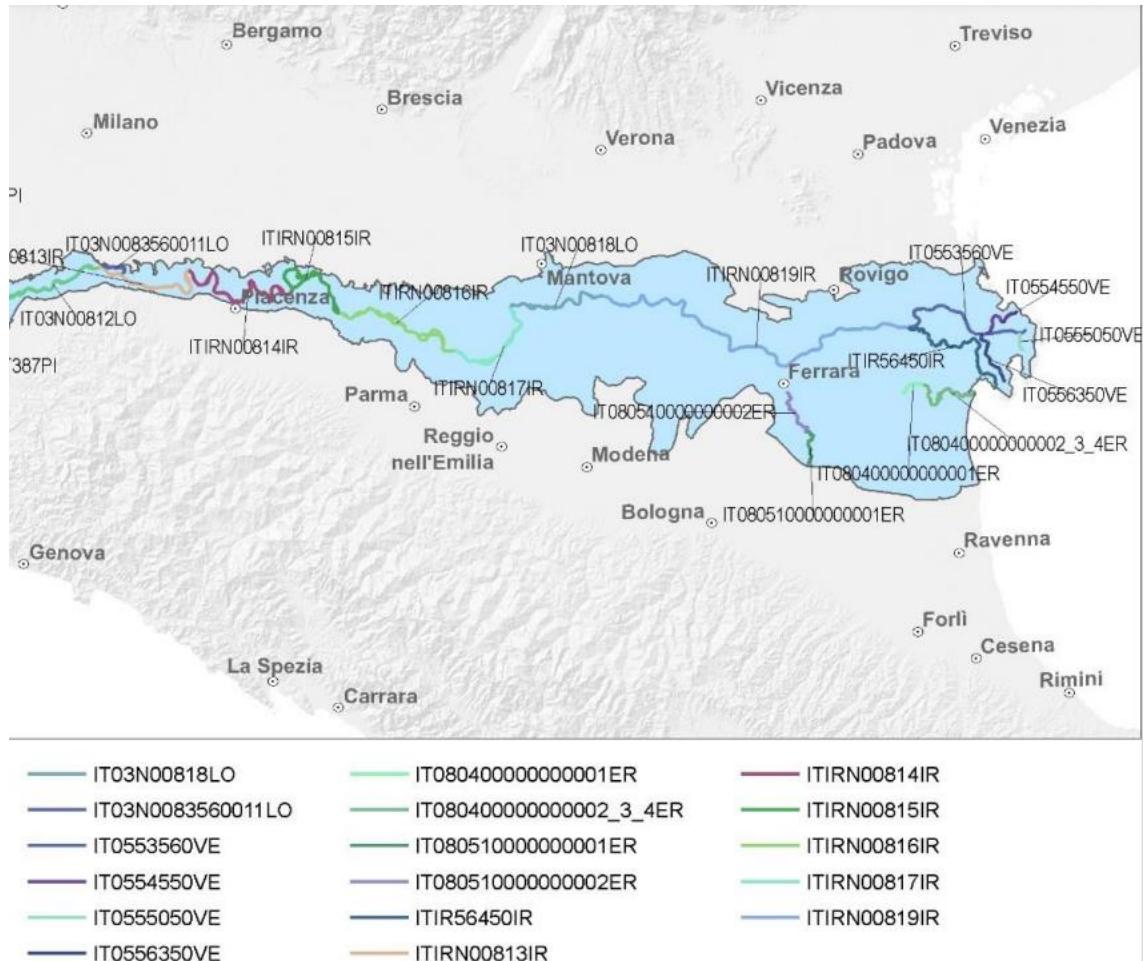
Le mappature di dettaglio ottenute per l'APSFR distrettuale arginata del Po (Progetto adottato con Decreto del Segretario Generale n. 44/2022) costituiscono al momento quadro conoscitivo di interesse per le verifiche di compatibilità idraulica e assumeranno effetti vincolanti di regolamentazione territoriale attraverso atti demandati alle Regioni (chiamate ad individuare le aree P2-M e P3-H esterne agli argini applicando su di esse misure coerenti con quelle previste per la Fascia fluviale C del PAI) (Progetto di aggiornamento APFSR distrettuali arginate - adbpo: [https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_APFSRdistrettuali/2\\_2\\_approfondimenti\\_APFSRarginate/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_APFSRdistrettuali/2_2_approfondimenti_APFSRarginate/)).

Le APSFR distrettuali che interessano il territorio ferrarese sono:

*1. Fiume Po da Torino al Mare*

La strategia di gestione del rischio di alluvione per l'asta arginata del fiume Po ([Fig. 4.6](#)) è incentrata in primo luogo sul miglioramento delle performance del sistema difensivo, garantendo un dettagliato monitoraggio ed una diffusa manutenzione ordinaria e straordinaria dei rilevati arginali. Ciò in quanto il sistema difensivo è strategico per la difesa di un ampio territorio fortemente antropizzato che ricomprende buona parte della pianura padana sia in territorio lombardo e veneto (sponda sinistra), che in quello emiliano (sponda destra). A tal fine è necessario assicurare un costante aggiornamento dei quadri conoscitivi ad oggi disponibili, integrandoli con analisi maggiormente dettagliate nelle zone più critiche e completandoli nei tratti non ancora indagati. In secondo luogo, la strategia di gestione deve consentire l'avvio di un'ampia azione di potenziamento della capacità di laminazione delle piene, mediante interventi con caratteristiche di infrastrutture verdi, e di recupero morfologico del corso d'acqua mediante la programmazione operativa degli interventi di gestione dei sedimenti prioritari già individuati nel PdGpo quali misure strategiche per il conseguimento degli obiettivi di qualità ecologica di cui alla Direttiva 2000/60/CE (tratto da *Progetto di aggiornamento APFSR distrettuali – adbpo* ; [https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_APFSRdistrettuali/2\\_1\\_schede\\_monografiche/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_APFSRdistrettuali/2_1_schede_monografiche/) ).

Per il programma delle misure specifiche per l'APSFR si rimanda sia alle schede monografiche, che ai documenti del programma delle misure parte A-B consultabili al link <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/> .



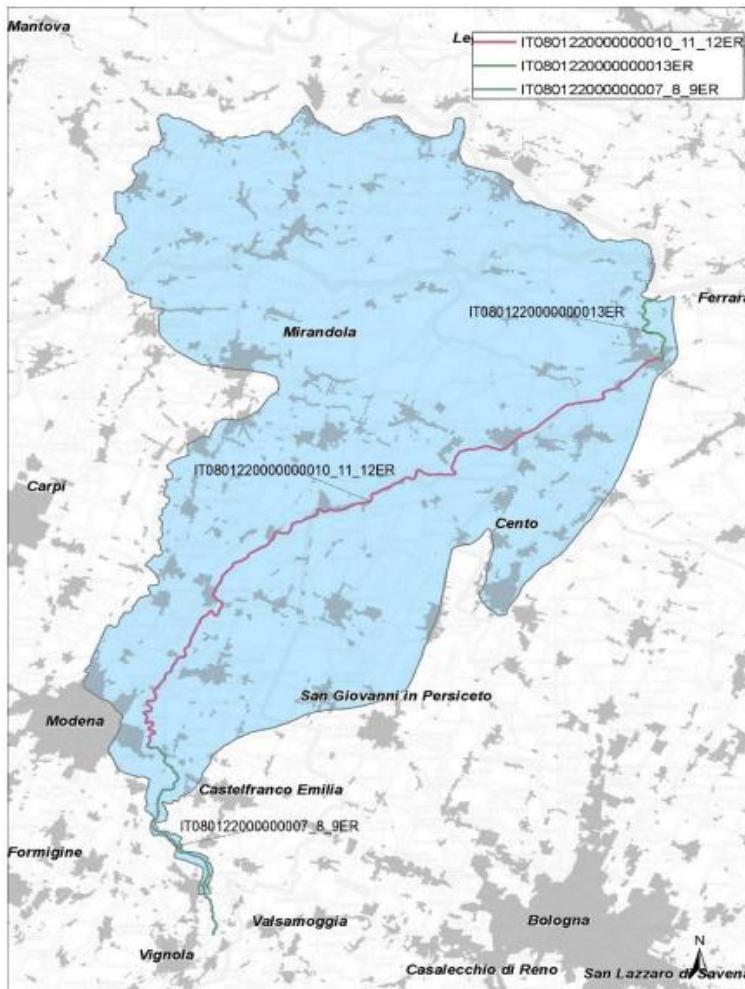
Codice corpo idrico	Nome corso d'acqua	Natura del corpo idrico	Sato			Obiettivo	
			Stato potenziale ecologico	Stato chimico	Stato ambientale	Stato ecologico	Stato chimico
ITIR56450IR	Po di Goro	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2015
IT0804000000000001ER	Po di Volano	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2015
IT0804000000000002_3_4_ER	Po di Volano	Artificiale	Scarso	Buono	Non Buono	Sufficiente al 2027	Buono al 2021
IT0805100000000001ER	Po di Primaro	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Sufficiente al 2027	Buono al 2027
IT0805100000000002ER	Po di Primaro	Artificiale	Scarso	Non Buono	Non Buono	Sufficiente al 2027	Buono al 2027
ITIRN00813IR	PO	Naturale	Sufficiente	Non Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono oltre il 2027
ITIRN00814IR	PO	Naturale	Sufficiente	Non Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono oltre il 2027
ITIRN00815IR	PO	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2015
ITIRN00816IR	PO	Naturale	Sufficiente	Non Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono oltre il 2027
ITIRN00817IR	PO	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2015
ITIRN00819IR	PO	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021

Figura 4.6 - Rappresentazione dei corpi idrici dell'APSFR Po da Torino al mare (tratto da scheda monografica delle APSFR distrettuali).

## 2. Panaro

La strategia di gestione del rischio di alluvione per l'area ([Fig. 4.8](#)) è stata incentrata da un lato sul miglioramento locale delle performance del sistema difensivo, al fine di garantire un omogeneo ed adeguato livello di sicurezza ai territori di pianura protetti dal sistema stesso, e dall'altro sul controllo della capacità di deflusso delle piene nel tratto arginato per garantire il transito della portata limite di progetto, mediante adeguamenti locali delle arginature e gestione della vegetazione, sulla definizione del Piano di laminazione delle piene relativo alla cassa d'espansione del Panaro, e sul completamento e potenziamento del sistema difensivo della città di Modena tramite il reticolo secondario di pianura. Inoltre, è necessario potenziare la capacità di laminazione, agendo anche sulla cassa attuale, nel caso in cui la regolazione della stessa non garantisca la laminazione della piena con TR 200 anni a valori compatibili con la portata limite del tratto arginato

([https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_AP\\_SFRdistrettuali/2\\_1\\_schede\\_monografiche/20\\_Panaro.pdf](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_AP_SFRdistrettuali/2_1_schede_monografiche/20_Panaro.pdf)).



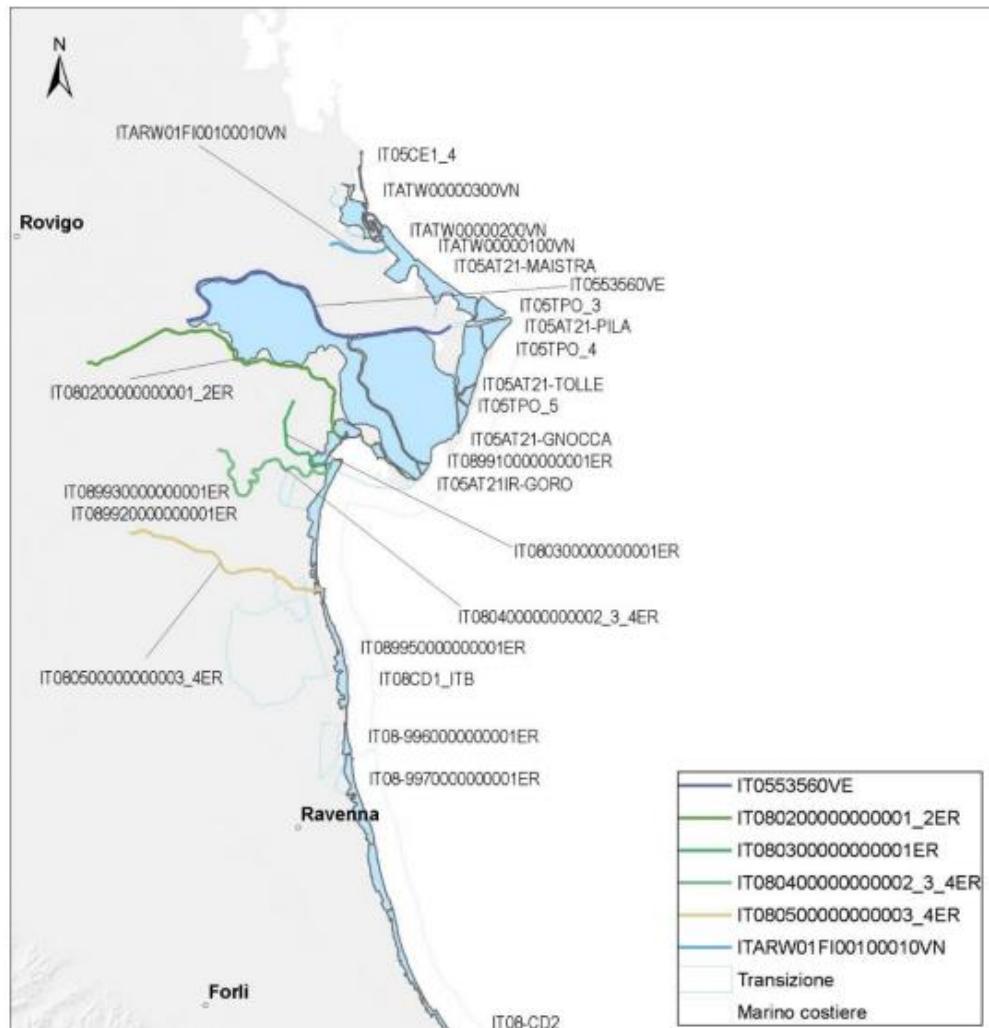
Codice corpo idrico	Nome corso d'acqua	Natura del corpo idrico	Sato			Obiettivo	
			Stato potenziale ecologico	Stato chimico	Stato ambientale	Stato ecologico	Stato chimico
IT0801220000000007_8_9ER	Panaro	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT0801220000000010_11_12ER	Panaro	Fortemente modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2021
IT0801220000000013ER	Panaro	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2021

Figura 4.8 - Corpi idrici dell'APSFR Panaro (tratto da scheda monografica delle APSFR distrettuali).

Per il programma delle misure specifiche per l'APSFR si rimanda sia alle schede monografiche, che ai documenti del programma delle misure parte A-B consultabili al link <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>.

### *3. Ambito costiero marino*

In attuazione del Protocollo con le Università-CNR (vedi paragrafo 5.1 della Relazione metodologica) è stata attivata una collaborazione biennale (aprile 2021-aprile 2023) tra AdbPo e l'UNIFE-DFST di Ferrara, lo IUSS di Pavia, il CNR-ISMAR di Venezia per l'approfondimento tecnico-scientifico dei quadri conoscitivi dell'ambito costiero marino, i cui obiettivi generali sono: i) migliorare le conoscenze delle forzanti meteomarine (onde e livelli) che generano eventi di mareggiate lungo l'APSFR costa, per poter aggiornare le mappe di pericolosità e rischio prodotte nell'ambito della Direttiva Alluvioni sulla base di scenari uniformi; ii) produrre una revisione di tutti i dati sul trasporto solido fluviale per i corsi d'acqua che ricadono all'interno dell'area di competenza dell'AdbPo (APSFR costa); iii) proposta di un protocollo metodologico per il futuro monitoraggio del trasporto solido fluviale al fondo in aree di pianura ([https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_AP\\_SFRdistrettuali/2\\_1\\_schede\\_monografiche/21\\_Costa.pdf](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_AP_SFRdistrettuali/2_1_schede_monografiche/21_Costa.pdf)).



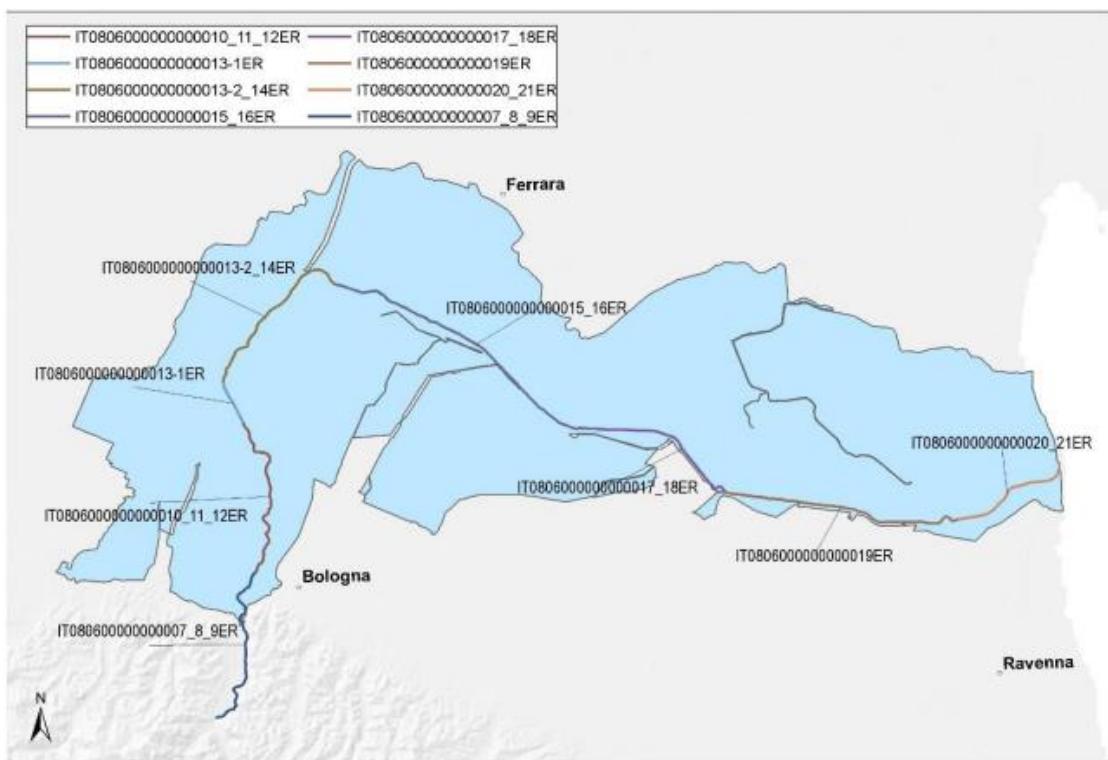
Codice corpo idrico	Bacino idrologico	Natura del corpo idrico	Sato			Obiettivo	
			Stato potenziale ecologico	Stato chimico	Stato ambientale	Stato ecologico	Stato chimico
IT0803000000000001ER	Giralda	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non buono	sufficiente al 2027	buono al 2015
IT0802000000000001_2ER	Canal Bianco - secondo tronco	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non buono	buono oltre il 2027	buono al 2021
IT0804000000000002_3_4ER	Po di Volano	Artificiale	Scarso	Buono	Non buono	sufficiente al 2027	buono al 2021
IT0805000000000003_4ER	Burana - navigabile	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non buono	sufficiente al 2027	buono al 2021
ITARW01FI00100010VN	Po di Levante	Artificiale	Sufficiente	Buono	Non buono	buono oltre il 2027	buono al 2021
IT0553560VE	Po	Naturale	Sufficiente	Buono	Non buono	buono oltre il 2027	buono al 2015

*Figura 4.9 – Rappresentazione dei Corpi idrici dell’APSFR Costa (tratto da scheda monografica delle APSFR distrettuali).*

Per il programma delle misure specifiche per l’APSFR si rimanda sia alle schede monografiche, che ai documenti del programma delle misure parte A-B consultabili al link <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>.

#### *4. Fiume Reno dalla Chiusa fino al mare*

La strategia di gestione del rischio di alluvione per l’area è stata incentrata da un lato sul miglioramento locale delle performance del sistema difensivo, al fine di garantire un omogeneo e adeguato livello di sicurezza ai territori di pianura protetti dal sistema stesso, e dall’altro sul potenziamento della capacità di espansione e laminazione delle piene nel tratto a monte della confluenza con il Samoggia. Considerato che l’adeguamento in quota del sistema arginale del fiume Reno non può essere perseguito se non mediante piccoli rialzi, date le condizioni strutturali del sistema, le misure per potenziare la capacità di deflusso riguardano sia la gestione della vegetazione ripariale, sia il rimodellamento dei piani goleinali nei tratti maggiormente pensili e più critici. Inoltre, tra le azioni prioritarie, deve essere previsto il completamento di tutte casse di laminazione previste dal PSAI, oltre che l’aumento della capacità di deflusso dello scolmatore di Reno e l’ammodernamento delle opere per la difesa delle porzioni di valle.



Codice corpo idrico	Nome corso d'acqua	Natura del corpo idrico	Sato			Obiettivo	
			Stato potenziale ecologico	Stato chimico	Stato ambientale	Stato ecologico	Stato chimico
IT0806000000000007_8_9ER	Reno	Fortemente Modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT08060000000000010_11_12ER	Reno	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT08060000000000013-1ER	Reno	Fortemente Modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT08060000000000013-2_14ER	Reno	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2021
IT08060000000000015_16ER	Reno	Fortemente Modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono al 2027	Buono al 2021
IT08060000000000017_18ER	Reno	Fortemente Modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT08060000000000019ER	Reno	Naturale	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021
IT08060000000000020_21ER	Reno	Fortemente Modificato	Sufficiente	Buono	Non Buono	Buono oltre il 2027	Buono al 2021

Figura 4.10– Rappresentazione dei Corpi idrici dell’APSFR Reno (tratto da scheda monografica delle APSFR distrettuali).

Per il programma delle misure specifiche per l’APSFR si rimanda sia alle schede monografiche, che ai documenti del programma delle misure parte A-B consultabili al link <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>.

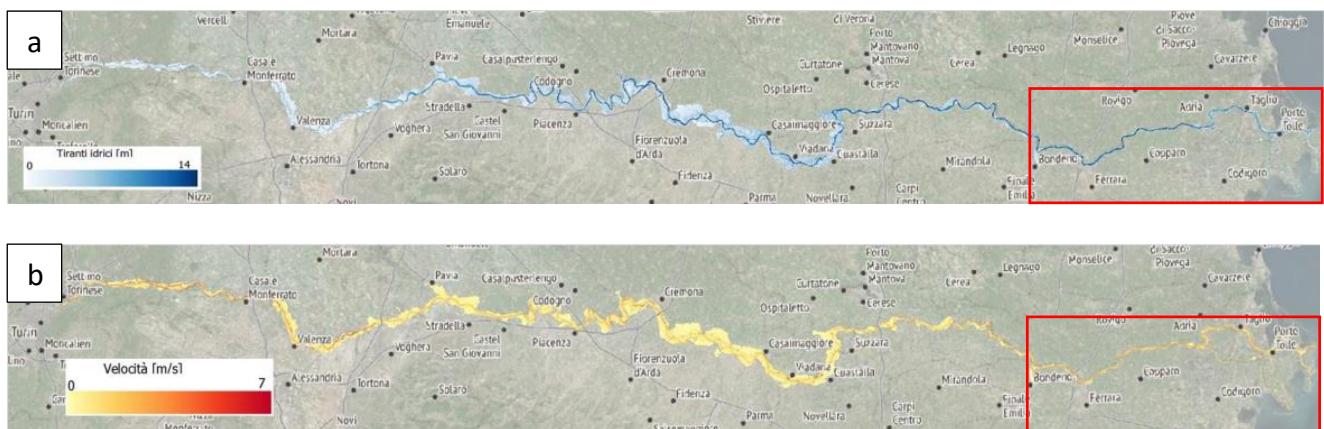
Un ulteriore approfondimento e studio sulle APSFR arginate è consultabile al sito dell’AdbPo [https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2APSFRdistrettuali/2\\_2\\_approfondimenti\\_APSPRarginate/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2APSFRdistrettuali/2_2_approfondimenti_APSPRarginate/). In particolare per il territorio ferrarese, di seguito vengono riportate sinteticamente alcune informazioni utili riguardo le APSFR arginate di interesse:

### 1. Fiume Po da Torino al Mare

Ai fini della valutazione della pericolosità idraulico, sono stati analizzati i profili batimetrici; le portate di piena; valutazione delle brecce; è stato costruito un modello al fine della modellazione numerica degli scenari di piena. I tre scenari di piena (H, M ed L) sono stati riprodotti considerando 3 diverse configurazioni geometrico-idrauliche distinte.

Tali configurazioni sono state definite e considerate in maniera sequenziale allo scopo di riprodurre gli scenari di piena lungo l'intero sviluppo dell'asta fluviale con adeguato livello di attendibilità. Sono stati considerati gli scenari in assenza (Fig. 4.11- 4.12) oppure in presenza di brecce (Fig. 4.13 - 4.14).

Per quanto riguarda il primo caso, lo scenario di alluvione ad elevata probabilità H (tempo di ritorno pari a 20 anni) non ha mostrato delle criticità nel sistema arginale e le portate di piena risultano contenute all'interno degli argini lungo tutto il tratto del fiume Po.



*Figura 4.11– a) inviluppo dei tiranti in assenza di brecce, scenario H; b) inviluppo delle velocità in assenza di brecce (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).*

Lo scenario di alluvione a media probabilità M (tempo di ritorno pari a 200 anni) evidenzia criticità diffuse lungo l'attuale sistema arginale, che non appare in grado di contenere le portate di piena in diversi tratti del corso d'acqua. La mappa in Fig. 4.12a riporta i massimi tiranti attesi lungo l'asta fluviale e nelle aree esterne al sistema arginale interessate da esondazioni considerando il sormonto di argini inerodibili.

Lo scenario di alluvione a bassa probabilità L (tempo di ritorno pari a 500 anni) evidenzia diffuse criticità nel sistema arginale attuale (maggiori rispetto allo scenario M). Conseguentemente, i volumi di piena esondati, risultano più rilevanti rispetto allo scenario precedente. La mappa in Fig. 4.12b riporta i massimi tiranti lungo l'asta fluviale e nelle aree esterne al sistema arginale interessate da esondazioni considerando il sormonto di argini inerodibili.

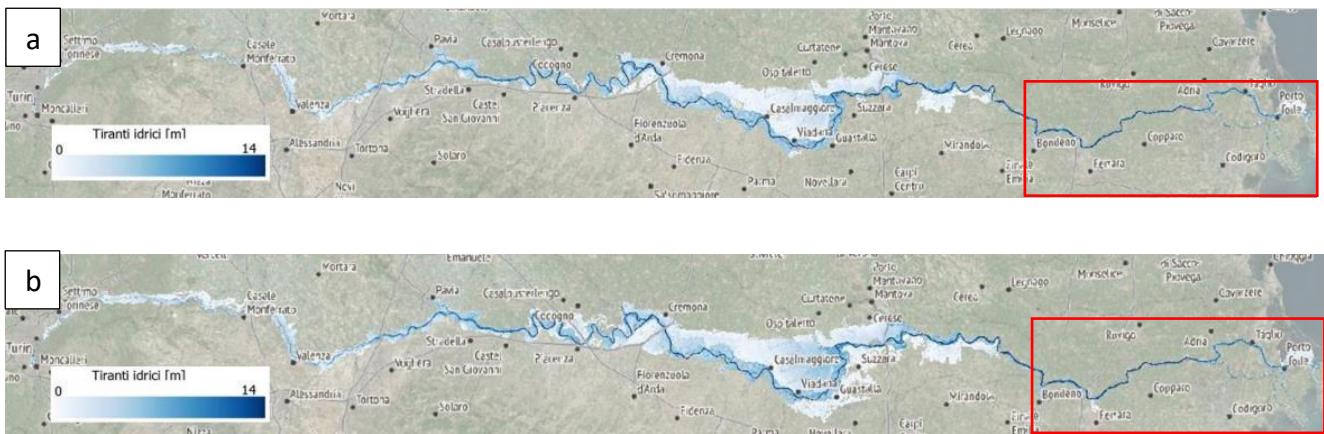
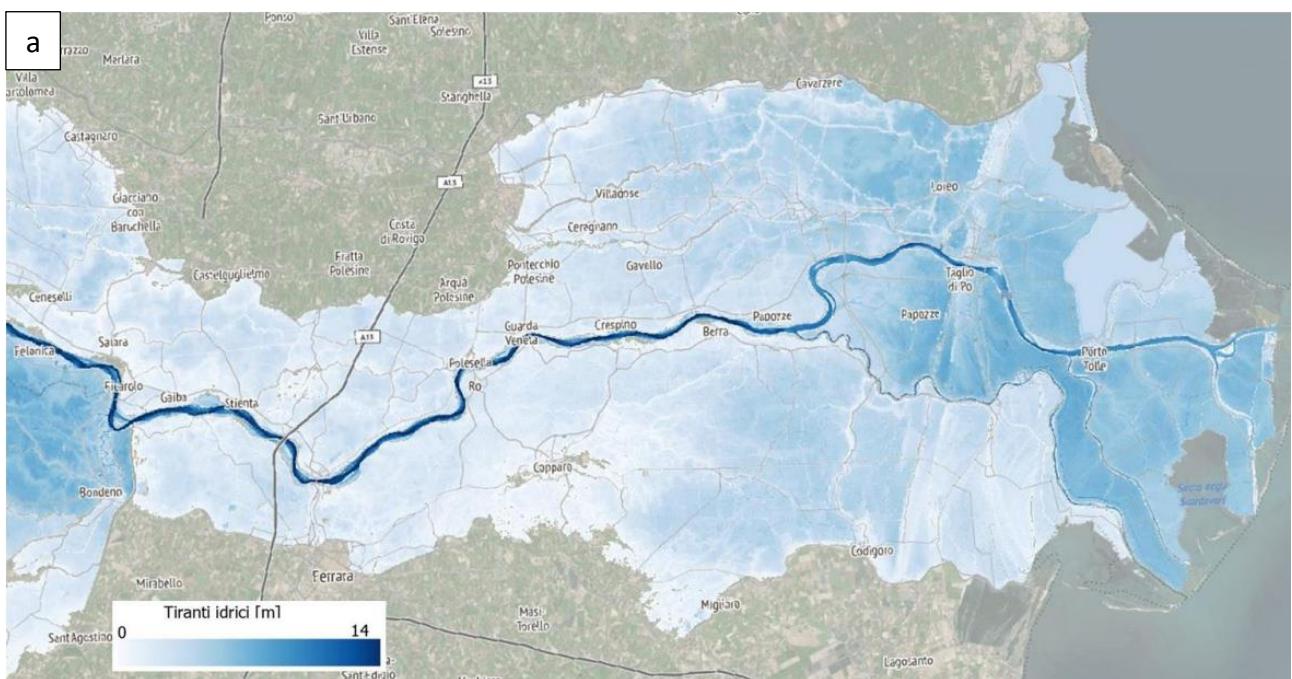


Figura 4.12– a) inviluppo dei tiranti in assenza di brecce, scenario M; b) inviluppo dei tiranti in assenza di brecce, scenario L (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).

Per quanto riguarda invece gli scenari in presenza di brecce, in Fig. 4.13 – 4.14 vengono riportate le mappe dei tiranti e delle velocità, considerando che l’onda di piena con tempo di ritorno di 20 anni è contenuta nell’alveo con adeguato franco arginale per cui non sono considerati scenari con possibile formazione di brecce; le mappe per gli scenari M ed L sono state ottenute facendo l’inviluppo delle massime profondità idriche e delle massime velocità ottenute dalle simulazioni di ciascuna breccia arginale considerata. Per lo scenario di alluvione a media probabilità (M) l’inviluppo di allagamento si estende per circa 6364 Km<sup>2</sup> (compresa l’area fluviale). Per lo scenario L l’inviluppo interessa un’area di circa 6790 Km<sup>2</sup> (compresa l’area fluviale). I tiranti ottenuti per lo scenario L risultano essere mediamente superiori ai tiranti ottenuti per lo scenario M di circa 0.40÷0.50 m.



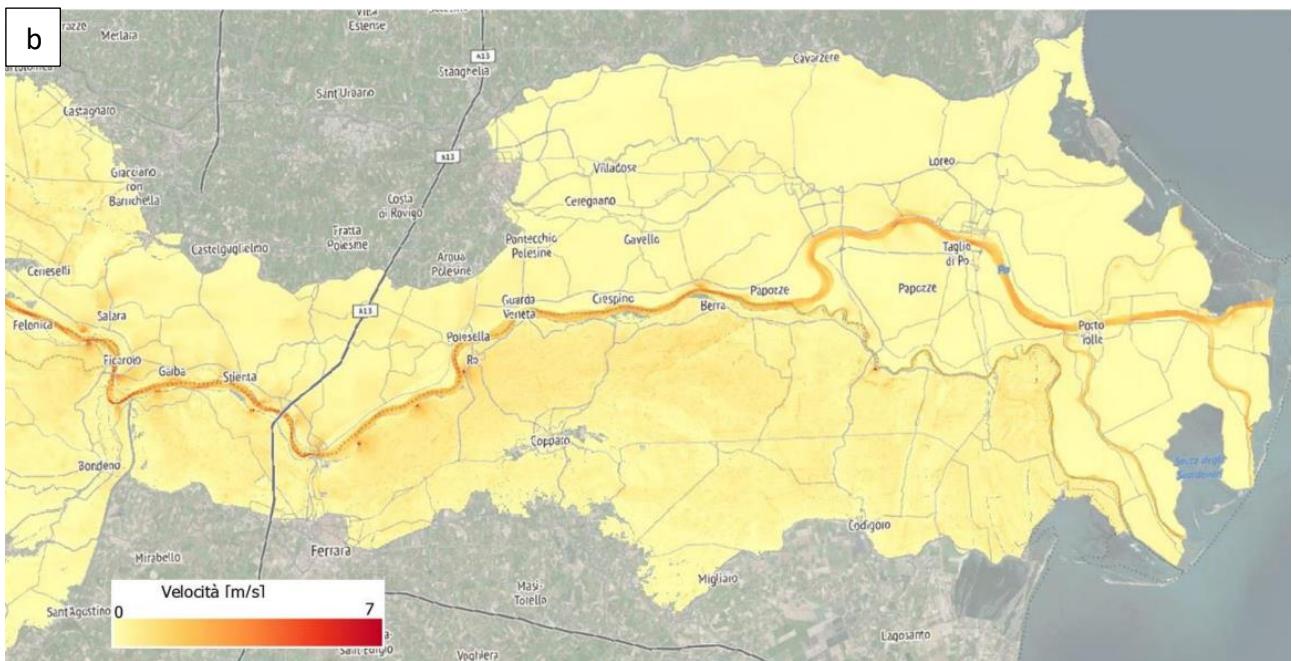
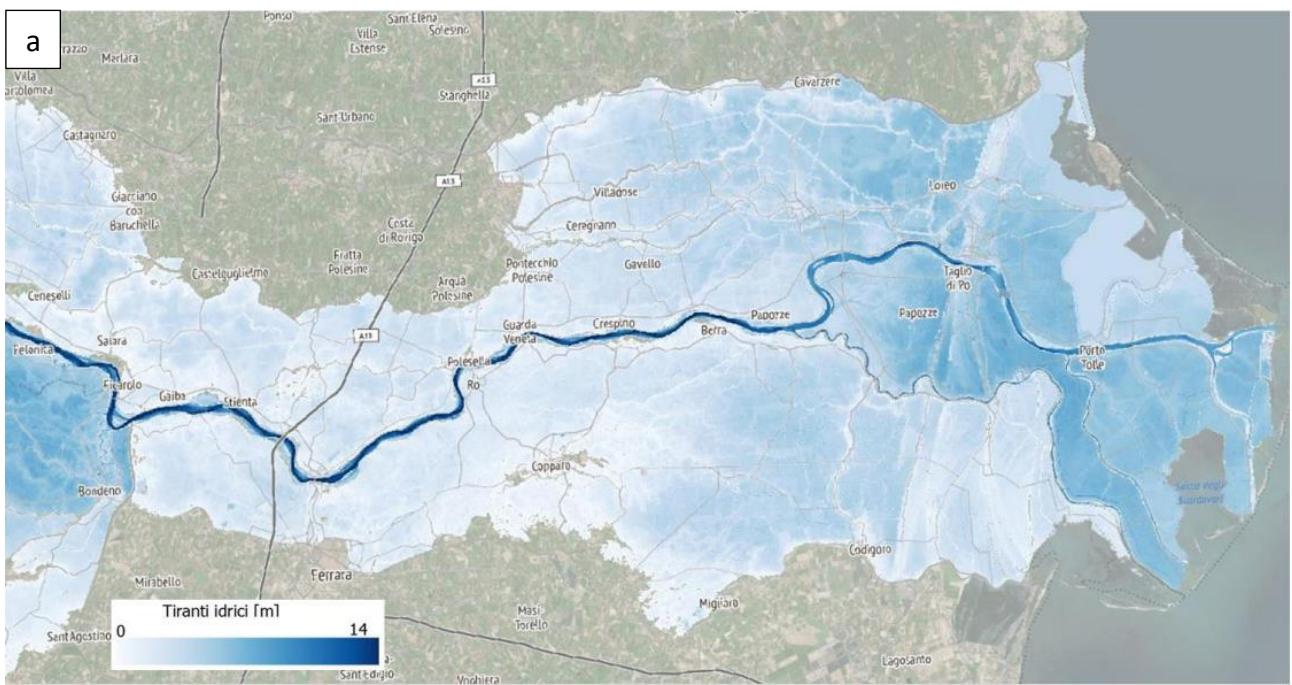


Figura 4.13– a) inviluppo dei tiranti in presenza di brecce, scenario M; b) inviluppo delle velocità in presenza di brecce, scenario M (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).



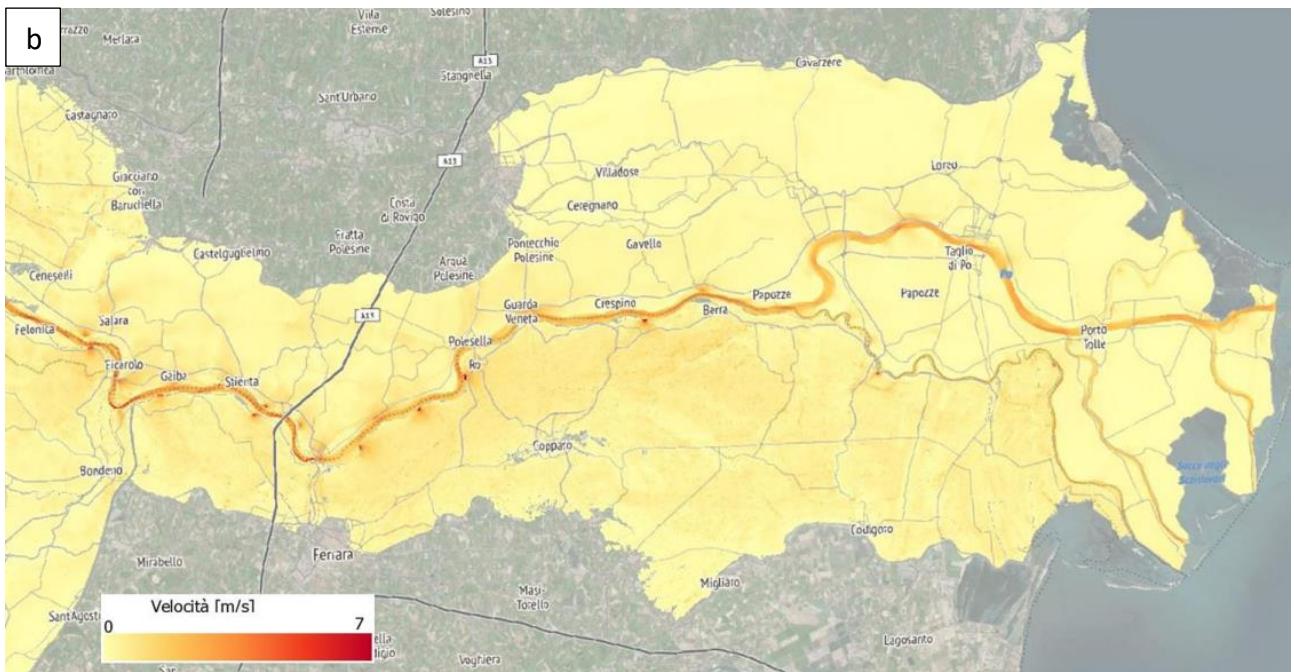
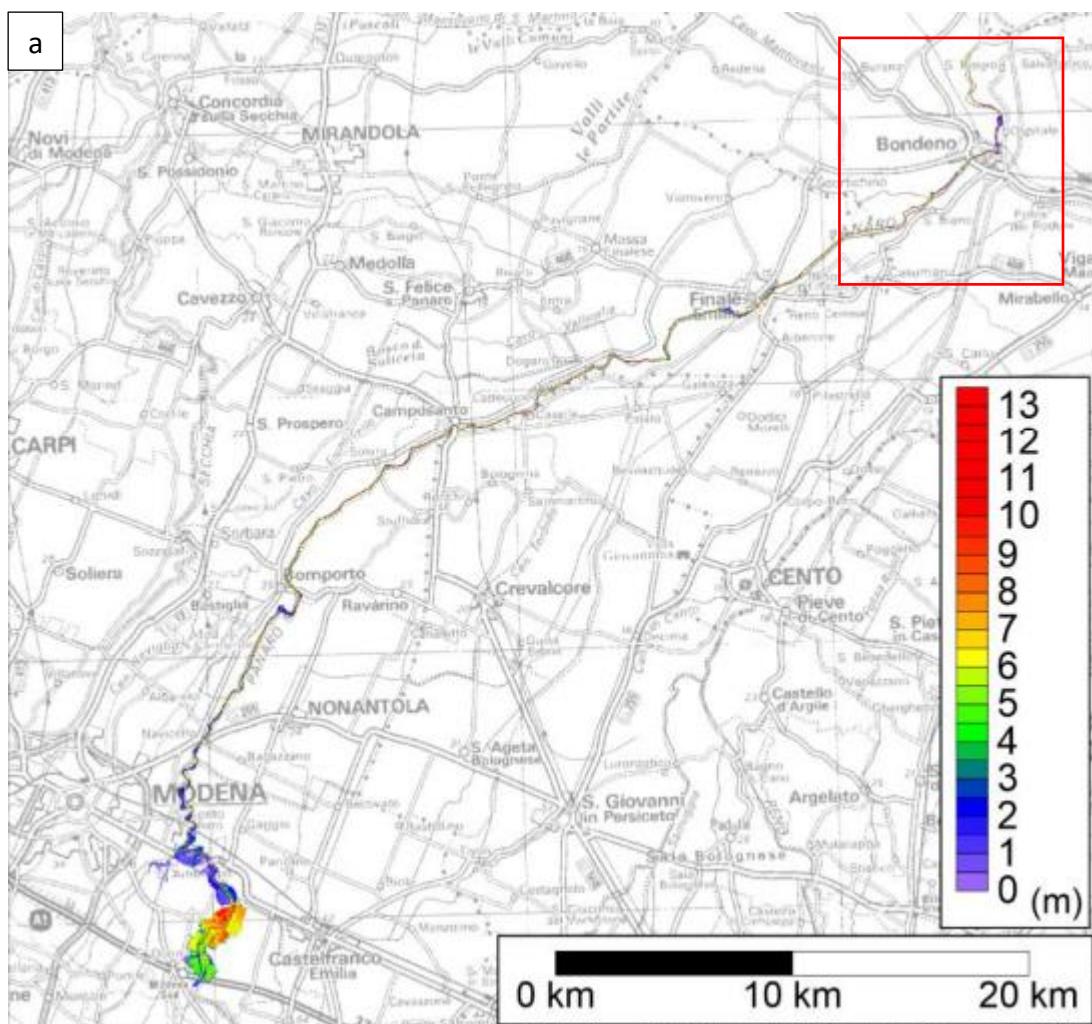


Figura 4.14– a) inviluppo dei tiranti in presenza di brecce, scenario L; b) inviluppo delle velocità in presenza di brecce, scenario L (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).

## 2. Panaro

Ai fini della valutazione della pericolosità idraulico, sono stati analizzati i profili batimetrici; le portate di piena; valutazione delle brecce; è stato costruito un modello al fine della modellazione numerica degli scenari di piena. Per i tre scenari di piena (H, M ed L) sono stati considerati gli scenari in assenza (Figg. 4.15 - 4.16) oppure in presenza di brecce (Figg. 4.17 - 4.18 – 4.19).

Per quanto riguarda il primo caso, al fine di valutare le portate, i livelli e i tempi di propagazione in alveo delle onde di piena con tempo di ritorno di 20, 200 e 500 anni, sono state effettuate tre simulazioni preliminari in assenza di brecce, assumendo le arginature come sormontabili ma inerodibili. L'onda di piena con tempo di ritorno di 20 anni è contenuta all'interno degli argini lungo tutto il tratto del fiume Panaro.



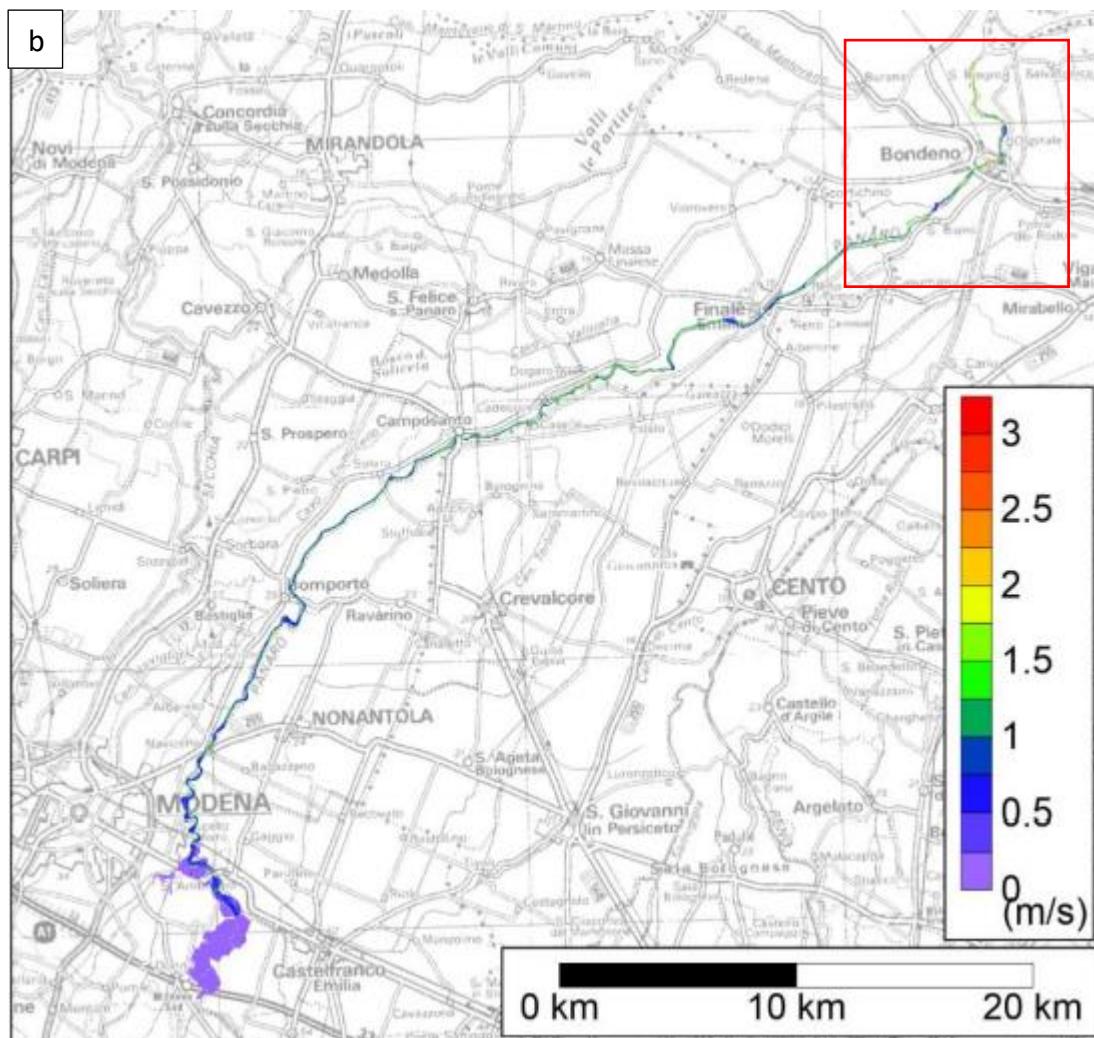


Figura 4.15– a) mappa delle massime profondità idriche, scenario H in assenza di brecce; b) mappa delle massime velocità idriche, scenario H in assenza di brecce (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).

L'onda di piena con tempo di ritorno 200 anni non è contenuta dagli argini del fiume Panaro e si determinano sormonti nella zona della confluenza Tiepido-Panaro, in destra idraulica nella zona a Est del centro abitato di Nonantola e lungo il tratto di argine sinistro e destro da Bomporto a Solara. La mappa delle massime profondità idriche risultanti per questo scenario in assenza di brecce è riportata in Figura 4.16. Sono evidenti le esondazioni dalle arginature in diversi tratti. A fronte di questi risultati risulta necessario simulare l'innesco di brecce per lo scenario di alluvione a media probabilità (M).

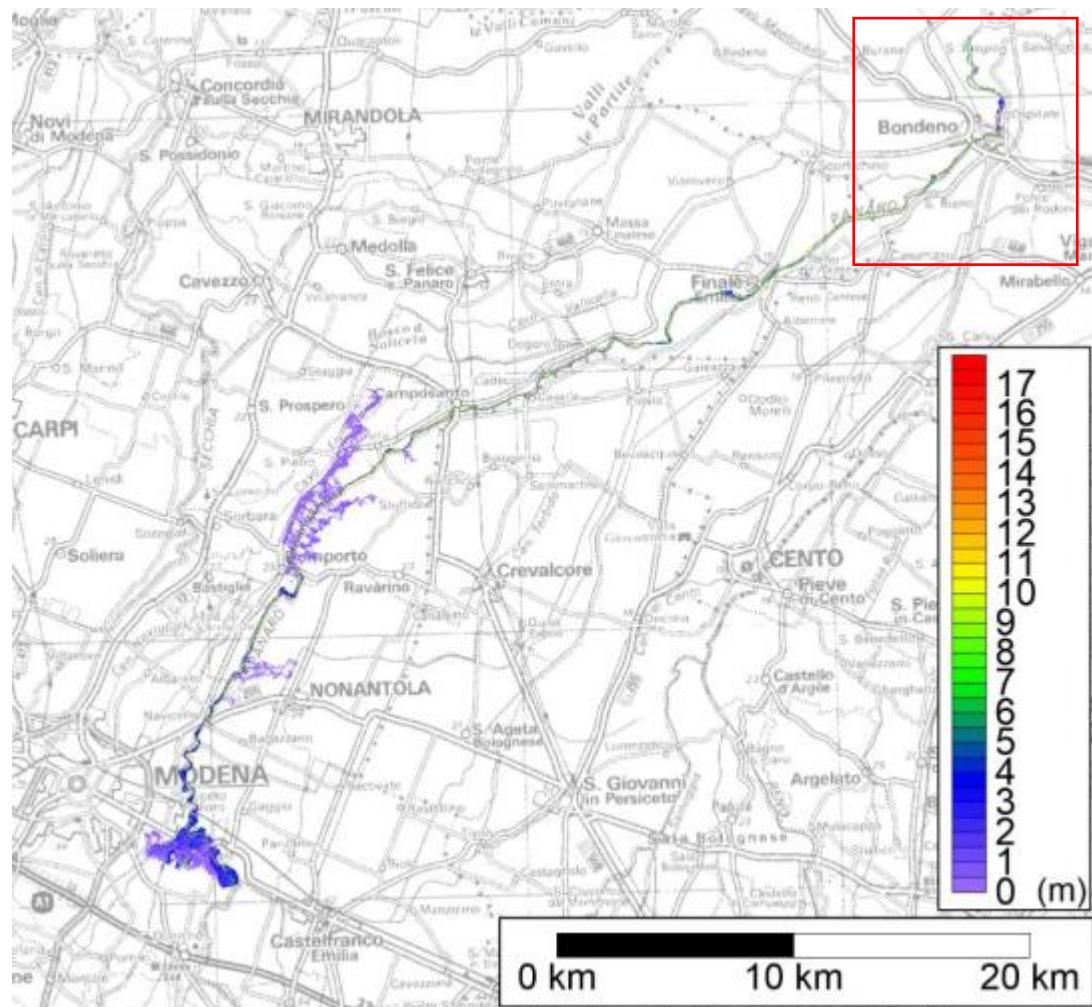
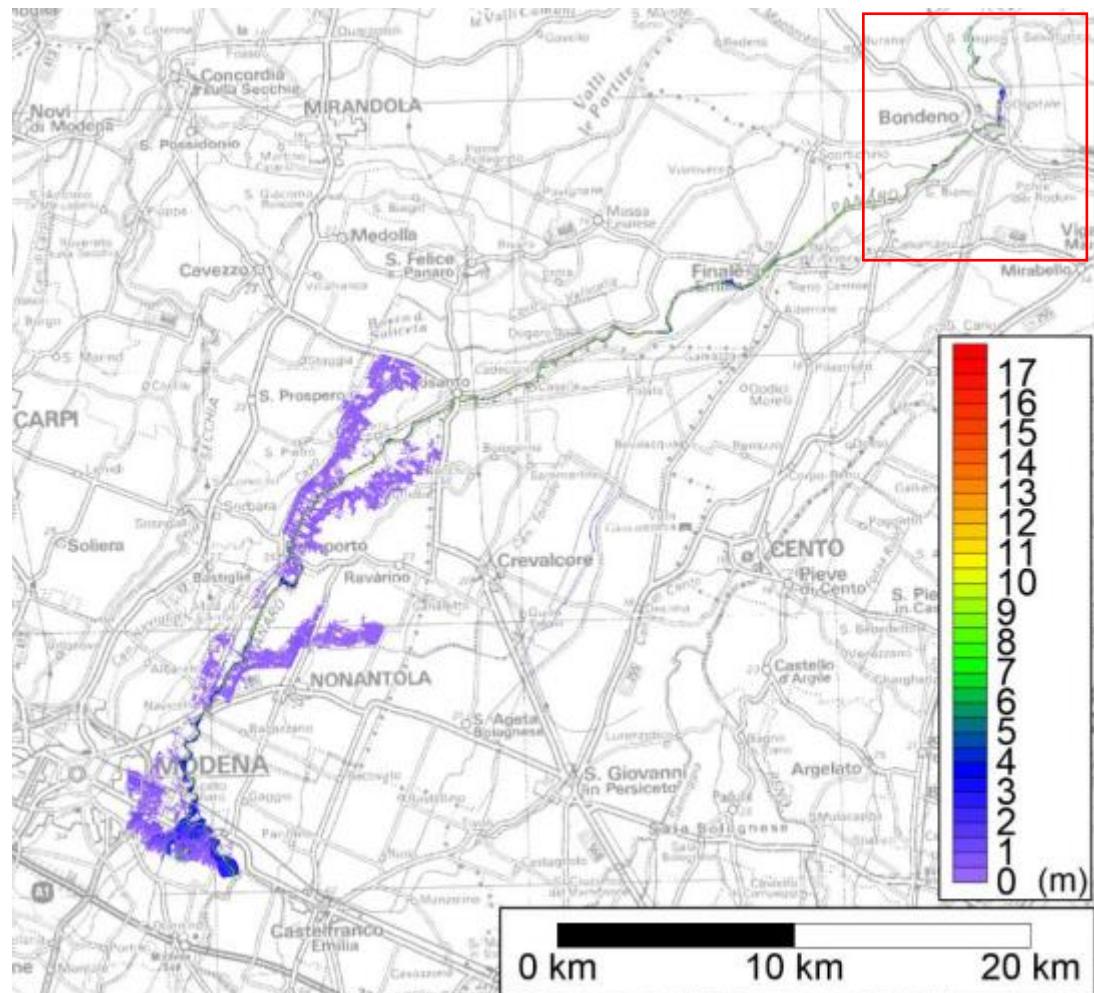


Figura 4.16: mappa delle massime profondità idriche, scenario M in assenza di brecce (tratto dalla relazione delle APSR arginate).

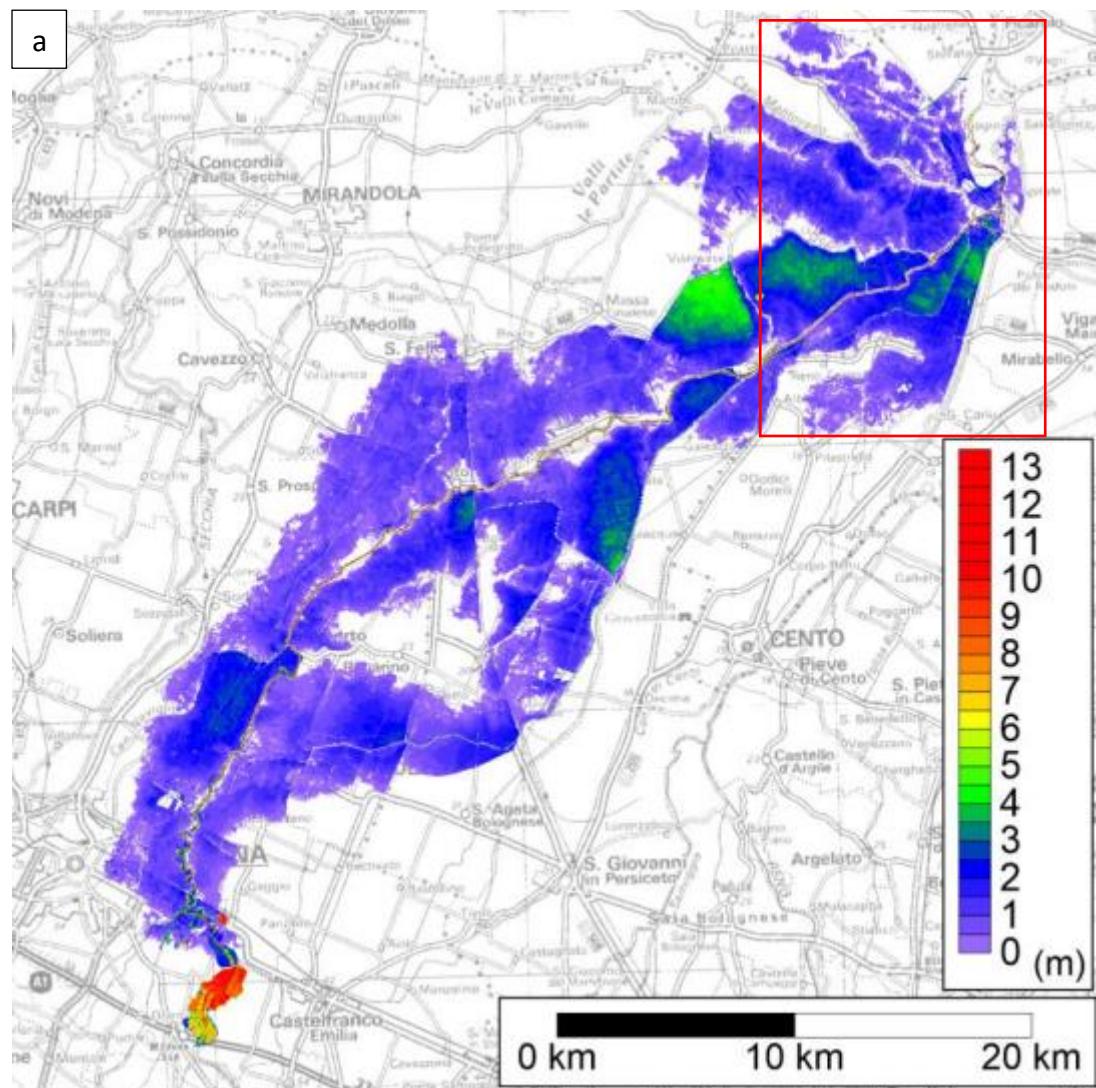
Anche l'onda di piena con tempo di ritorno 500 anni non è contenuta dagli argini del fiume Panaro ([Fig. 4.17](#)). Sono evidenti le esondazioni dalle arginature in diversi tratti. A fronte di questi risultati risulta necessario simulare l'innesto di brecce per lo scenario di alluvione a bassa probabilità (L).



*Figura 4.17: mappa delle massime profondità idriche, scenario L (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).*

Gli scenari di allagamento ad alta probabilità (H) in presenza di brecce non sono stati simulati, poiché l’onda di piena con tempo di ritorno di 20 anni è contenuta nell’alveo del fiume Panaro con adeguato franco arginale; sono stati invece studiati gli scenari di allagamento a media e bassa probabilità (M e L) a causa dei sormonti e dei franchi inadeguati sia in sinistra che in destra Panaro (Figg. 4.18 – 4.19). Le mappe per tali scenari sono state ottenute facendo l’inviluppo delle massime profondità idriche e delle massime velocità ottenute dalle simulazioni di ciascuna breccia arginale considerata. Per gli scenari di alluvione a media probabilità (M) l’allagamento in sinistra Panaro si estende per circa 219 km<sup>2</sup>, mentre in destra Panaro risulta di 176 km<sup>2</sup>, per un’area allagata totale di 406 km<sup>2</sup> (compresa l’area fluviale). Per gli scenari di alluvione a bassa probabilità (L), l’allagamento in sinistra Panaro è di circa 228 km<sup>2</sup> e in destra di 188 km<sup>2</sup>, per un’area allagata totale di 428 km<sup>2</sup> (compresa l’area fluviale). In corrispondenza del tratto terminale del Panaro, risultano allagati sia il territorio compreso tra il Canale Diversivo di Burana e il Collettore di Burana, fino ai centri abitati di Forna e Redena, sia la porzione di territorio compresa tra il Collettore di Burana e la linea

ferroviaria Ferrara-Suzzara, fino al centro abitato di Lezzine. A valle dell'immissione del Collettore nel Panaro, gli allagamenti risultano confinati ad Est dal Cavo Napoleonico, con tiranti idrici che raggiungono 4 m. Vengono interessati i centri abitati di Bondeno e di Ospitale.



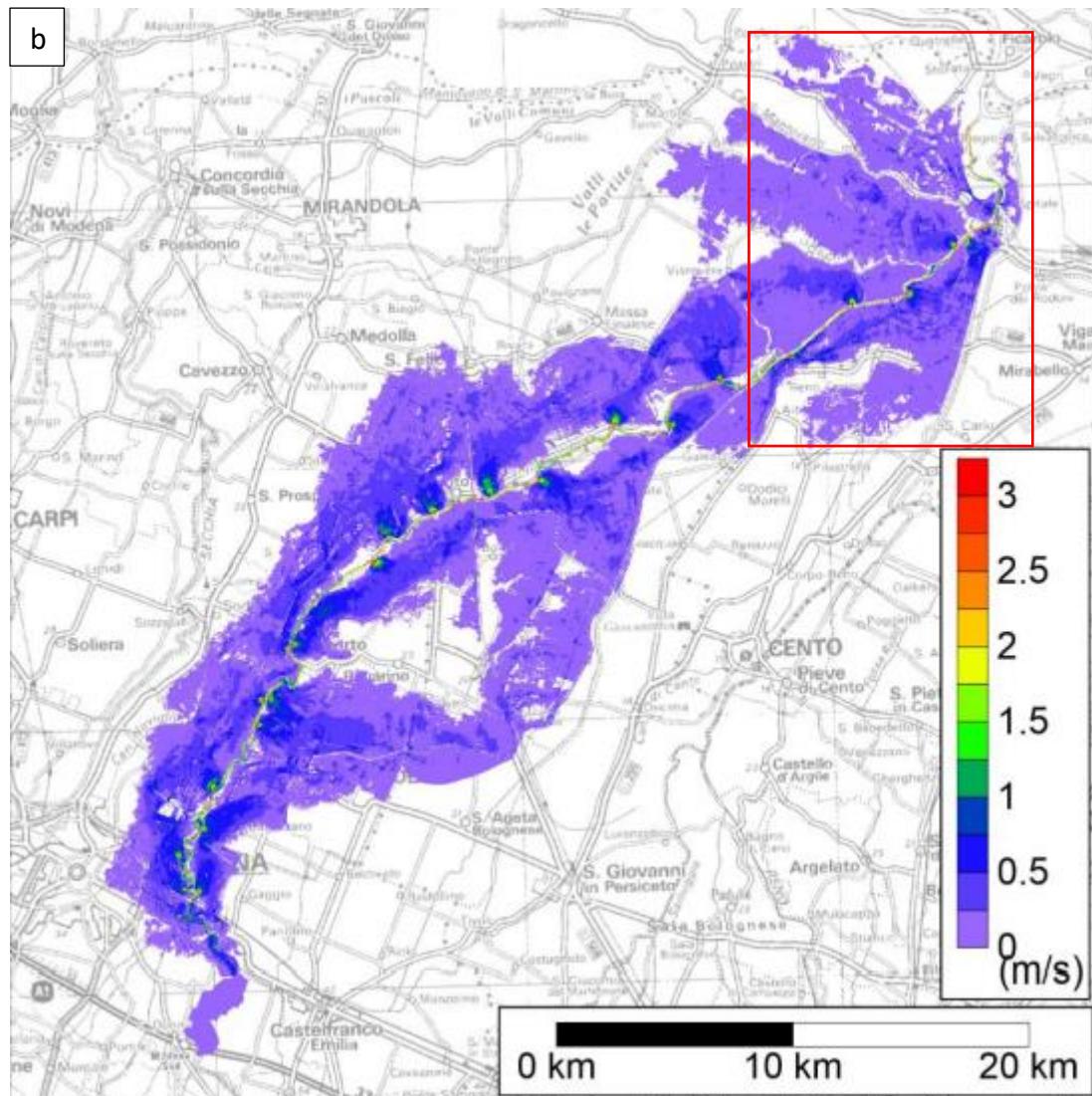
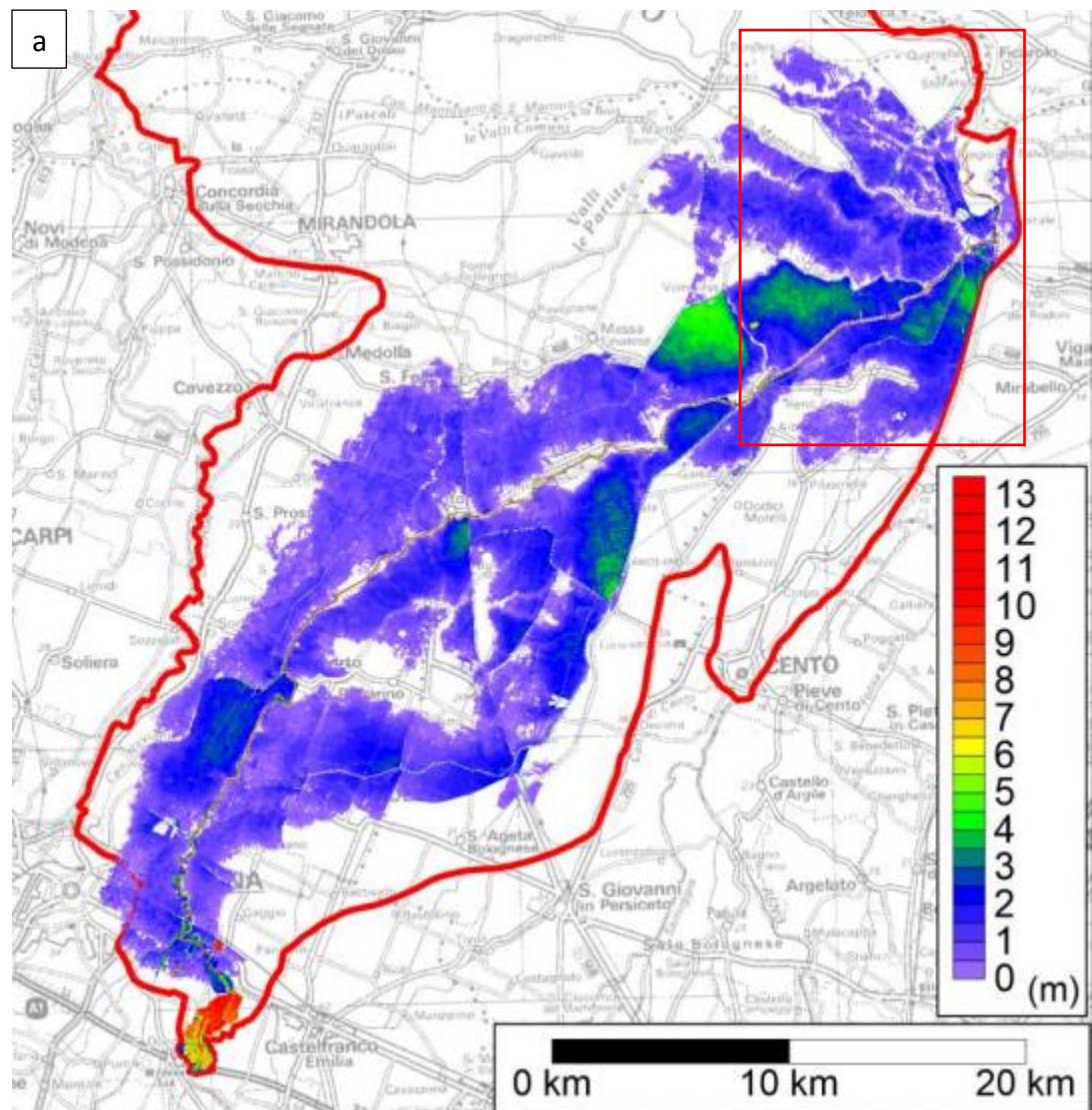
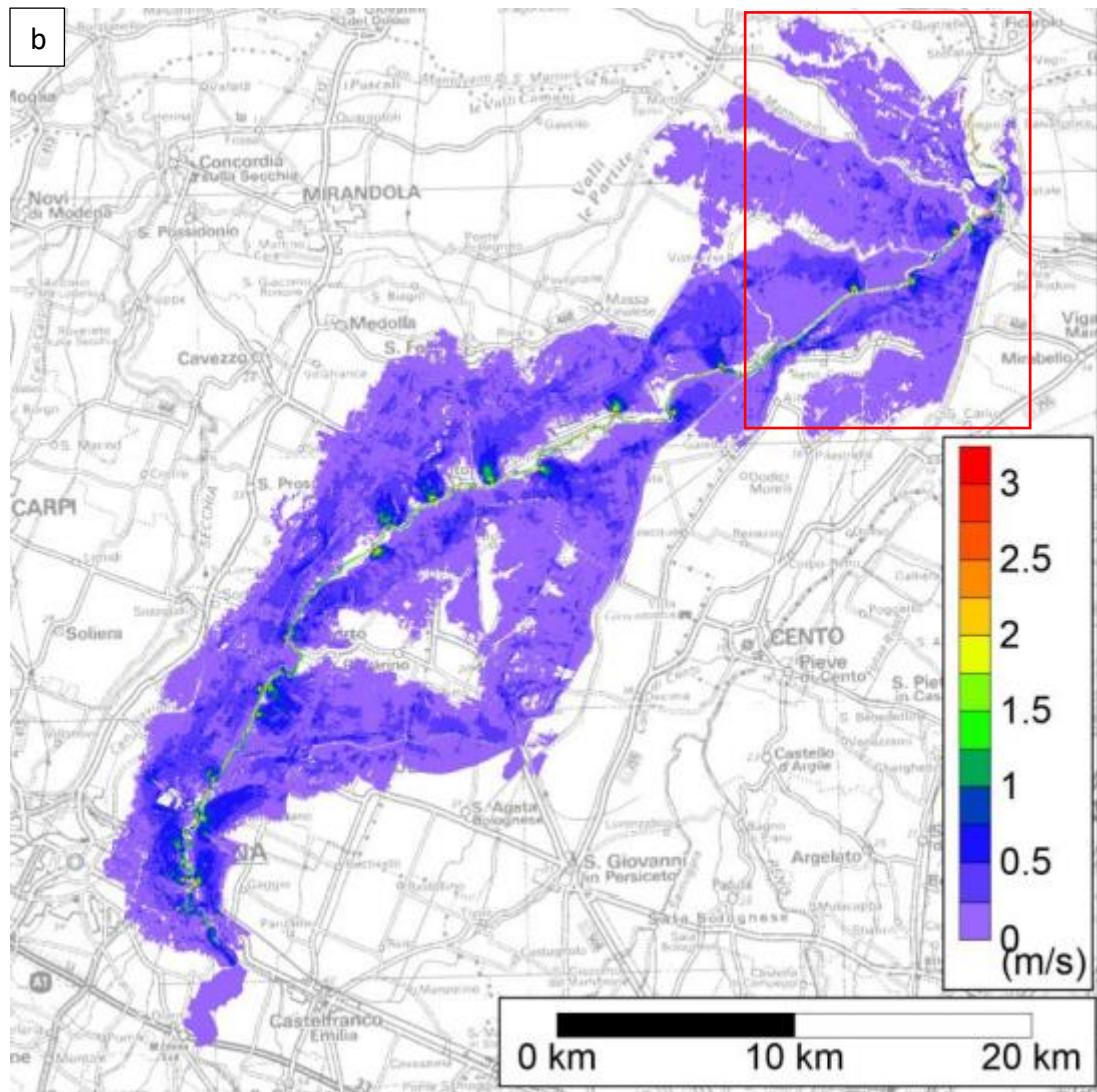


Figura 4.18 – a) mappa delle massime profondità idriche, scenario M in presenza di brecce; b) mappa delle massime velocità, scenario M in presenza di brecce (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).

In generale, lo scenario di allagamento a bassa probabilità (L) è simile a quello a media probabilità (M), ma con tiranti di poco più elevati.



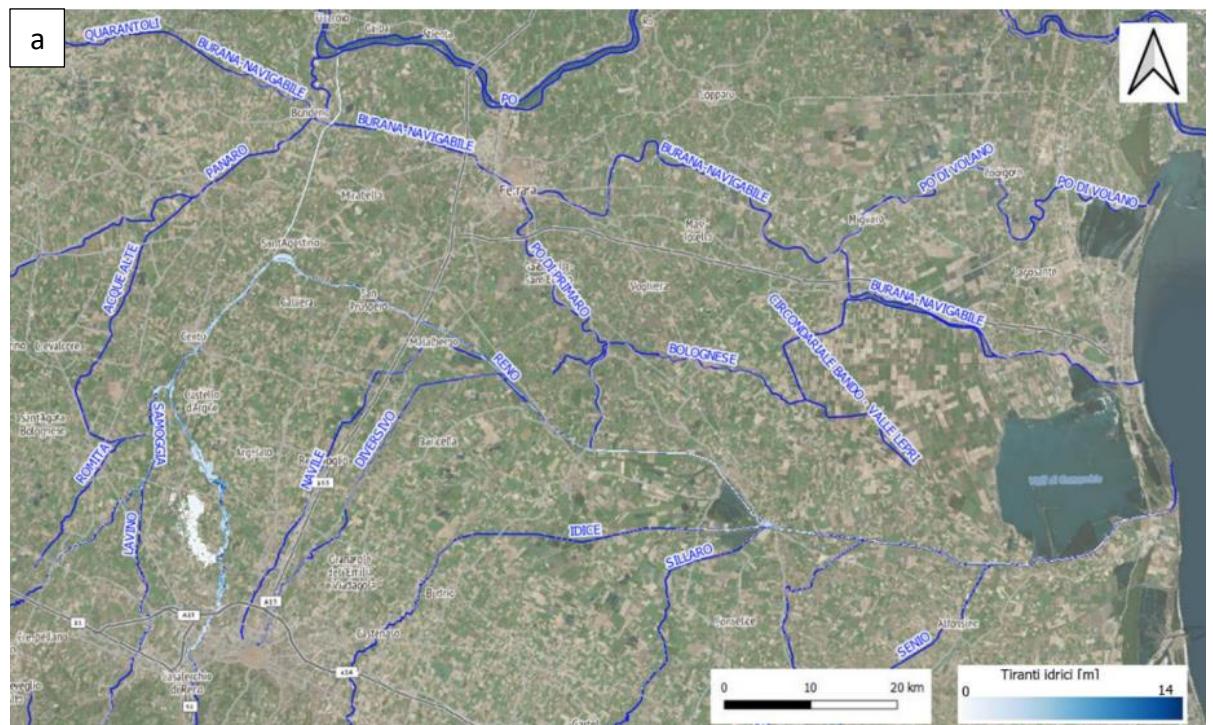


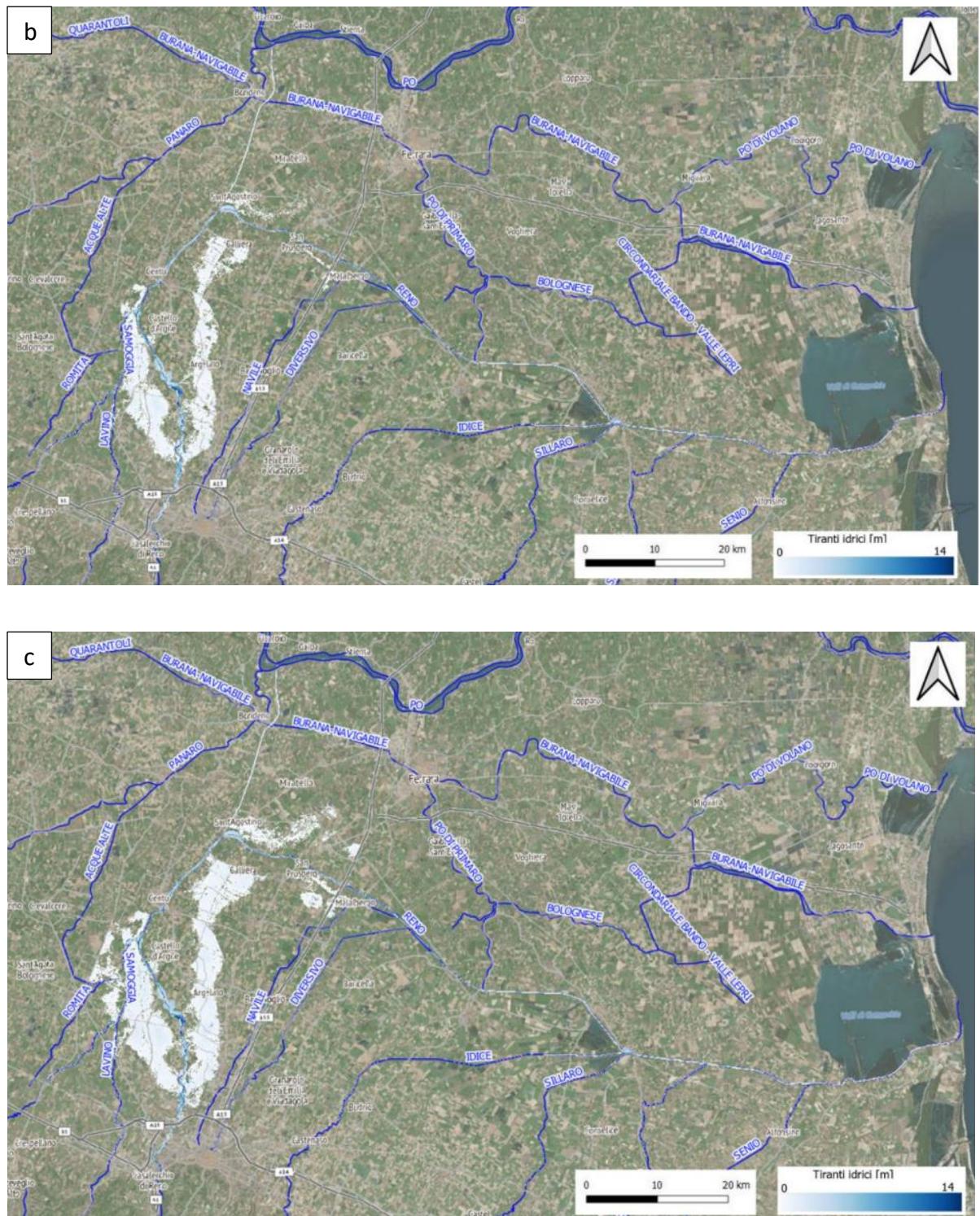
*Figura 4.19 – a) mappa delle massime profondità idriche, scenario L in presenza di brecce; b) mappa delle massime velocità, scenario L in presenza di brecce (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).*

### *1. Fiume Reno dalla Chiusa fino al mare*

Ai fini della valutazione della pericolosità idraulico, sono stati analizzati i profili batimetrici; le portate di piena; valutazione delle brecce; è stato costruito un modello al fine della modellazione numerica degli scenari di piena. I tre scenari di piena (H, M ed L) sono stati riprodotti considerando 3 diverse configurazioni geometrico-idrauliche distinte. Al fine di valutare le portate, i livelli e i tempi di propagazione in alveo delle onde di piena con tempo di ritorno di 25, 100 e 500 anni, sono state effettuate tre simulazioni preliminari in assenza di brecce, assumendo le arginature come sormontabili ma inerodibili. Sono stati considerati gli scenari in assenza (Fig. [4.20a, b, c](#)) oppure in presenza di brecce (Figg. [4.21](#); [4.22](#) e [4.23](#)).

Per quanto riguarda la simulazione in assenza di brecce, l'onda di piena con tempo di ritorno di 25 anni (Fig. 20a) è contenuta all'interno degli argini lungo tutto il tratto del fiume Lavino e Samoggia mentre per il Reno si hanno dei sormonti in prossimità della cassa Trebbio, sia in sinistra che in destra idraulica. Lo scenario di alluvione a media probabilità M (tempo di ritorno pari a 100 anni) evidenzia criticità diffuse lungo l'attuale sistema arginale, che non appare in grado di contenere le portate di piena in diversi tratti del corso d'acqua (Fig. 20b). Lo scenario di alluvione a bassa probabilità L (tempo di ritorno pari a 500 anni) evidenzia diffuse criticità nel sistema arginale attuale (maggiori rispetto allo scenario M) (Fig. 20c). Conseguentemente, i volumi di piena esondati, risultano più rilevanti rispetto allo scenario precedente.

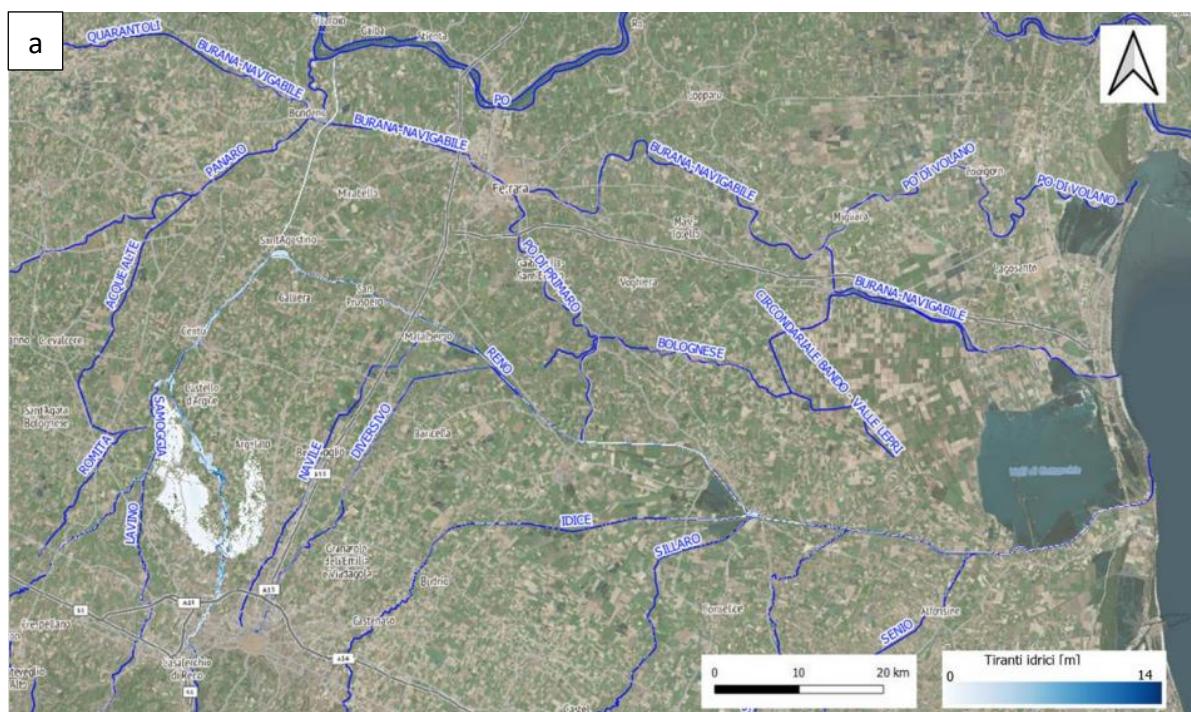




*Figura 4.20 – a) inviluppo dei massimi tiranti in condizioni di argini inerodibili, scenario H; b) inviluppo dei massimi tiranti in condizioni di argini inerodibili, scenario M; c) inviluppo dei massimi tiranti in condizioni di argini inerodibili, scenario L (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).*

Per quanto riguarda gli scenari di allagamento in presenza di brecce, quelli ad alta probabilità (H) (Fig. 4.21) prevedono l'apertura di brecce solo in due punti, ovvero in sinistra e destra idraulica della cassa del Trebbio poiché l'onda di piena con tempo di

ritorno di 25 anni è contenuta nell'alveo del fiume Reno con adeguato franco arginale per tutto il resto del corso; per gli scenari di allagamento a media e bassa probabilità (M e L in Figg. 4.22 – 4.23), a causa dei sormonti e dei franchi inadeguati lungo Lavino, Samoggia e Reno, sia in sinistra che in destra, le mappe sono state ottenute facendo l'inviluppo delle massime profondità idriche e delle massime velocità ottenute dalle simulazioni di ciascuna breccia arginale considerata. Per lo scenario di alluvione di alta probabilità (H) l'allagamento in sinistra Reno si estende per circa 36 km<sup>2</sup>, mentre in destra Reno risulta di 84 km<sup>2</sup> per un'area allagata totale di 148 km<sup>2</sup> (compresa l'area fluviale). Per gli scenari di alluvione a media probabilità (M), l'allagamento in sinistra Reno è di circa 392 km<sup>2</sup> e in destra di 203 km<sup>2</sup>, per un'area allagata totale di 642 km<sup>2</sup> (compresa l'area fluviale). Per gli scenari di alluvione a bassa probabilità (L), l'allagamento in sinistra Reno è di circa 417 km<sup>2</sup> e in destra di 342 km<sup>2</sup>, per un'area allagata totale di 808 km<sup>2</sup> (compresa l'area fluviale).



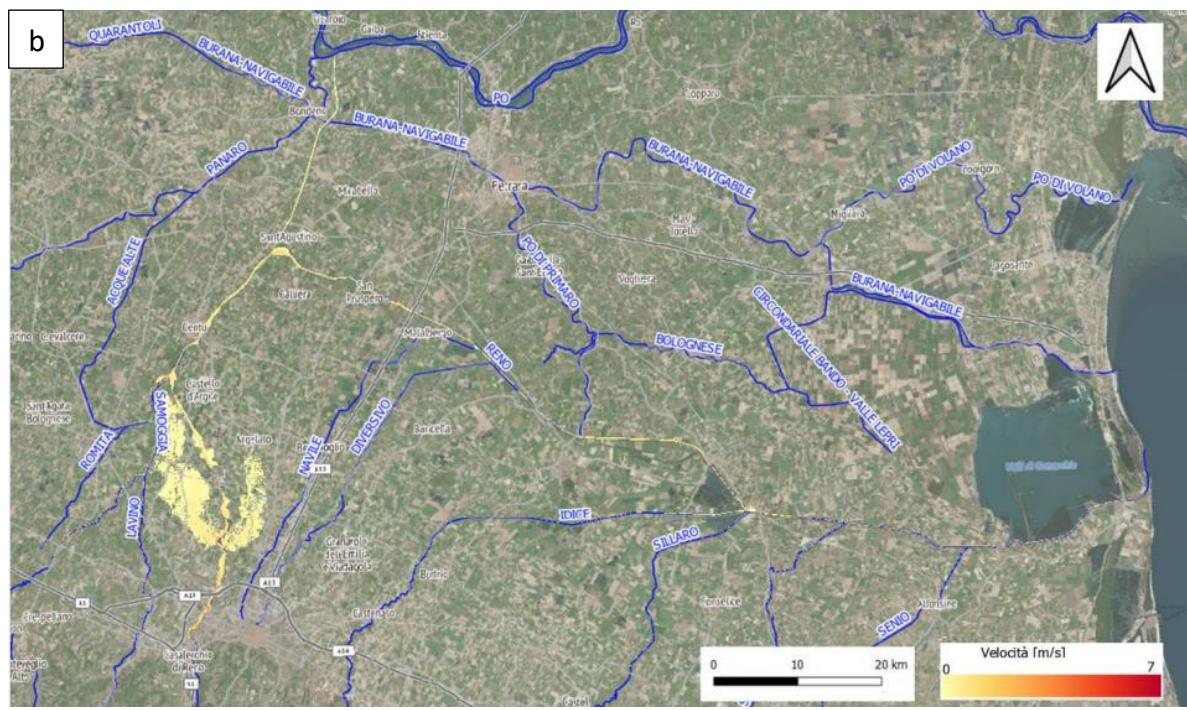
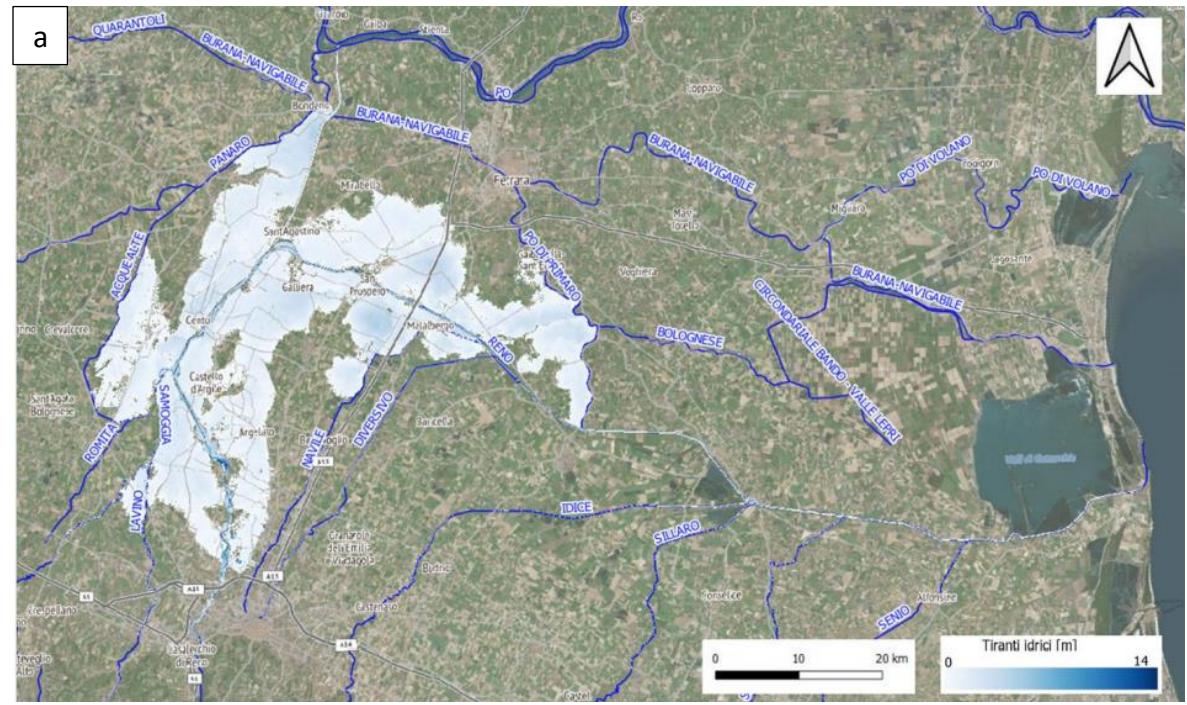


Figura 4.21 – a) inviluppo dei massimi tiranti in presenza di brecce, scenario H; b) inviluppo delle massime velocità in presenza di brecce, scenario H (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).



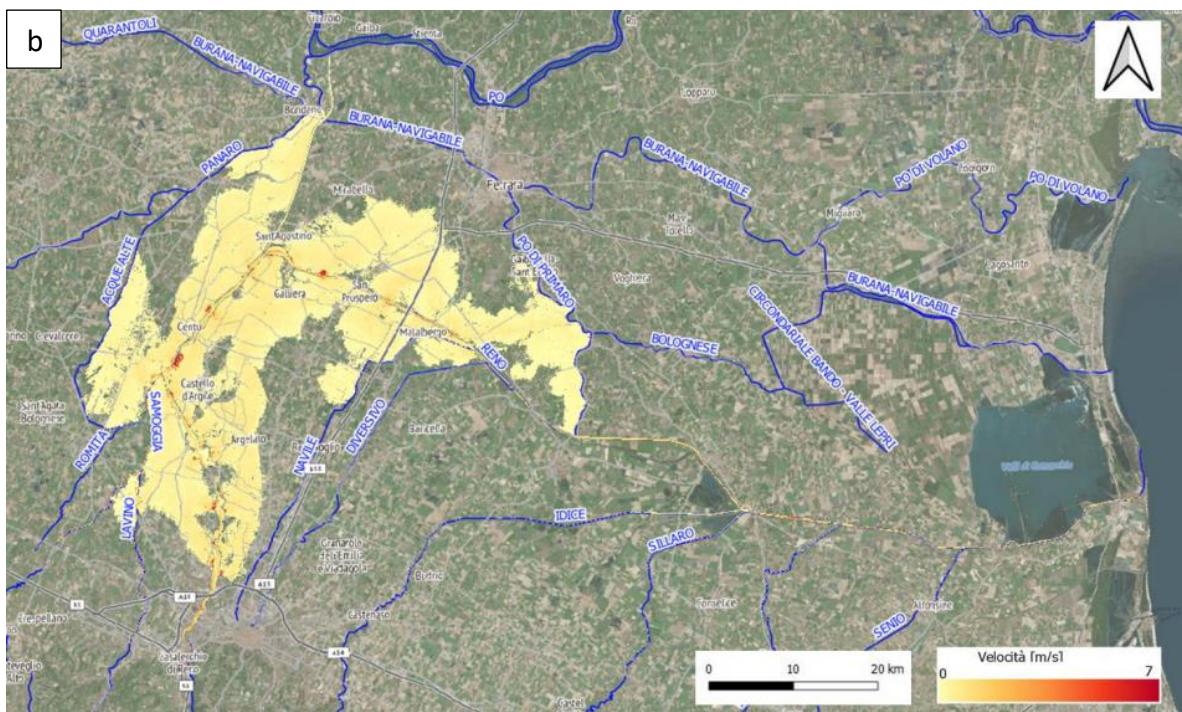
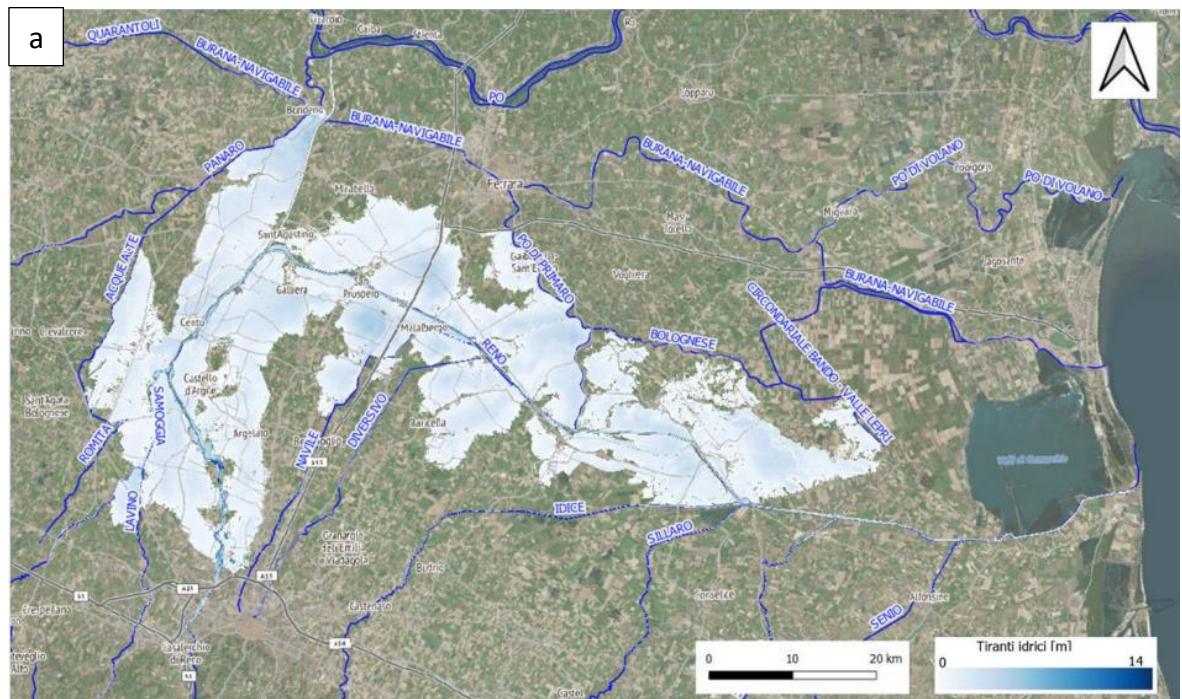


Figura 4.22 – a) inviluppo dei massimi tiranti in presenza di brecce, scenario M; b) inviluppo delle massime velocità in presenza di brecce, scenario M (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).



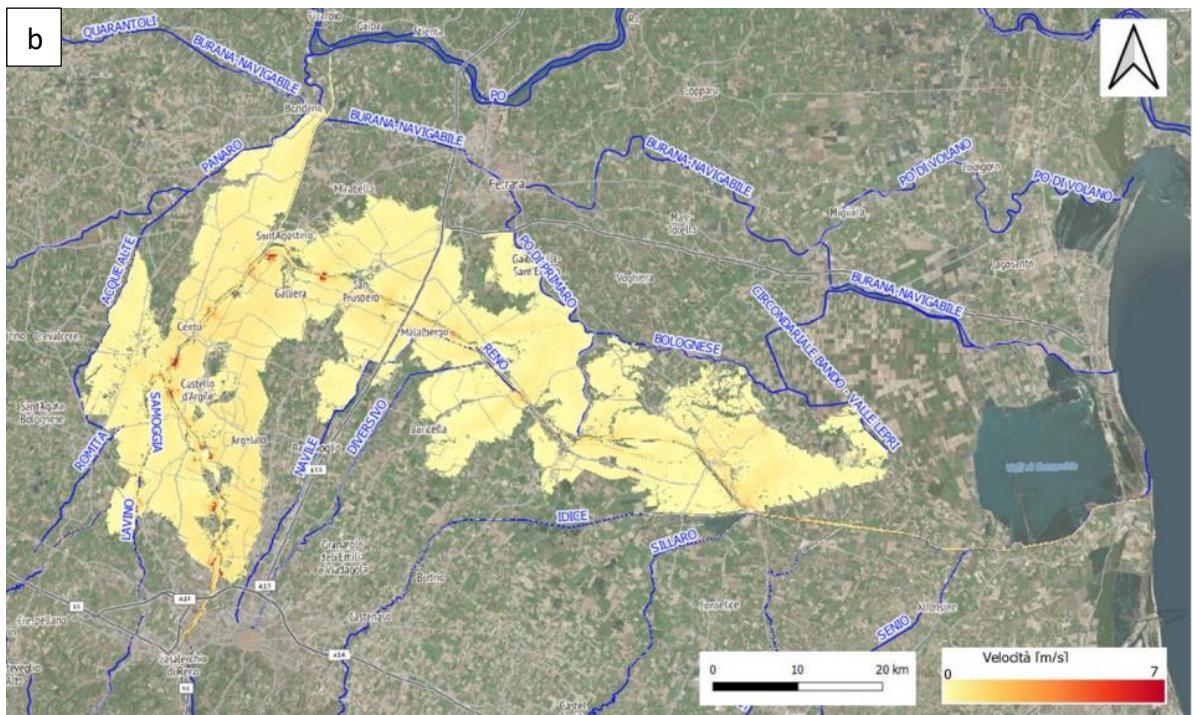


Figura 4.23 – a) inviluppo dei massimi tiranti in presenza di brecce, scenario L; b) inviluppo delle massime velocità in presenza di brecce, scenario L (tratto dalla relazione delle APSFR arginate).

#### 4.2. PAI Po/ PAI Delta/PSAI Reno

Il “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico” (PAI) rappresenta l’atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico. Il PAI ha lo scopo di assicurare, attraverso la programmazione di opere strutturali, vincoli, direttive, la difesa del suolo rispetto al dissesto di natura idraulica e idrogeologica e la tutela degli aspetti ambientali a esso connessi, in coerenza con le finalità generali e indicate all’art. 3 della legge 183/89 e con i contenuti del Piano di bacino fissati all’art. 17 della stessa legge. Il Piano definisce e programma le azioni attraverso la valutazione unitaria dei vari settori di disciplina, con i seguenti obiettivi (tratto da *Piano Assetto Idrogeologico (PAI Po)*: <https://pai.adbpo.it/index.php/documentazione-pai/>):

- garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio;
- conseguire un recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell’artificialità conseguente alle opere di difesa), il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;
- conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali dell’assetto territoriale del bacino idrografico;

- raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena.

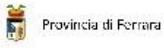
Le linee di intervento strategiche perseguitate dal Piano tendono in particolare a:

- proteggere centri abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di riconosciuta importanza rispetto a eventi di piena di gravosità elevata, in modo tale da ridurre il rischio idraulico a valori compatibili; – mettere in sicurezza abitati e infrastrutture interessati da fenomeni di instabilità di versante;
- salvaguardare e, ove possibile, ampliare le aree naturali di esondazione dei corsi d’acqua;
- limitare gli interventi artificiali di contenimento delle piene a scapito dell’espansione naturale delle stesse, e privilegiare, per la difesa degli abitati, interventi di laminazione controllata, al fine di non aumentare il deflusso sulle aste principali e in particolare sull’asta del Po;
- limitare i deflussi recapitati nella rete idrografica naturale da parte dei sistemi artificiali di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche delle aree urbanizzate;
- promuovere interventi diffusi di sistemazione dei versanti con fini di aumento della permeabilità delle superfici e dei tempi di corrispondenza;
- promuovere la manutenzione delle opere di difesa e degli alvei, quale strumento indispensabile per il mantenimento in efficienza dei sistemi difensivi e assicurare affidabilità nel tempo agli stessi;
- promuovere la manutenzione dei versanti e del territorio montano, con particolare riferimento alla forestazione e alla regimazione della rete minuta di deflusso superficiale, per la difesa dai fenomeni di erosione, di frana e dai processi torrentizi;
- ridurre le interferenze antropiche con la dinamica evolutiva degli alvei e dei sistemi fluviali.

La delimitazione delle fasce fluviali completa quella individuata nell’ambito del *Piano stralcio delle fasce fluviali*; a tale delimitazione sono collegate precise disposizioni normative. Il metodo di delimitazione, approvato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino con deliberazione n. 19/1995, definisce tre fasce fluviali (*Piano Assetto Idrogeologico (PAI Po)*):  
<https://pai.adbpo.it/index.php/documentazione-pai/>:

- la «Fascia A» o Fascia di deflusso della piena; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- la «Fascia B» o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata;
- la «Fascia C» o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Di seguito viene riportata la mappa delle fasce fluviali del PAI-Po per il territorio Ferrarese ([Fig. 4.11](#)).



Provincia di Ferrara

PTAV

PIANO TERRITORIALE DI  
AREA VASTA



Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po  
- PAI Po di ADBPD -

Mappa di rappresentazione delle fasce fluviali

(Fonte: ADBPD - 2014)

LEGENDA

NUOVI LIVELLI PAI

■ Fase A

■ Fase B

■ Fase C

■ NUOVI PROGETTI

Fig. 4.11: Mappe delle fasce fluviali del PAI Po per il territorio di Area Vasta ferrarese.

Elaborazioni a cura del  
Servizio Pianificazione  
Territoriale e Urbanistica.



Il PAI Delta è stato approvato con D.P.C.M. 13 novembre 2008 ed estende la pianificazione di bacino del PAI all'intero ambito territoriale del Delta del Po che parte dall'incile del Po di Goro è chiuso a nord dall'argine sinistro del Po di Venezia e da quello del Po di Maistra sino al mare e a sud dall'argine destro del Po di Goro sino al mare (tratto da *Piano Assetto Idrogeologico Delta del Po (PAI Delta)*: <https://pai.adbpo.it/index.php/piano-vigente/>). Con DPCM 22/02/2018 è stata poi approvata la Variante di coordinamento PAI Delta/PGRA.

Rispetto al quadro degli obiettivi assunti nel PAI sono state inoltre individuate per il Delta azioni specifiche, in considerazione della particolare, e per alcuni aspetti eccezionale, realtà territoriale, caratterizzata dalla presenza di habitat naturali di particolare pregio e da un assetto idraulico totalmente artificiale, che determina per il territorio un livello di rischio idraulico residuale molto elevato.

Le fasce fluviali del PAI – Delta si distinguono in:

- *Fascia dell'alveo di piena (A-B)* che si estende sul lato campagna del piede degli argini esistenti lungo i rami deltizi;
- *Fascia di rispetto idraulico C1* costituita dalla porzione di territorio che si estende dal limite esterno della *Fascia A-B* per 150 m ovvero, per le difese arginali a mare, dal piede sul lato campagna delle stesse sino alla stessa distanza;
- *Fascia di inondazione per tracimazione o rottura degli argini maestri C2* costituita dalla porzione di territorio inondabile per cedimento o tracimazione.

Nella *fascia A-B* il Piano persegue gli obiettivi di garantire, in condizioni di sicurezza, il deflusso, l'invaso e la laminazione della piena di riferimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo attraverso interventi di rinaturalizzazione.

Nella *fascia C1* il Piano persegue l'obiettivo di ridurre le vulnerabilità per le popolazioni ed i beni esposti, garantendo la funzionalità delle opere idrauliche esistenti e le operazioni di monitoraggio.

Nella *fascia C2* il Piano persegue l'obiettivo di fornire criteri ed indirizzi alla pianificazione territoriale ed urbanistica e di protezione civile.

In Fig. 4.12 viene riportata la mappa delle fasce fluviali del PAI-Delta con riportate le fasce A-B e C1 rispettivamente in colore giallo e verde.

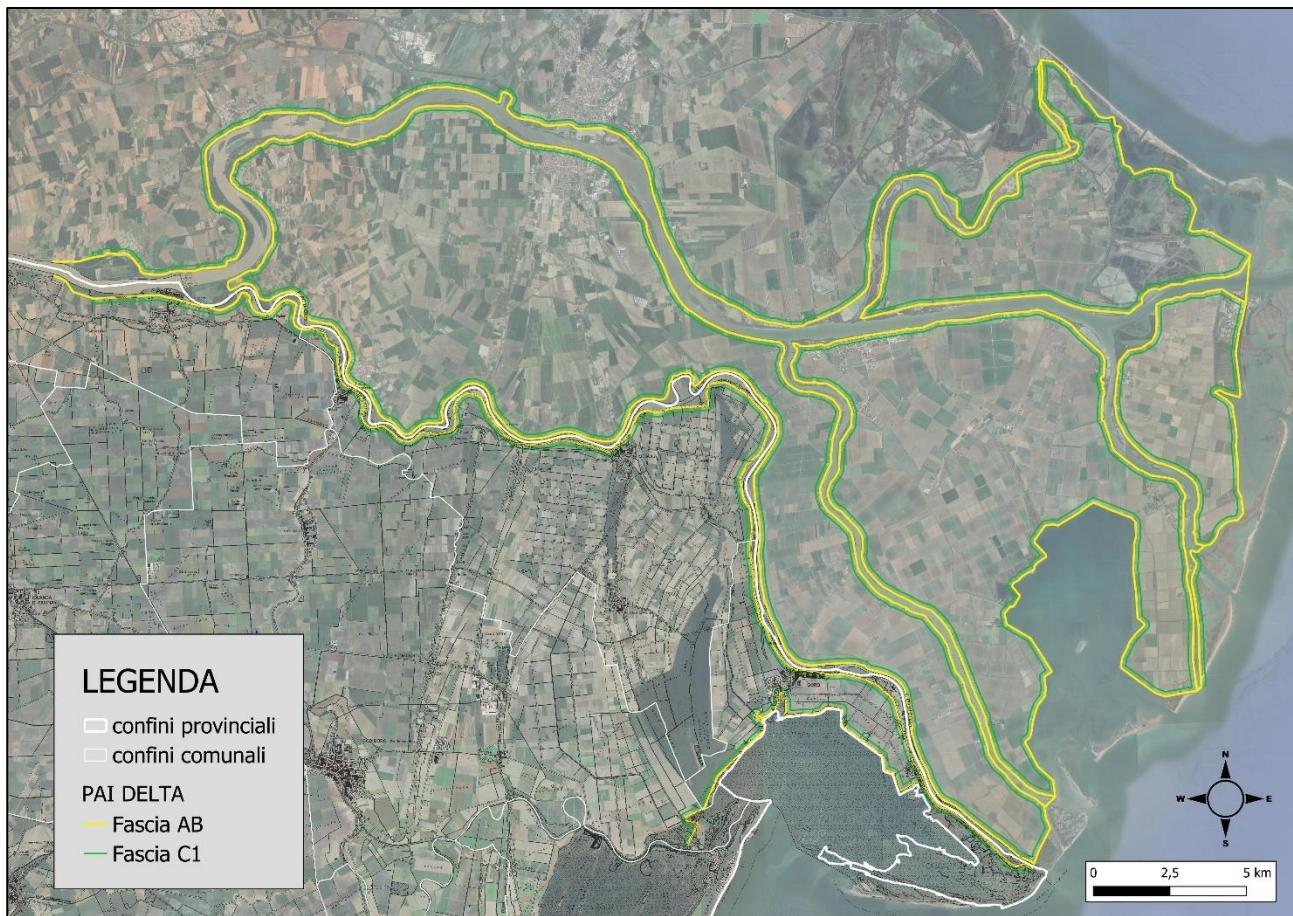


Figura 4.12 – Rappresentazione delle fasce fluviali del PAI – Delta.

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Reno PSAI-Reno (dic.2002; <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piani-di-bacino/autorita-bacino-reno/psai> ), ai fini della individuazione delle aree interessate da rischio idraulico elevato e molto elevato ha preso in considerazione la pericolosità dell'evento accoppiata agli elementi esposti, al loro valore economico e sociale tenendo conto della vulnerabilità. Nel 2016 è stata approvata con DGR n. 2111 del 05.12.2016 dalla Regione Emilia-Romagna una Variante ai Piani Stralcio del bacino idrografico del Fiume Reno finalizzata al coordinamento tra tali Piani e il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA). Nelle condizioni attuali tutta la pianura nord-occidentale della Provincia bolognese e porzioni di quella di Ferrara possono essere investite da allagamenti in seguito alle esondazioni del Reno per piene a moderata probabilità di accadimento, uguali o superiori ai 100 anni. Nella cartografia dello PSAI Reno sono individuate anche le fasce di pertinenza fluviale, all'interno delle quali gli interventi sono regolati dalle relative norme alle quali si rimanda integralmente.

## 5. Rischio costiero ed opere di difesa

### 5.1. Inquadramento normativo ed introduzione alla problematica

La Regione Emilia-Romagna ha approfondito la conoscenza del sistema fisico costiero, dei rischi naturali e delle principali dinamiche già a partire dal Piano Costa del 1981, al quale contribuirono numerosi tecnici ed esperti del settore. Esso costituisce un primo Quadro Conoscitivo ampio e innovativo per la gestione della costa e fu contestuale a due norme determinanti: la legge speciale per Ravenna (L. 845/1980), per la riduzione del fenomeno della subsidenza, e la legge per Ferrara (L. 849/1980) per la difesa dei territori agricoli retrostanti il litorale ferrarese (tratto dal QCD del GIDAC, 2022). Dagli anni 2000, inoltre, sono stati sviluppati nuovi studi e cartografie sulla geologia e la geomorfologia costiera, sui rischi da mareggiata e gli impatti antropici. Inoltre, grazie alla svolta digitale, e come suggerito dalla Commissione EU con il programma Eurosion, è stata avviata la costruzione del **Sistema Informativo del Mare e della Costa – SIC** (Perini et al. 2007; *Sistema Informativo Costa*: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa-e-mare/sistema-informativo-del-mare-e-della-costa-sic>), diventato istituzionale con le **Linee Guida GIZC** (D.G.R. 20 gennaio 2005, n.645). Nel 2010 è stato introdotto anche un nuovo strumento per l’organizzazione dei dati relativi alla gestione dei sedimenti di spiaggia e degli interventi di difesa, denominato ‘SICELL’ (Montanari et al. 2012), che viene aggiornato in occasione dei monitoraggi topo-batimetrici della costa.

La gestione della costa si basa ora su un sistema complesso di conoscenze, così articolato:

- monitoraggi sistematici dei fenomeni e delle dinamiche a scala regionale;
- la raccolta dati di terreno, l’esecuzione di rilevi supplementari e la realizzazione dimonitoraggi a scala di dettaglio;
- approfondimenti tematici;
- lo sviluppo e la gestione delle banche dati;
- la diffusione delle informazioni e dei risultati elaborati attraverso relazioni tecniche e pubblicazioni scientifiche.

I monitoraggi sistematici riguardano in particolare i fenomeni di erosione costiera, evoluzione della linea di rive, sedimentologia, subsidenza, mareggiate, sedimenti, parametri chimico-fisici della falda freatica...oltre che ulteriori approfondimenti e studi per migliorare la conoscenza del contesto geologico/geodinamico dell’area costiera.

Il **Sistema Informativo del mare e della costa (SIC)** è lo strumento di raccolta, gestione ed elaborazione dei dati ambientali e territoriali della fascia costiera e dell’area marina antistante:

dispone attualmente di un patrimonio di informazioni molto ampio, costantemente aggiornato al fine di migliorare il quadro conoscitivo di riferimento per la pianificazione territoriale e per l'analisi del rischio. Il SIC è alimentato con dati acquisiti o elaborati direttamente dalla Regione e/o da Arpaed ed include anche dati prodotti da altri Enti, pubblici e privati, che li mettono a disposizione della Regione nell'ambito di collaborazioni istituzionali.

Il Sistema Informativo del mare e della costa si articola in banche-dati tematiche (link in bibliografia) che riguardano lo stato fisico del litorale, i rischi costieri e le risorse della fascia marino-costiera:

- in\_Coast, che riguarda la geologia, geomorfologia la morfo-dinamica della fascia costiera;
- in\_Storm, dedicata alla raccolta e all'analisi dei dati sugli impatti da mareggiata;
- in\_Sand, strumento informativo per la gestione dei depositi di sabbia sottomarini, utilizzati per i progetti di protezione costiera;
- in\_Sea, banca dati che riguarda gli usi della costa e del mare (turismo, pesca, difesa, navigazione, porti, sfruttamento idrocarburi, ecc.);
- in\_Defence, banca dati riguardante la mappatura aggiornata dei sistemi di protezione costiera, la classificazione dello stato di criticità, i ripascimenti e la movimentazione di sabbia lungo la costa;
- in\_Move, che raccoglie i dati geologici e di monitoraggio necessari allo studio del fenomeno della subsidenza;
- in\_Risk, banca dati che raccoglie e organizza le informazioni e le principali cartografie prodotte per la valutazione e mitigazione dei rischi costieri.

In merito alle competenze relative alla fascia costiera, occorre tenere presente il “Demanio Marittimo”, che comprende i beni immobili destinati a soddisfare gli usi pubblici del mare (pesca, navigazione, diporto, balneazione ecc.) e che sono di appartenenza dello stato.

Come stabilito dal Codice civile all'art. 822 (che stabilisce che “Appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico il lido del mare, la spiaggia, le rade e i porti; i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia e le opere destinate alla difesa nazionale”), il Demanio marittimo include oltre al lido del mare (ovvero la porzione di riva a contatto diretto con le acque del mare da cui resta normalmente coperta per le ordinarie mareggiate) la spiaggia (definita come i tratti di terra prossimi al mare, che siano sottoposti alle mareggiate straordinarie), e l'arenile, ovvero sia quel tratto di terraferma che risulti relitto dal naturale ritirarsi delle acque, restando idoneo

ai pubblici usi del mare, anche se in via soltanto potenziale e non attuale. Per sua natura, esso è inalienabile e non può costituire diritto a favore di terzi (tratto da “*documento di Strategia GIDAC* <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/argomenti/difesa-della-costa/gidac/gidac-dicembre-2022>” ).

Il suo utilizzo, anche da parte di privati, può avvenire mediante una concessione d'uso, soggetta a canone annuale e regolata da un apposito disciplinare che ne stabilisce modalità, importi, limiti e durata nel tempo.

Dal punto di vista della sua gestione, con il decreto legislativo n. 112 del 31 marzo 1998 le funzioni amministrative sul demanio marittimo sono state integralmente trasferite dallo Stato alla Regione per tutte le finalità diverse da quelle di approvvigionamento di energia. Con successiva L.R. n. 9/2002, e successive modificazioni, sono stati invece disciplinati l'esercizio delle funzioni amministrative connesse alla gestione del demanio marittimo e di zone del mare territoriale conferite dallo Stato.

La Regione, oltre alle funzioni di programmazione, monitoraggio e vigilanza delle attività attribuite agli enti locali, esercita le funzioni amministrative relative al rilascio, rinnovo, modifica e revoca delle concessioni delle aree del demanio marittimo e di zone di mare territoriale per le attività di pesca, acquacoltura e attività produttive correlate alla tutela delle risorse alieniche, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 2, comma 1, lettere c) e d).

I Comuni approvano il Piano dell'arenile, avente ad oggetto la regolamentazione dell'uso e delle trasformazioni dell'arenile e delle costruzioni esistenti, nonché l'individuazione delle dotazioni delle aree per servizi pubblici e per tutte le attrezzature necessarie per l'attività turistica. Le previsioni del piano dell'arenile si attuano con intervento diretto. Ai comuni spettano inoltre le funzioni amministrative relative al rinnovo o rilascio delle concessioni a finalità turistico-ricreativa, pulizia degli arenili, delle concessioni inerenti i porti di interesse regionale e sub-regionale (Documento di Strategia GIDAC).

Il limite del Demanio è definito dalla cosiddetta ‘Dividente Demaniale’, ovvero dalla linea catastale che lo separa dalle attigue proprietà pubbliche o private.

Occorre poi tenere presente che, lungo la costa, sono presenti diversi beni e aree tutelate e disciplinate da piani paesaggistici e ambientali (es. PTPR, aree Rete Natura 2000, riserve naturali...).

Lungo la costa Emiliano-Romagnola sorgono poi storicamente diversi insediamenti a valenza turistica strategica, nonché importanti infrastrutture viarie di connessione e portualità di rilievo nazionale (Porto di Ravenna) e regionale (Porto Garibaldi, Goro...).

L'agricoltura della fascia costiera si presenta solo come un'attività interstiziale tra gli altri usi del territorio, che trova nelle sole produzioni orticole un reale punto di forza e caratterizzazione. Tali produzioni si sono meglio sviluppate nei suoli più idonei della seconda fascia costiera sino all'entroterra, in sostituzione dei seminativi.

Il tema delle interazioni terra-mare (LSI - land sea interaction) sono centrali nella Gestione Integrata della Fascia costiera (ICZM) e della Pianificazione dello Spazio Marittimo (MSP), come raccomandato dalla Direttiva EU 89/2014.

Tra le principali interazioni terra-mare di origine naturale troviamo:

- quelle legate alla presenza di delta, lagune e aree umide in costante evoluzione con le oscillazioni del livello del mare;
- agli apporti di acque dolci dai fiumi, che determinano condizioni di salinità ridotta e densità variabile influendo sulla vita degli organismi presenti;
- i processi erosivi della costa determinati dalle condizioni meteomarine.

Le principali interazioni terra-mare indotte di origine antropica indotte sono legate:

- all'input di inquinanti che vengono veicolati a mare dai fiumi, che influiscono negativamente sugli ecosistemi marini (prodotti dall'agricoltura, dalle città, turismo, e industria);
- alla presenza di opere marittime e di difesa costiera che interagiscono negativamente sulla dinamica litoranea come sulla qualità delle acque;
- alle estrazioni di oil&gas a mare;
- alle attività di pesca e acquacoltura che si svolgono in prossimità della costa;
- alle attività turistiche o di difesa della costa che impattano sulle 'nursery' presenti lungo la costa.

È quindi fondamentale secondo la strategia GIDAC approfondire tali fattori e promuovere azioni che favoriscano la gestione sostenibile e integrata degli usi antropici, la conservazione dell'ambiente, la riduzione della fragilità degli ecosistemi costieri e dell'erosione. Sono stati individuati due principali Hot-Spot per le interazioni terra mare: i territori del Delta del Po e del settore circostante il Porto di Ravenna.

Per quanto riguarda il Delta del Po, le caratteristiche morfologiche dell'area, la subsidenza e i fenomeni di mareggiate con acque alte, determinano l'elevata vulnerabilità di questa area con

possibili effetti amplificati all'innalzamento del livello del mare. Un ulteriore criticità, di grande attualità a causa della forte siccità che sta interessando tutto il paese, è l'avanzata del cuneo salino nell'entroterra, che lungo l'asta del PO ha superato i 30 km dalla foce. Il territorio ferrarese è quello maggiormente caratterizzato da aree depresse, residui di antiche baie e lagune in gran parte prosciugate dalle attività di bonifica. Nella piana costiera i rilevati morfologici coincidono con gli argini fluviali e con quelli dei canali di bonifica, o con residui di antichi cordoni litorali, che sono via via più recenti verso la costa. Le quote delle dune sono comprese tra +2 e + 3 m s.l.m., con alcuni elementi che raggiungono quote superiori ai 5-6 m.

Gli elementi geomorfologici della fascia costiera emiliano-romagnola, raggruppati in sei principali tematismi (Calabrese et al., 2010):

- la duna;
- la spiaggia emersa;
- le opere di difesa;
- la spiaggia sommersa
- la foce fluviale;
- la laguna;
- la zona umida.

## 5.2 Le principali tipologie di rischio

Per quanto riguarda i rischi costieri, i principali sono:

1. le mareggiate, che sono correlate ai fenomeni di erosione e inondazione marina, è andata aumentando negli ultimi decenni soprattutto a causa della crescente antropizzazione e dell'intensità degli eventi meteo-marini, in particolare quelli caratterizzati da 'surge' (acqua alta). La Regione Emilia-Romagna nel 2017 (DGR 556/2017) ha infatti inserito tra i fenomeni oggetto di allertamento anche la criticità costiera da mareggiata (moto ondoso e acque alte), adempiendo a quanto previsto dalla Direttiva Alluvioni (recepita dal D.lgs. n. 49/2010). Essa prevede una verifica quotidiana dei fenomeni, con conseguente analisi dei possibili impatti sia morfologici che alle infrastrutture generati dalla propagazione dell'onda sulla costa ([http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in\\_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate) ).

2. l’erosione costiera, che è conseguenza dell’insieme di dinamiche naturali e antropiche; la causa scatenante è l’elevata energia del mare che, durante le mareggiate, asporta la sabbia dalla parte superiore della spiaggia (emersa e intertidale) per depositarla nella porzione di spiaggia sommersa o addirittura nella zona di transizione verso la piattaforma, in caso di eventi meteomarini particolarmente intensi. Nei sistemi litoranei in equilibrio, il ripascimento naturale dei litorali è garantito dal continuo apporto di sedimento dai fiumi e dall’opera delle correnti costiere, che ridistribuiscono la sabbia accumulata nella spiaggia sommersa e alle foci. In Emilia-Romagna, purtroppo, tale equilibrio è venuto meno a causa di fattori antropici quali (tratti da *Documento di Strategia GIDAC*):

- la riduzione del trasporto solido da parte dei fiumi;
- lo spianamento delle dune costiere (naturale serbatoio di sedimento che alimenta le spiagge);
- l’effetto barriera provocato dalla presenza delle opere rigide trasversali alla costa (moli portuali e pennelli)
- la subsidenza che, insieme al sollevamento del livello del mare produce nuovo spazio (in geologia definito ‘accomodation’) che, se non è compensato dall’accumulo di nuovi sedimenti, viene occupato dal mare.

L’ultimo monitoraggio dell’erosione costiera lungo la costa emiliano-romagnola è stato condotto da Arpae nel 2018.

3. l’inondazione marina ovvero l’allagamento della spiaggia e del retrospiaggia per effetto di un innalzamento temporaneo del livello del mare e per la frangenza delle onde in condizioni di mareggiata. Oltre al trasferimento di acqua salata nell’entroterra, con potenziali danni ai manufatti e agli habitat, si associano processi di “overwash” che causano un ingente trasferimento di sabbia nelle aree inondate, comprese quelle urbane. I depositi sabbiosi che ne derivano possono procurare grandi disagi non solo alle strutture balneari presenti sulla costa, ma anche alla rete stradale, a quella fognaria e alle abitazioni civili. Per la valutazione della pericolosità al fenomeno dell’inondazione marina, ottemperando a quanto previsto dal D.Lgs. 49/2010 (trasposizione nazionale della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE), è stata prodotta una cartografia delle aree potenzialmente allagabili per effetto di mareggiate frequenti – scenario P3 (Tempo di ritorno Tr =10 anni), poco frequenti scenario P2 (Tempo di ritorno Tr =100 anni), e rare, scenario P1 (Tempo di ritorno Tr >>100 anni).
4. la subsidenza, che non riguarda solo la costa e verrà trattata in dettaglio al cap. 7.

### 5.3 Tratti del territorio ferrarese particolarmente soggetti a rischio costiero

Secondo la strategia GIDAC (<https://ambiente.regionemilia-romagna.it/it/suolo-bacino/argomenti/difesa-della-costa/gidac>), nel territorio ferrarese sono presenti diversi tratti critici e di difficile gestione: il principale problema è legato all'estrema riduzione di apporto solido di sedimento dai fiumi. Si segnalano due tratti particolarmente problematici: i Lidi Ferraresi nord e Bellocchio-Reno, che sono da affrontare con priorità rispetto ad altre zone. L'altra zona che merita un approfondimento, anche se ad oggi i parametri non evidenziano un rischio imminente, è la Sacca di Goro, e in particolare la zona di Foce del Po di Goro e il suo Scanno. I restanti tratti di costa richiedono comunque:

- manutenzione ordinaria/straordinaria delle opere o della spiaggia;
- dragaggi per motivi di efficienza e/o ambientali.

Di seguito viene riportata una tabella tratta dal Documento della strategia del GIDAC che riassume i tratti critici:

*Tabella 5.1: tratti critici della Provincia di Ferrara*

TRATTI CRITICI PROVINCIA FERRARA				
Denominazione Macro/celle Lunghezza	Tipologia costa	Problematiche	Priorità	Parametri
SCANNO DI GORO M7, cella 117 (5.000 m)	P-N c.a. 70% della costa a tipologia naturale, 15% opere (pennelli) sperimentali e 15% difese miste trasversali longitudinali non più efficaci	Rischio di annegamento sul lungo periodo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione dell'apporto sedimentario (riduzione della dimensione dello spit con diminuzione della funzione di difesa rispetto alla Sacca)</li> <li>• l'innalzamento del livello del mare determinerà episodi</li> </ul>	Necessarie valutazioni sull'evoluzione di "lungo periodo" e sulle strategie di utilizzo dell'intera Sacca di Goro (aspetti ambientali, turistici, economici, funzione di difesa del territorio del comune di Goro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SI_tot: ND</li> <li>• ASPE: E</li> <li>• SA:PS (ipotetico)</li> </ul>

		frequenti di inondazione/scavalcamiento		
FARO DI GORO M7, cella 116 (1.000 m)	P-N costa a prevalenza naturale, solo zona limitrofa al faro (c.a. 170 m) protetta da elementi trasversali a mare. Argini/muretti a protezione dagli eventi di inondazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>● smantellamento dell'apparato di foce (porzione sommersa)</li> <li>● occlusione della foce del Po di Goro con tendenza a recuperare la direzione di sbocco originaria verso sud</li> <li>● a rischio esistenza del faro</li> <li>● scarsa profondità della spiaggia antistante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● necessità di un'analisi costi/benefici per il mantenimento dell'assetto attuale</li> <li>● intervento di riqualificazione dell'area con ridefinizione complessiva della destinazione d'uso (difesa sicurezza navigazione, attività ricettive, nuove opere di difesa sia spondali che verso mare).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● SI_tot: ND</li> <li>● ASPE: E</li> <li>● SA: PS</li> </ul>
SACCA DI GORO M7, cella 112 (750 m)	P Argine in terra non più funzionale per la difesa dall'ingressione marina	<ul style="list-style-type: none"> <li>● assenza argine di difesa</li> <li>● morfologia di dune e barene non più in grado di ostacolare l'ingressione marina</li> </ul>	Considerato l'elevato valore ambientale dell'area analizzare l'opzione "difesa verde", ovvero la costruzione di un argine da erigere con tecniche di ingegneria naturalistica (duplice funzioni di difesa/viabilità)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● SI_TOT: ND</li> <li>● ASPE: ND</li> <li>● SA: PS</li> </ul>
LIDI FERRARESI NORD M6, da cella 104 a cella 109 (10.610 m)	P-N c.a. 50% della costa è protetto da barriere longitudinali distaccate emerse, c.a. 25% da difese radenti. Tratto restante costituito da costa naturale e costa protetta con opere miste trasversali-longitudinali.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● erosione cronica per assenza di apporti (interrotta dai moli di Porto Garibaldi)</li> <li>● scogliere foranee non più efficienti dal punto di vista idraulico</li> <li>● tratti di argine in stato critico (106-107-108), zone alta suscettibilità</li> <li>● forte riduzione dei pochi tratti discontinui di dune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● necessità di un'analisi costi/benefici per il mantenimento dell'assetto attuale</li> <li>● interventi di ripascimento straordinari e ordinari</li> <li>● innalzamento quote infrastrutture</li> <li>● grandi interventi di ripristino/rifacimenti o argini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● SI_TOT: A/M</li> <li>● ASPE: E/P</li> <li>● SA: PS.</li> </ul>

		naturali ancora esistenti	<ul style="list-style-type: none"> <li>opere di ingegneria naturalistiche per salvaguardare i cordoni dunosi naturali ancora esistenti</li> </ul>	
LIDO SPINA SUD-RENO BELLOCCHIO M5, da cella 98 (parziale) a cella 96 (prosegue a RA fino a cella 92) (4.480 m)	N  Criticità inizia nella settore meridionale della cella 98, presenza opere di difesa mista in cella 97 e cella 96 nord. Argini interni di protezione all'ingressione marina cella 96	<ul style="list-style-type: none"> <li>hot-spot erosivo (- 12/15 m/a)</li> <li>assenza apporto sedimento</li> <li>elevata pericolosità all'inondazione dell'entroterra retrostante</li> <li>perdita/trasformazione ecosistemi</li> <li>cambio assetto costa</li> </ul>	<p>Necessarie valutazioni sugli scenari evolutivi di breve e lungo periodo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>confronto con il mondo scientifico, recupero studi plessi</li> <li>analisi proiezioni future</li> <li>analisi costi/benefici sulle scelte di intervento o non intervento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SI_TOT: A</li> <li>ASPE: E</li> <li>SA: PS.</li> </ul>

TIPO COSTA: N = naturale, P = Protetta, F=Fittizia

SI\_TOT, Suscettibilità totale ai fenomeni di erosione e inondazione marina - A = ALTA, M = MEDIA, B = BASSA

ASPE - A = ACCUMULO, S = STABILE, P = EQUILIBRIO PRECARIO, E = EROSIONE

SA, Scenari Attesi - S = STABILE, PL = PEGGIORAMENTO LIEVE, PS = PEGGIORAMENTO SENSIBILE





*Fig. 5.1: foto tratte dal Documento di Strategia del GIDAC e raffigurante i danni e l'erosione provocata da eventi significativi lungo la costa ferrarese.*

#### 5.4 Opere ed interventi di difesa costiera

A seguito delle indicazioni dettate dal Piano Costa 1981, dal Progetto di piano per la difesa dal mare del 1996 e soprattutto dalle Linee guida della Gestione Integrata delle Zone Costiere del 2005, negli ultimi decenni è diminuito il ricorso alle opere rigide e gli interventi di questa tipologia sono mirati quasi esclusivamente alla modifica o riassetto delle protezioni esistenti.

Le opere di difesa rigide, individuate e mappate lungo il litorale regionale, sono state classificate seguendo le indicazioni dell'Atlante delle spiagge Italiane (CNR 1985), salvo lievi modifiche o nuove introduzioni come nel caso dei ‘muretti’ o ‘infrastrutture minori’. Le tipologie riconosciute sono state confrontate/adattate alla nomenclatura riportata nell’Atlante delle opere di sistemazione costiera pubblicato da Apat (2007) e consistono in:

1. Argine interno
2. Infrastrutture minori
3. Muretto
4. Area portuale e sua difesa
5. Foce armata e foce armata soffolta
6. Difesa longitudinale aderente e distaccata
7. Difesa longitudinale distaccata/aderente soffolta
8. Difesa trasversale e difesa trasversale soffolta
9. Pennello
10. Difesa mista e difesa mista soffolta

Le opere di difesa rigide hanno generato diverse problematiche sia sulla qualità delle acque e dei fondali che sull’evoluzione morfologica della costa sottesa e di quella sottnella: queste strutture, infatti, interferiscono con la naturale dinamica sedimentaria della spiaggia e della duna.

A partire dal 1983, in seguito alle indicazioni del Piano Costa 1981, si sono avviate le prime sperimentazioni di difesa della costa tramite ripascimento delle spiagge. Con il “Progetto di piano per la difesa dal mare” (Piano Costa, 1996) e, soprattutto, con le linee guida per la “Gestione Integrata delle Zone Costiere” (Delibera C.R. 20 gennaio 2005, n.645), questa tipologia di intervento è divenuta la nuova strategia di protezione, da privilegiare per i litorali regionali.

Il ripascimento, infatti, si configura come una tipologia di intervento a minor impatto ambientale e si concilia con la strategia di lungo termine basata sul riequilibrio delle spiagge ad opera degli apporti fluviali.

Tuttavia, nel corso degli anni, l’alto costo del materiale da cava, l’impatto ambientale del trasporto via terra e, soprattutto, l’insufficienza della risorsa rispetto al fabbisogno, hanno spinto la Regione a finanziare interventi di ripascimento con sabbie sottomarine. In particolare, sono stati finanziati n. 4 interventi denominati “Progettone 1- 4”.

L’esito del monitoraggio degli effetti di questi ripascimenti ha mostrato un comportamento molto variabile nei diversi tratti di litorale, ma in generale una maggiore perdita di sabbia nel primo anno dopo il ripascimento ed un suo spostamento dalla spiaggia emersa a quella sommersa e lungo costa. Il materiale fuoriuscito dall’area di ripascimento non è materiale “perso” ma va ad alimentare le

spiagge sottofondo e rinforzare il profilo della spiaggia sommersa, garantendone l'equilibrio (tratto da *Documento di Strategia GIDAC*).

È evidente come sia imprescindibile supportare tale sistema gestionale mediante una precisa conoscenza delle dinamiche morfologiche e di trasporto dei sedimenti lungo costa che permette la programmazione dell'uso delle risorse, materiali e finanziarie, al fine di garantire la massima efficacia degli interventi.

In tal senso, inoltre, sarebbe particolarmente utile l'individuazione lungo la costa regionale di più aree di stoccaggio di materiale da ripascimento, in modo da poter consentire l'ottimizzazione della gestione della risorsa sabbia nel tempo e nello spazio.

PERIODO	RIMINI	FORLÌ-CESENA	RAVENNA	FERRARA
1972-1999	742,000	340,368	2,004,000	112,000
2000-2009	742,000	340,368	2,004,000	112,000
2010-2018	1,185,321	331,029	1,309,679	1,144,297

*Fig. 5.2: distribuzioni volumetriche sabbie utilizzate per gli interventi di ripascimento a scala provinciale per intervalli di tempo decennali.*

La progressiva urbanizzazione della fascia litoranea e lo sviluppo delle infrastrutture turistiche hanno indotto profonde modificazioni territoriali e determinato la quasi totale scomparsa dei sistemi dunosi costieri, aumentando il livello di rischio delle località turistiche e dei centri urbani sempre più esposti a fenomeni di dissesto idrogeologico e alle inondazioni marine.

Per ridurre la vulnerabilità di queste aree la Regione sta promuovendo sia interventi naturalistici, a protezione/ripristino degli elementi geomorfologici costieri, che interventi di riqualificazione sostenibile del lungomare (waterfront), finalizzati a coniugare la riqualificazione urbana e la sostenibilità ambientale ([Tab. 5.2](#); [Fig. 5.3](#)) (tratte da *Documento di Strategia GIDAC*)

Le principali tipologie di intervento sono:

- 1. Interventi di protezione delle morfologie costiere** (recupero delle dune costiere)
- 2. Interventi di restyling e riqualificazione sostenibile del lungomare**
- 3. Interventi misti**

Per la Provincia di Ferrara, gli interventi effettuati sono sintetizzati nella tabella sotto:

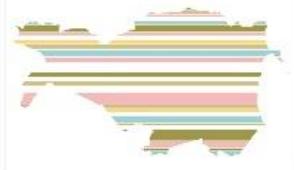
*Tabella 5.2: in azzurro, dettaglio ubicazione ed estensione interventi di protezione delle morfologie costiere; in giallo, i progetti che uniscono la protezione delle morfologie costiere alla riqualificazione urbana.*

Intervento	Provincia	Tipologia	Titolo/dettagli intervento	Estensione lineare area di intervento (m)	Precisione estensione intervento
Lido Spina - Canale Logonovo	FE	Protezione	Tutela di un tratto di duna costiera (progetto Co-Evolve 2019)	65	Esatta
Lido di Volano	FE	Protezione	Progetto “H2020 776848-2 Open-air laboratories for nature-based solutions to manage hydrometeo-risks - OPERANDUM” ripristino duna costiera a Lido di Volano (FE)	50	Esatta
Lido degli Estensi – Porto turistico e centro abitato	FE	Misti	Riqualificazione urbana e sostenibile dei servizi nautici e turistici. Realizzazione del Porto turistico e completamento funzionale del centro abitato di Lido degli Estensi. Messa in sicurezza idraulica.	1600	Esatta
Porto Garibaldi - Via dei Mille n.62	FE	Misti	Progetto speciale partnership pubblico-privato per la rigenerazione turistica e ambientale della costa - Via dei Mille n.62 e arenile antistante. Arretramento delle strutture presenti sull'arenile e ricostruzione cordone dunoso, piantumazioni.	650	Esatta
Lido degli Estensi - V.le Carducci-Querce	FE	Riqualificazione urbanistica	Riqualificazione di Viale Carducci-Querce e zone limitrofe - Lido Estensi.	730	Esatta



*Fig. 5.3: esempio di interventi di protezione e riqualificazione.*

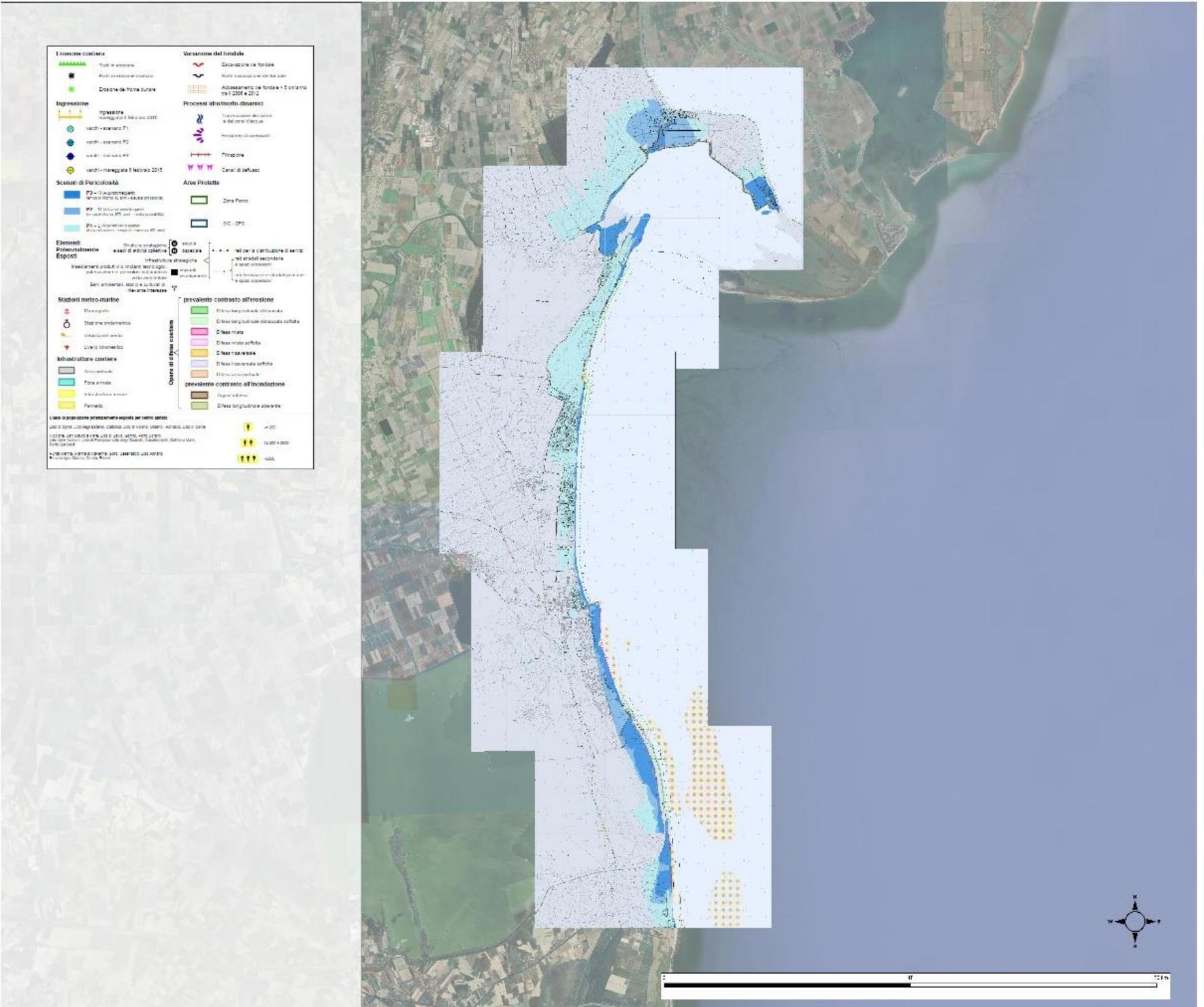
A conclusione di questo capitolo sulla costa e rischi costieri, viene riportata una mappa ([Fig. 5.4](#)) che riassume i rischi, le opere di difesa e gli interventi effettuati per il territorio ferrarese alla scala di Area Vasta.



#### **Carta delle criticità della Costa Ferrarese**

(tratto dalle tavole del Sistema Informativo del Mare e della Costa della Regione Emilia-Romagna)

scale 1:50,000



## 6. Salinizzazione e risalita del cuneo salino

La risalita dell’acqua marina dalla foce nei tratti del fiume Po è un fenomeno naturale che tuttavia negli ultimi anni ha accentuato la sua frequenza e profondità: l’ingressione del cuneo salino è arrivata a 40 km dal mare nel 2022 e a 17 nel 2023. Un rischio per i delicati ecosistemi lungo la costa, ma anche per le diverse attività agricole, zootecniche e industriali, oltre che per l’approvvigionamento acquedottistico.

Il fenomeno del cuneo salino è idraulicamente inquadrato nell’ambito delle cosiddette correnti di densità e consiste nell’intrusione di acqua salata marina, più densa rispetto all’acqua dolce, sia nella falda acquifera sia sul fondo dell’alveo fluviale in prossimità della foce di un fiume. In quest’ultimo caso la risalita dell’acqua marina verso monte è dovuta alla scarsa portata del fiume che non è in grado di contrastare la forza della marea. Si viene così a generare un cuneo di acqua salata che si insinua sul fondo del letto del fiume sotto l’acqua dolce più leggera che defluisce verso mare. Tra i vari fattori che influenzano la risalita del cuneo salino ritroviamo: la subsidenza, l’eustatismo, la variazione del regime delle piogge, l’aumento delle derivazioni irrigue, il minor rilascio di acqua dai bacini montani, l’abbassamento del fondo dell’alveo a causa del prelievo di inerti e il minore apporto di sedimenti dagli affluenti. Le conseguenze si possono concretizzare nell’interruzione delle derivazioni irrigue e degli approvvigionamenti acquedottistici, con gravi inconvenienti per l’attività agricola e forte disagio per la popolazione, nell’inaridimento delle zone litoranee e nella salinizzazione delle falde superficiali.

I problemi connessi alla presenza di sali, sia nelle acque superficiali per l’irrigazione e nelle falde sia nei terreni, accompagnano da sempre la gestione delle aree deltizie, ma la diminuzione delle precipitazioni nell’ultimo trentennio, soprattutto tra marzo e settembre, e l’aumento della temperatura media rendono sempre più necessario e urgente conservare e ripartire con intelligenza la risorsa idrica, la cui richiesta è in costante aumento.

Nello *Studio e gestione del cuneo salino, 2023* ([https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numerico-scientifico/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio\\_cuneo\\_salino\\_es2023\\_6.pdf](https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numerico-scientifico/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio_cuneo_salino_es2023_6.pdf)) viene fatto il punto su come sta cambiando il sistema lagunare del Po, sulle attività di gestione dell’acqua, sul monitoraggio della salinizzazione e sull’uso di strumenti di modellistica, innovativi e ad altissima risoluzione, alla base delle previsioni e delle soluzioni per fronteggiare i problemi che stanno emergendo. Tra cambiamenti climatici, nuove esigenze socio-economiche e modelli di governance si svilupperà anche il nuovo Piano di tutela delle acque della Regione Emilia- Romagna,

la cui elaborazione ha preso avvio nel corso del 2023. Diversi contributi sono il frutto del confronto che si è svolto nell’ottobre 2023 a Goro (FE) nella sede della Struttura oceanografica Daphne di Arpaie, nel corso del seminario “Cuneo salino nel delta del Po, stato attuale e prospettive”.

La diminuzione delle precipitazioni nell’ultimo trentennio, soprattutto tra marzo e settembre, e l’aumento della temperatura media comportano un aumento della richiesta d’acqua in alcuni settori, in particolare quello agricolo. Si deve cercare una soluzione che preveda riforme strutturali e investimenti.

Va comunque evidenziato che nel corso della stagione irrigua 2022, nonostante la siccità conclamata, il volume cumulato delle derivazioni è sempre stato superiore alla portata di Po a Pontelagoscuro fino al 22 agosto, con un delta che ha superato fronte di una portata complessivamente derivata di poco superiore ai 730 m<sup>3</sup>/s, la portata misurata in alveo risultava di poco inferiore ai 200 m<sup>3</sup>/s. Il 24 luglio veniva rilevata la portata più bassa mai misurata a Pontelagoscuro pari a 114 m<sup>3</sup>/s (*Studio e gestione del cuneo salino, 2023*).

Questa consistente riduzione dei deflussi transitanti alla sezione di chiusura di Pontelagoscuro ha comportato, nel luglio 2022, un’ingressione dell’intrusione salina a valori mai registrati prima. Il 22 luglio 2022, infatti, è stato stimato il massimo valore di risalita dell’intrusione salina in condizioni di alta marea nel ramo di Po di Goro: la stima dell’intrusione salina ha raggiunto circa 40 km ([Fig. 6.1](#)). Da quanto detto sin qui, risulta evidente che maggior domanda e minor disponibilità stanno rendendo sempre più difficile la gestione della risorsa idrica all’interno del distretto del Po.

Per far fronte alle necessità e alle problematiche evidenziate, via via più frequenti e durature, bisognerà realizzare importanti riforme strutturali e non dell’intero sistema di utilizzo della risorsa che dovranno migliorare, innanzitutto, le modalità con cui la risorsa idrica viene conservata, distribuita e utilizzata. Questo richiederà importanti investimenti nel settore, per i quali sarà necessario individuare le opportune fonti di finanziamento (tariffa del servizio idrico integrato, Piano nazionale di interventi infrastrutturali e per la sicurezza del settore idrico ecc. ) (*Studio e gestione del cuneo salino 2023*).

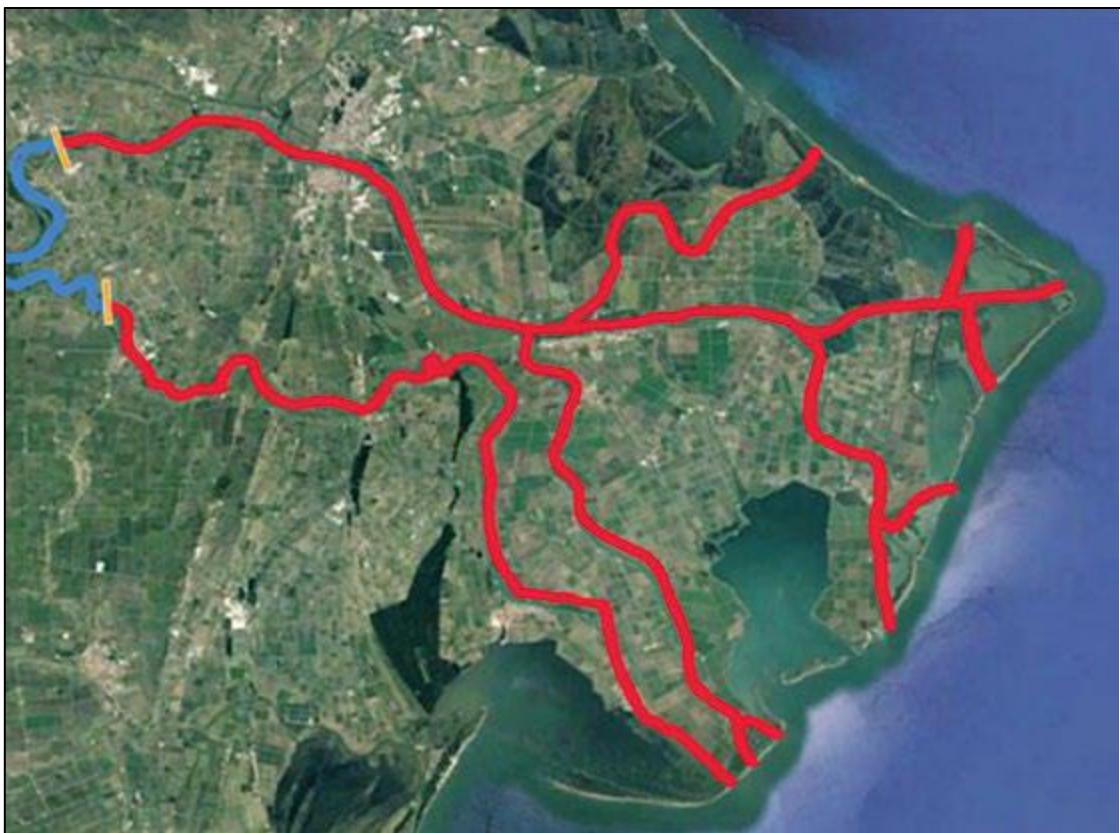
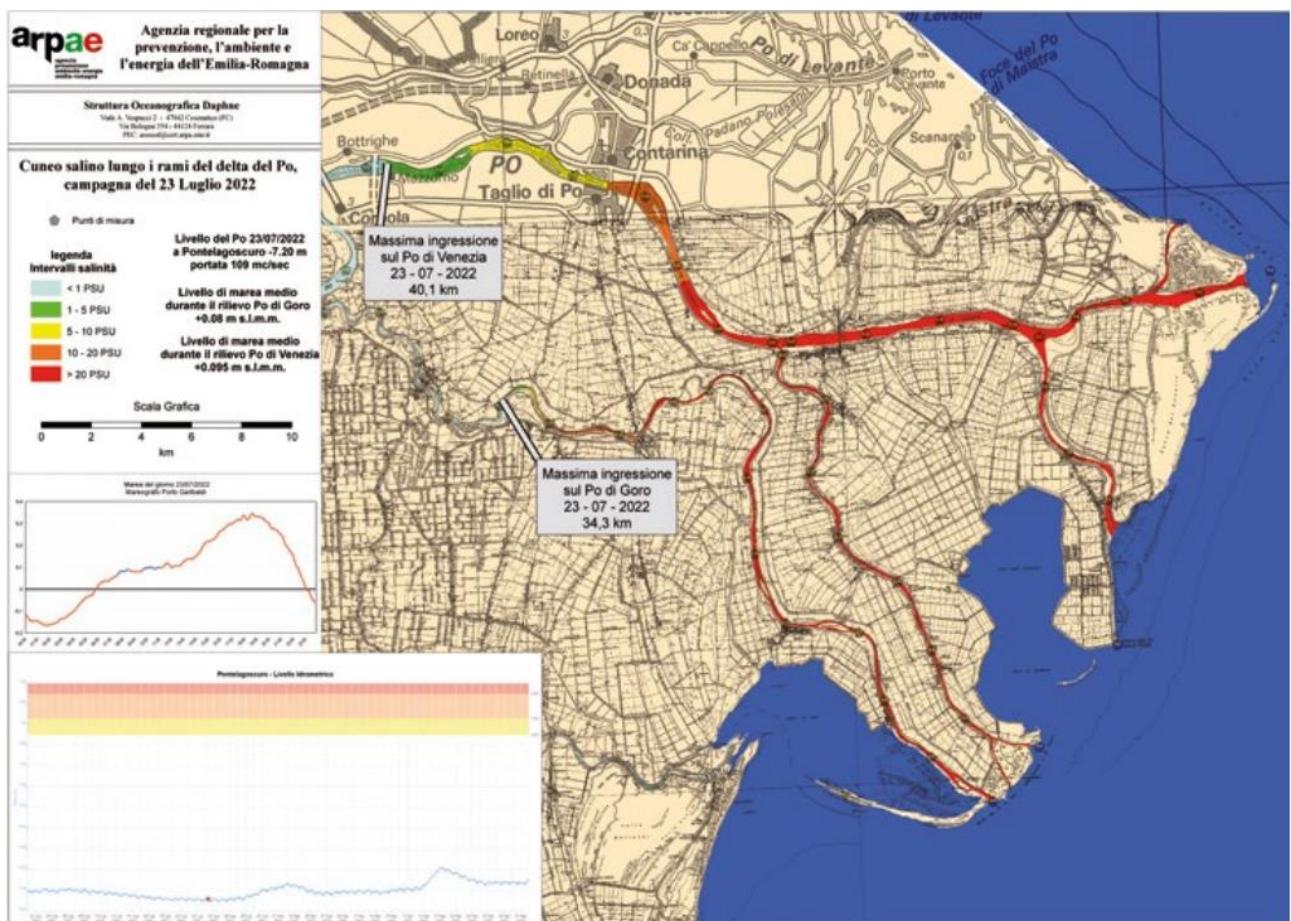


Fig. 6.1: Risalita del cuneo salino (rappresentata in rosso) nel delta del fiume Po, a luglio 2022, in condizioni di alta marea. Nel ramo di Po di Goro la stima massima dell'intrusione salina ha raggiunto circa 40 km (tratto da "Studio e Gestione del Cuneo Salino").

Le problematiche connesse alla presenza di sali sia nelle acque superficiali per l'irrigazione sia nei terreni accompagnano da sempre la gestione delle aree deltizie. Portare acqua dolce, garantire un buon drenaggio dei terreni, deprimere la falda salata superficiale favorendo la percolazione di acque dolci sono solo alcuni degli accorgimenti adottati dai Consorzi di bonifica che gestiscono da oltre un secolo le infrastrutture idrauliche del territorio. Le acque utilizzabili per l'irrigazione debbono necessariamente presentare un ridotto contenuto di sali, pena il danneggiamento diretto delle colture o la perdita totale dei raccolti, ma anche danni molto rilevanti e semi-permanenti ai terreni: l'infiltrazione di sali ne modifica le caratteristiche chimico-fisiche e può renderli inadatti a qualsiasi tipo di coltivazione. Per praticità, la concentrazione di sali nelle acque è spesso misurata indirettamente, rilevandone la conducibilità elettrica (mS/cm). La sensibilità delle colture alle acque saline varia dipendentemente dalle specie, dalle fasi fenologiche, dai metodi irrigui e dalle caratteristiche dei terreni. Sulla base dell'esperienza e per il solo comprensorio ferrarese, si ritiene che l'utilizzo di acque con valori inferiori a 1,5/2,0 mS/cm non determini problemi particolari; acque con valori tra 2,0 e 3,0 mS/cm, pur con attenzione, possono essere utilizzate; nel caso di valori superiori a 3,0 mS/cm è invece sconsigliato procedere con l'irrigazione. Per disporre di parametri di riferimento, è utile sapere che l'acqua del fiume Po ha conducibilità dell'ordine di 0,5 mS/cm, l'acqua

di mare >30-35 mS/cm. Per l'approvvigionamento idrico agricolo, che per il ferrarese avviene quasi esclusivamente dal fiume Po, l'avanzamento del cuneo salino è un problema: può infatti limitare o annullare le possibilità di attingimento, a seconda della posizione dei prelievi e dalla distanza dalla foce. I principali corsi d'acqua che sfociano nel mare sono, da nord a sud, il Po di Goro, il Po di Volano, il canale navigabile Migliarino-Ostellato-Porto Garibaldi e il fiume Reno ([https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio\\_cuneo\\_salino\\_es2023\\_6.pdf](https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio_cuneo_salino_es2023_6.pdf)).

Con la legge regionale dell'Emilia-Romagna n. 13/2015 il monitoraggio del cuneo salino è passato in carico ad Arpaе, che ha svolto rilievi nel 2016, 2017 e 2022, quest'ultimo anno caratterizzato ancora una volta da grave crisi idrica che ha colpito il bacino del Po. Nel periodo 2023-2025, infine, la rete di misura è stata e sarà mantenuta operativa grazie ai finanziamenti derivanti dall'accordo di collaborazione ex art. 15 L. 241/1990 stipulato con l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po per il monitoraggio a supporto dell'attuazione della direttiva 2000/60/CE: Rete ambientale strategica del distretto del fiume Po (RasPo).



L'elaborazione dei dati raccolti fino a oggi mostra un'intrusione massima del cuneo salino raggiunta durante l'estate 2022 quando, nel mese di luglio, essa ha toccato picchi di 34,3 km nel Po di Goro e 40,1 km nel Po di Venezia in corrispondenza di una portata media giornaliera a Pontelagoscuro (FE) prossima ai 110 m<sup>3</sup> /s, valore di molto inferiore al minimo storico di 156 m<sup>3</sup> /s del luglio 2006, a conferma che il 2022 è stato complessivamente un anno caratterizzato da un andamento meteoclimatico fuori dalla norma e con notevole persistenza di condizioni estreme ([Fig. 6.2](#)) (*Studio e gestione del cuneo salino 2023*).

Per il monitoraggio del cuneo salino, la misura della conducibilità elettrica dell'acqua – riferita a 25°C ed espressa in mS/cm – e della temperatura viene rilevata generalmente ogni 0,50 m di profondità e anche alle profondità dove si osservano variazioni repentine dei valori di conducibilità. Il monitoraggio del cuneo salino lungo la costa ferrarese viene svolto in 6 stazioni di monitoraggio, che sono state individuate tra quelle più significative, utilizzate nelle precedenti attività di caratterizzazione svolte dalla Regione Emilia-Romagna, che permettono di ricostruire l'andamento nel tempo del cuneo salino in falda in 3 transetti perpendicolari alla linea di costa ([Fig. 6.3a](#)): - transetto A, Bosco della Mesola - transetto B, Spiaggia Romea - transetto C, S. Giuseppe-Comacchio.

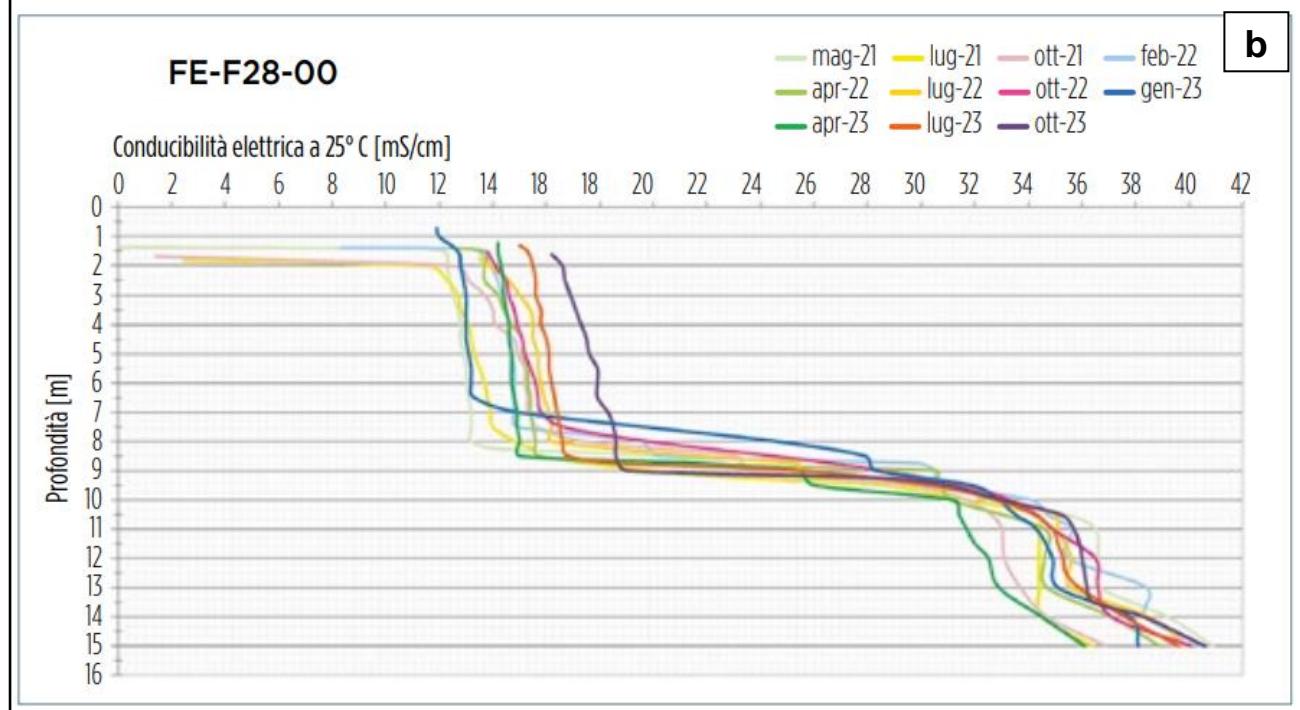
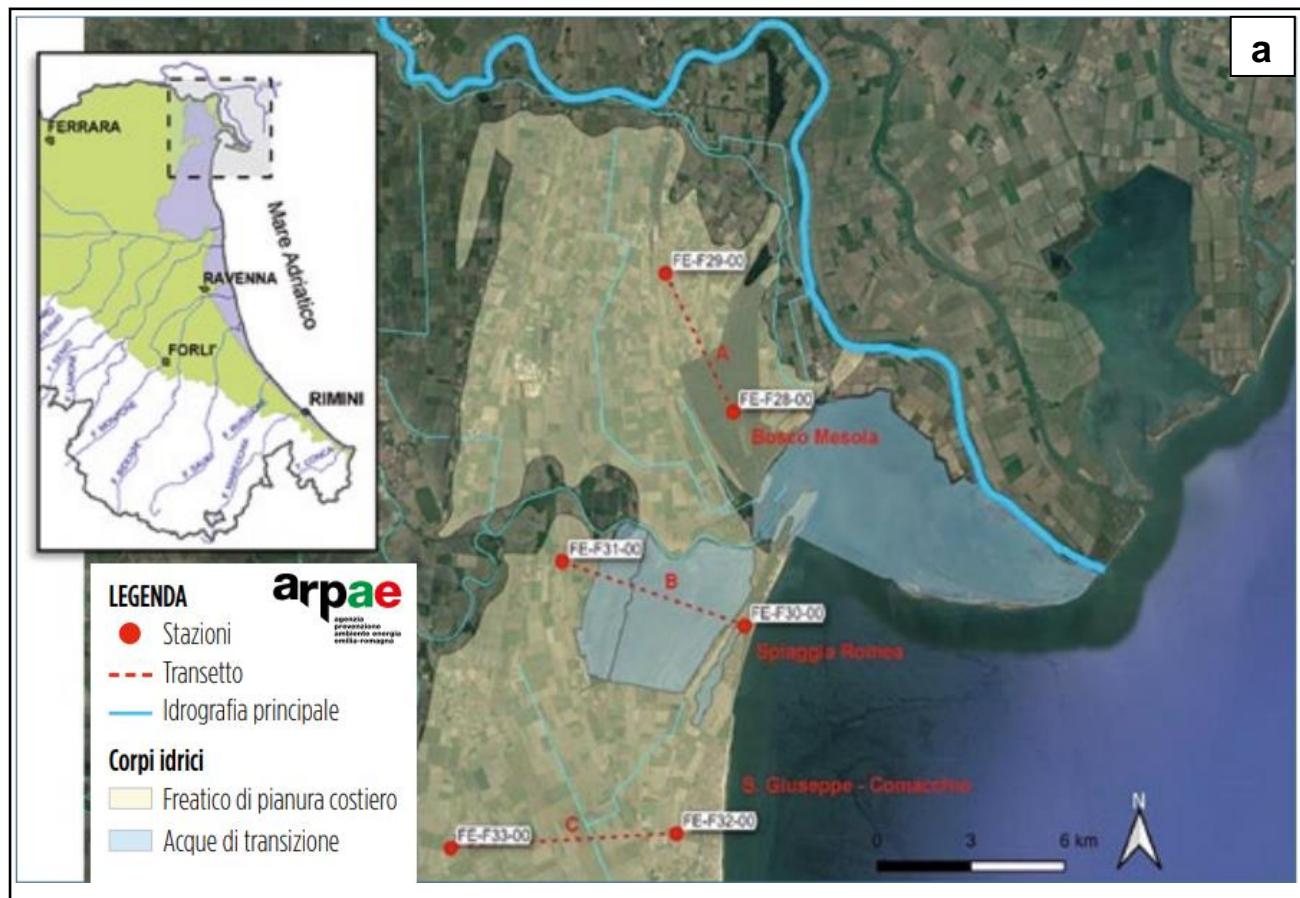
I dati di monitoraggio del cuneo salino in falda possono essere rappresentati in diversi modi, in genere si riporta l'andamento della conducibilità elettrica con la profondità nei diversi periodi di monitoraggio, attraverso il quale è possibile confrontare la profondità alla quale si trova l'interfaccia acqua dolce-salata. In [Fig. 6.3b](#) si riporta un esempio della **stazione di Bosco Mesola** nella quale si può osservare il repentino incremento della conducibilità elettrica nel tratto di profondità da 7 a 9 m circa nei diversi periodi di monitoraggio; oltre questa profondità la conducibilità è tipica delle acque marine. Nel corso del 2022 e 2023 si osserva inoltre un incremento della conducibilità anche nella parte più superficiale della falda. Per verificare l'evoluzione nel tempo dell'interfaccia acqua dolce-salata, è preferibile rappresentare per ogni stazione la variazione nel tempo della profondità dell'interfaccia stessa in modo da caratterizzare l'ingressione stagionale del cuneo salino e valutare nel medio-lungo periodo se è presente una tendenza significativa all'ingressione del cuneo oppure se si tratta di un fenomeno ciclico stazionario. Il monitoraggio svolto nelle stazioni del **transetto A (Bosco della Mesola)** evidenzia un'omogeneizzazione dei valori di conducibilità dalla superficie della falda fino a profondità variabili nel tempo da 7 a 11 metri con valori tendenzialmente crescenti di conducibilità elettrica dal 2018 al 2023 fino a raggiungere i 16 mS/cm ([Fig. 6.3c](#)). Nell'estate 2022 l'interfaccia acqua dolce-salmastra con l'acqua salata è stata individuata a 7,5 m di profondità vicino la costa (FE-F28-00), dove si assiste a una brusca variazione dei valori di conducibilità, mentre nella stazione più interna rispetto alla costa (FE-F29-00) questa profondità si è ridotta a 4 m, in

concomitanza con la registrazione del minimo storico del livello di falda. L'intrusione salina registrata in quest'area è derivante da una serie di fattori, tra cui l'avanzamento del cuneo salino riscontrato nel 2022 nelle acque del fiume Po che ricarica l'acquifero lateralmente, il minore apporto di acqua dolce dovuto alle scarse precipitazioni nel 2022 e lo sfruttamento locale della falda a scopi irrigui o per attività antropiche. Nel 2023 il fenomeno di salinizzazione è rientrato per la stazione più interna, mentre ciò non è avvenuto per la stazione prossima alla costa, dove si registra un trend statisticamente significativo dell'interfaccia acqua salmastra e salata (16 mS/cm) in incremento di 0,44 m/anno dal 2018 al 2023 (0,21 m/anno escludendo il 2023) (tratto da *Studio e gestione del cuneo salino 2023*).

Nel **transetto B (Spiaggia Romea)** l'intrusione del cuneo salino proveniente dal mare è fortemente condizionato dalla presenza delle valli, e in parte dal regime dei canali di irrigazione. In corrispondenza della stazione interna rispetto alla costa (FE-F31-00) l'interfaccia acqua dolce e acqua salmastra è stata individuata a circa 8 m di profondità, dove si ha una brusca variazione di conducibilità elettrica rispetto i 2,5 mS/cm, dopo la quale si osserva l'interferenza delle acque marine ([Fig. 6.3c](#)). In questo punto di monitoraggio i livelli di conducibilità elettrica sono influenzati dalle acque di transizione di valle Cantone e valle Nuova e dalle acque superficiali provenienti dal bacino del fiume Po di Volano che alimentano la falda, diluendo e attenuando i valori di conducibilità elettrica e contribuendo a rendere omogeneo il valore di tale parametro per i periodi estivi, così come avvenuto durante il periodo di siccità del 2022. In corrispondenza della stazione lungo costa (FE-F30-00), in cui risulta assente la colonna di acqua dolce, si assiste a un'omogeneizzazione ciclica dei valori di conducibilità elettrica pari a 34 mS/cm, valore in questo punto interpretato come l'interfaccia acqua salmastra-salata che, nel luglio 2022, ha raggiunto il minimo storico di profondità di 1,5 m da piano campagna. Si osserva pertanto che il volume di acqua salmastra qui disponibile viene fortemente ridotto durante l'estate, sia a causa dell'ingressione del cuneo salino proveniente da mare sia a causa di un probabile aumento, nei mesi estivi, dell'evaporazione delle acque di transizione del lago delle Nazioni, valle Cantone e valle Nuova che conseguentemente risultano più salate e concorrono, seppure in misura minore, all'aumento dei valori di conducibilità elettrica nel punto monitorato (tratto da *Studio e gestione del cuneo salino 2023*).

Nel **transetto C (San Giuseppe – Comacchio)** l'interfaccia acqua dolce/salmastra e acqua salata si colloca dove la conducibilità elettrica varia bruscamente rispetto i 2,5 mS/cm per entrambi i punti di monitoraggio, e ciò avviene a circa 6,5 m di profondità nel punto più distante dalla costa e tra la superficie della falda e i 7 m da piano campagna nel punto lungo la costa ([Fig. 6.3c](#)). Tuttavia, per queste stazioni di monitoraggio, in particolare per la stazione prossima all'abitato di San Giuseppe

(FE-F32-00), risulta difficile rilevare l'intrusione del cuneo salino nei mesi estivi, in quanto il carico idraulico dei canali di irrigazione vicini ne contrasta l'ingressione.



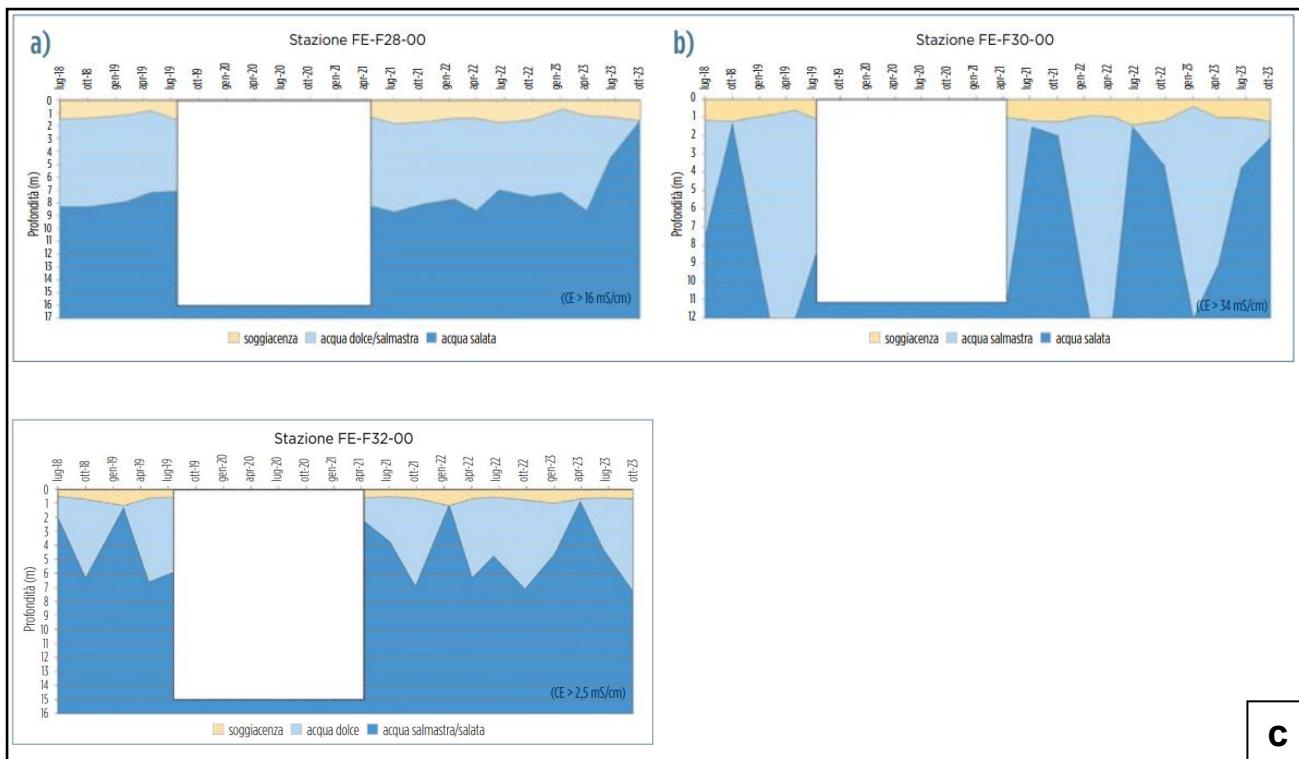


Fig. 6.3: a) Corpo idrico freatico costiero lungo la costa ferrarese e i 6 punti del monitoraggio del cuneo salino in falda; b) Esempio di variazione della conducibilità elettrica in falda con la profondità nel periodo 2021-2023 (Stazione FE-F28-00); c) Andamento nel tempo della profondità della falda e dell'interfaccia acqua dolce, salmastra e salata nella stazione lato mare del transetto A, a sinistra, del transetto B, a destra e C sotto (2018-2023) (tratte da "Studio e Gestione del Cuneo Salino").

Queste prime evidenze dell'ingressione del cuneo salino marino nella prima falda freatica costiera del ferrarese evidenziano che il fenomeno in generale è stagionale e non persistente nel tempo. Solo in una limitata zona del Bosco della Mesola il fenomeno è caratterizzato da una ingressione significativa e persistente del cuneo salino marino negli ultimi anni.

## 7. Subsidenza

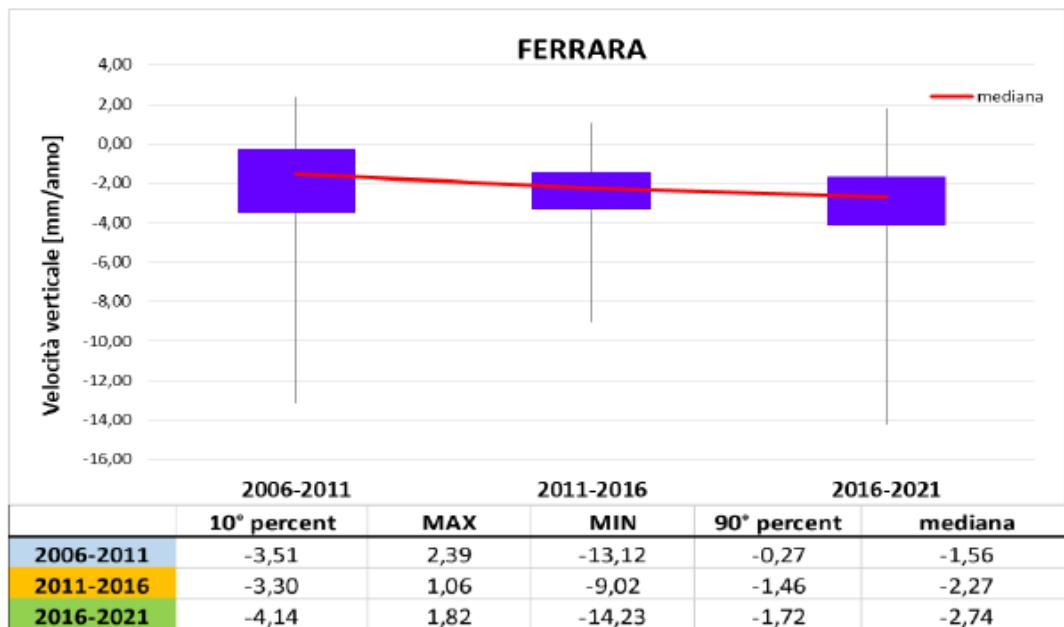
Il tema della subsidenza è centrale per il territorio ferrarese, in quanto è strettamente correlato ai fenomeni di rischio idraulico e marino-costiero, come menzionato più volte nei capitoli precedenti.

Si riporta di seguito quanto descritto nel sito e nei rapporti redatti da Arpae (<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza>) che svolge, su incarico della Regione Emilia-Romagna, le attività di monitoraggio. La subsidenza rappresentava una criticità soprattutto negli anni '50-'60, quando alla subsidenza naturale si andava a sommare quella antropica, determinata soprattutto dalle estrazioni di fluidi (acqua e metano) dal sottosuolo. Il fenomeno si è manifestato con danni al patrimonio artistico-monumentale, perdita di efficienza delle infrastrutture idrauliche, erosione accelerata della fascia costiera e aumento della propensione all'esondabilità sia dei territori costieri che interni.

Dal rilievo della subsidenza relativo al periodo 2011-2016 si evince che nella provincia gli abbassamenti sono generalmente compatibili con una subsidenza di tipo naturale. Rispetto al precedente rilievo (periodo 2006-2011) si segnala solo un incremento subsidenziale in corrispondenza di Mirabello con massimi di circa 10 mm/anno ([Fig. 7.2](#)). Sul litorale continua la tendenza, già manifestata con il precedente rilievo, ad una diminuzione della subsidenza; si notano abbassamenti di pochi mm/anno su tutto il litorale ferrarese.

Si riscontra invece una situazione pressoché stabile negli ultimi 2 periodi di monitoraggio, con velocità in leggera diminuzione. La mediana della distribuzione delle velocità verticali a scala provinciale è ora pari a -2,74 mm/anno rispetto a -1,56 mm/anno del periodo 2006-2011 ([Fig. 7.1](#)). Le aree in sollevamento sono prevalentemente ubicate in prossimità delle Valli del Mezzano, per il resto sono assenti o comunque arealmente poco significative.

Rilevante è dunque poter distinguere la subsidenza di origine antropica da quella naturale, ed un dato sicuramente fondamentale è la stima dei prelievi idrici da acque sotterranee in provincia. I dati relativi ai prelievi da acque sotterranee vengono distinti da Arpae (report movimenti verticali periodo 2016-2021) per categoria d'uso: civile (acquedottistico), industriale, agricolo (irriguo), zootecnico e piscicoltura ([Figure 7.3, 7.4](#)). Inoltre vengono aggregati sia in base alle differenti tipologie di corpi idrici sotterranei sui quali gli stessi insistono, sia su base territoriale, con riferimento alla singola provincia. prelievi da acque sotterranee avvengono principalmente tramite pozzi nei corpi idrici sotterranei di pianura, liberi, confinati superiori e confinati inferiori, siano essi di conoide o di pianura.



*Fig. 7.1: Andamento della velocità di movimento verticale del suolo dal 2006-2011 al 2016-2021 in Provincia di Ferrara.*



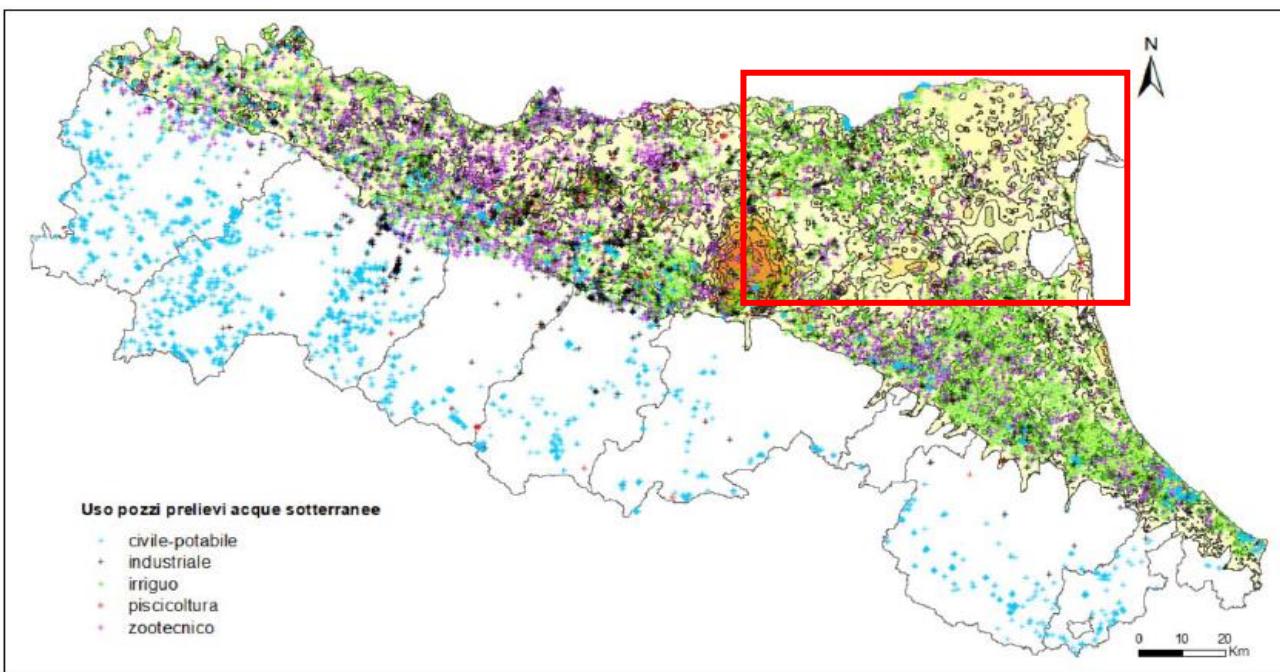
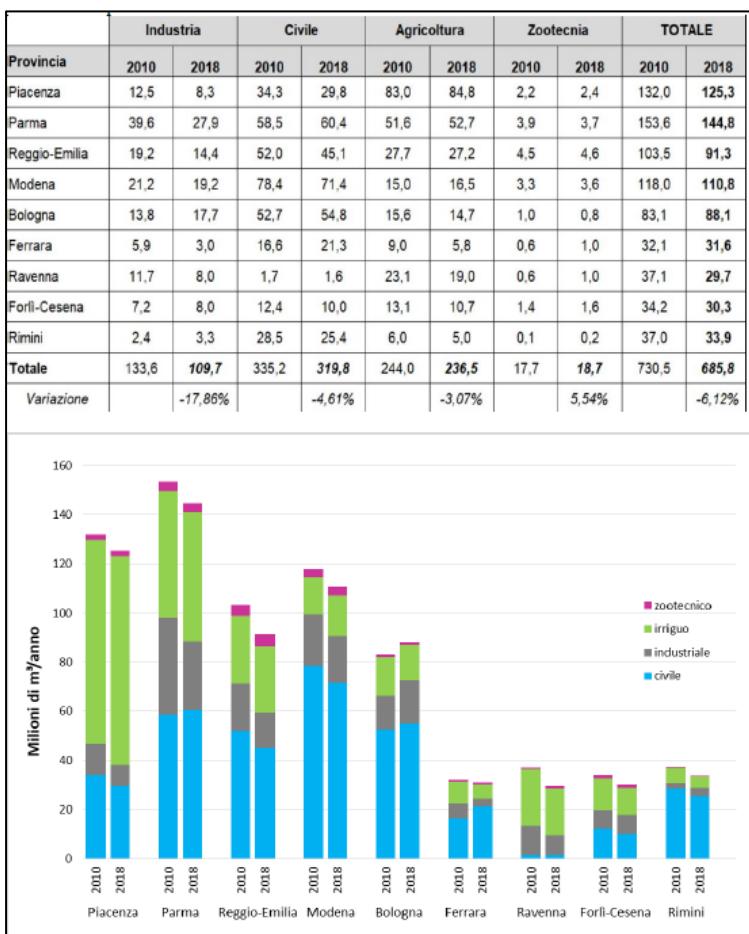


Figura 7.3: Ubicazione dei punti di prelievo di acque sotterranee per i diversi usi (2018) su carta delle velocità verticali del suolo 2016-2021.



*Figura 7.4: prelievi medi acque sotterranee (mm<sup>3</sup>/anno), per provincia e per i diversi usi (anni 2010 e 2018).*

In conclusione, nella Provincia di Ferrara si riscontra una situazione pressoché stabile negli ultimi periodi di monitoraggio, i valori minimi registrati in alcuni punti nei diversi periodi sono confrontabili. Le aree in sollevamento sono prevalentemente ubicate in prossimità delle Valli del Mezzano. Resta ferma comunque l'importanza di continuare a monitorare e mitigare il fenomeno della subsidenza, con particolare riferimento a quella di origine antropica, che combinata al cambiamento climatico e ad altri fattori contribuisce ad aumentare il rischio idraulico nell'area vasta ferrarese.

## 8. Conclusioni

A conclusione di questo approfondimento riguardante il rischio idraulico e lo stato delle acque del territorio di Area Vasta ferrarese, si riportano, per i principali temi trattati, delle tabelle riassuntive circa il contributo conoscitivo fornito, punti di forza/opportunità, le vulnerabilità/debolezze ed il rimando agli allegati di riferimento.

### 10.1 Tema pericolosità e rischio di alluvione

#### **Contributo conoscitivo fornito:**

- *adeguata conoscenza e stato di aggiornamento circa le condizioni di pericolosità e rischio di alluvioni nel territorio ferrarese, con gli opportuni riferimenti alle normative sovraordinate che dettano gli indirizzi strategici e le norme alle quali fare riferimento.*

#### **Punti di forza/opportunità:**

- *Elevata conoscenza del rischio alluvioni;*
- *Fitta rete di campi dei Consorzi di Bonifica ed altre opere che, a differenza di altri territori, favoriscono una buona distribuzione/ripartizione dell'acqua;*
- *Diverse linee di intervento per quanto riguarda il rischio costiero e la protezione della costa.*

#### **Punti di debolezza/vulnerabilità:**

- *La maggioranza dei territori si trova in zone a pericolosità almeno P2 da Reticolo Secondario di Pianura del distretto Po, con la porzione ovest del territorio ferrarese ricadente anche in almeno P2 da Reticolo Principale del bacino Reno;*
- *La quota nettamente inferiore del piano campagna rispetto ad alcuni argini fluviali e ad alcuni canali favorisce i fenomeni di inondazione violenta;*
- *Erosione costiera importante e degrado delle opere di difesa;*
- *Cambiamento climatico e piogge sempre più frequenti;*

- *Onerosità degli interventi di protezione dalle inondazioni.*

***Allegati di approfondimento:***

*Allegato 1 – PGRA - Mappe della Pericolosità di Alluvioni – Distretto del Po (scala 1:100.000);*

*Allegato 2 – PGRA - Mappe della Pericolosità di Alluvioni – Bacino del Reno (scala 1:100.000);*

*Allegato 3 – PGRA - Mappe del rischio di Alluvioni – Distretto del Po (scala 1:100.000);*

*Allegato 4 – PGRA - Mappe del rischio di Alluvioni – Bacino del Reno (scala 1:100.000);*

*Allegato 5 – PAI PO - Mappa di rappresentazione delle fasce fluviali (scala 1:100.000);*

*Allegato 6 – Mappa delle criticità della costa ferrarese (scala 1:50.000).*

## *10.2 Tema stato delle acque superficiali e sotterranee*

***Contributo conoscitivo fornito:***

- *adeguata conoscenza delle condizioni sullo stato quantitativo e qualitativo dei corpi idrici superficiali e sotterranei, evidenziandone le principali criticità e le possibili soluzioni.*

***Punti di forza/opportunità:***

- *L’evoluzione temporale della concentrazione dei nitrati nelle diverse tipologie di corpi idrici sotterranei dal 2014 al 2019 evidenzia una leggera tendenza alla diminuzione dei nitrati nei corpi idrici freatici di pianura;*
- *Corpi idrici freatici di pianura, pur essendo caratterizzati da elevata vulnerabilità, non presentano situazioni di criticità per organoalogenati e nemmeno come composti;*
- *A scala di corpo idrico, la presenza di fitofarmaci non risulta critica come osservato nel periodo 2010-2013, rappresentando nel periodo 2014-2019 sempre criticità puntuali e spesso non persistenti nel tempo.*

**Punti di debolezza/vulnerabilità:**

- Presenza di aree sensibili (Valli di Comacchio, stazioni del Parco Regionale del Delta del Po, zone umide, aree costiere e corsi d'acqua afferenti per un tratto di 10 km dalla linea di costa) Patrimonio edilizio esistente per lo più datato e non realizzato secondo criteri antisismici, con maggiori criticità nelle aree dei centri storici;
- Presenza di zone vulnerabili da nitrati di origine agricola;
- Presenza di zone vulnerabili da prodotti fitosanitari;
- Presenza di pozzi di captazione lungo il corso del fiume Po;
- Probabili perdite delle reti acquedottistiche.

**Allegati di approfondimento:**

Allegato 7 - Carta del reticolo idrografico ferrarese.

### 10.3 Tema subsidenza

**Contributo conoscitivo fornito:**

- Adeguata conoscenza dello stato della subsidenza nel territorio ferrarese e delle cause antropiche che portano ad una sua accelerazione.

**Punti di forza/opportunità:**

- Nell'ultimo periodo si riscontra una situazione pressoché stabile;
- Disponibilità di informazioni approfondite da monitoraggio Arpae e maggiore attenzione ad evitare la subsidenza antropica per attività di prelievo ecc.,;

**Punti di debolezza/vulnerabilità:**

- Fragilità ambientali dove il processo di subsidenza geochimica è particolarmente rilevante (subsidenza indotta dall'ossidazione delle torbe e dalla salinizzazione del suolo);
- Nell'arenile il problema della subsidenza è dato dalla cattiva gestione degli stabilimenti balneari che abbassano la costa spostando la sabbia verso la battigia;

- Le aree in sollevamento sono prevalentemente ubicate in prossimità delle Valli del Mezzano.

***Allegati di approfondimento:***

*Allegato 8 – Carte della subsidenza\_aggiornamento 2024.*

*Allegato 9 – Carte dell'altimetria\_aggiornamento 2024.*

## 9. Bibliografia e sitografia

AIPo – Agenzia Interregionale per il fiume Po – Portale cartografico: <http://geoportale.agenziapo.it/web/index.php/it/> ;

Arpaе – Report stato acque superficiali: <https://webbook.arpae.it/acque/acque-superficiali/index.html> ; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-superficiali> ;

Arpaе – Report stato acque sotterranee: <https://webbook.arpae.it/acque/acque-sotterranee/index.html>; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-sotterranee> ;

Arpaе – Report stato acque di transizione: <https://webbook.arpae.it/acque/acque-di-transizione/index.html>; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/acqua/report-bollettini/acque-di-transizione> ;

Arpaе – Sezione dati ed indicatori mare e costa: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/mare/dati-e-indicatori> ; <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/mare/report-e-bollettini> ;

Arpaе – Rapporti subsidenza: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza> ;

Arpaе - Report finale dei movimenti verticali del suolo e la nuova cartografia di subsidenza 2016-2021: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/rapporti/rapporti-subsidenza/monitoraggio-movimenti-verticali-suolo-e-cartografia-subsidenza-emilia-romagna-2016-2021.zip/view> ;

Arpaе – Studio e gestione del cuneo salino 2023: [https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numerico-ecoscienza/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio\\_cuneo\\_salino\\_es2023\\_6.pdf](https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numerico-ecoscienza/anno-2023/numero-6-anno-2023/cuneo-salino/servizio_cuneo_salino_es2023_6.pdf) ;

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po - Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) redatto ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – II ciclo di gestione (Del. 5/2021): <https://pianoalluvioni.adbpo.it/piano-gestione-rischio-alluvioni-2021/>;

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – *Progetto di aggiornamento APFSR distrettuali* (Del. 5/2021);

[https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_APFSRdistrettuali/2\\_1\\_schede\\_monografiche/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_APFSRdistrettuali/2_1_schede_monografiche/);

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – *Progetto di aggiornamento APFSR arginate* (Del. 5/2021);

[https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato2\\_APFSRdistrettuali/2\\_2\\_approfondimenti\\_APFSRarginate/](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato2_APFSRdistrettuali/2_2_approfondimenti_APFSRarginate/);

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – *Piano Assetto Idrogeologico (PAI Po)* (approvato con DPCM 24 maggio 2001 e successive varianti): <https://pai.adbpo.it/index.php/documentazione-pai/> ;

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – *Piano Assetto Idrogeologico Delta del Po (PAI Delta)*(approvato con DPCM del 13 novembre 2008 e Variante di coordinamento con PGRA DPCM 22/02/2018): <https://pai.adbpo.it/index.php/piano-vigente/> ;

Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – *Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po (PdGPo) 2021-2027* (approvato con DPCM del 7 giugno 2023): <https://pianoacque.adbpo.it/approvato-il-secondo-aggiornamento-del-piano-di-gestione-delle-acque-2021/> ;

Autorità di Bacino interregionale del fiume Reno – *Piano Stralcio Assetto Idrogeologico*: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piani-di-bacino/autorita-bacino-reno/psai> (approvato con Del. C.I. Adb Reno n. 1/1 del 06/12/2002 e successiva Variante di coordinamento con il PGRA (Del. CI n. 3/1 del 01/11/2016));

Contratto di fiume Comune di Ferrara ed associazioni: <https://www.contrattodifiumeferrara.it/progetto/> ;

Geoportale MinErvia: <https://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/dataset?q=costa> ;

GIDAC – Strategia Integrata per la Difesa e l’Adattamento ai cambiamenti climatici 2022: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/argomenti/difesa-della-costa/gidac> ;

ISPRA. Atlante dei dati ambientali, Edizione 2024: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/pubblicazioni-di-pregio/atlante-dei-dati-ambientali-edizione-2024> ;

Regione Emilia – Romagna - *Piano Tutela delle acque 2030 (PTA 2030, documento preliminare)*: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/acque/pianificazione/piano-di-tutela-delle-acque> ;

Regione Emilia – Romagna – *SIC – Sistema Informativo Costa*: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa-e-mare/sistema-informativo-del-mare-e-della-cost-a-sic> ;

Regione Emilia-Romagna – *Rapporto dune costiere 2019*: <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/notizie/notizie-2023/le-dune-costiere-emilia-romagna> ;

Regione Emilia – Romagna – *webgis Sistema informativo assetto ed evoluzione della costa (in\_Coast)*: [https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/in\\_coast/index.html](https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/in_coast/index.html) ;

Regione Emilia – Romagna – *Sistema Informativo dei rischi costieri (in\_Risk)*:  
[https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa-e-mare/in\\_risk](https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa-e-mare/in_risk) ;

Regione Emilia – Romagna – *Sistema Informativo per la gestione delle mareggiate (in\_Storm)*:  
[http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in\\_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate) ;

Regione Emilia – Romagna – *Il monitoraggio dell’acquifero freatico costiero*:  
<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/acque/risorse-idriche-pianura/monitoraggi/il-monitoraggio-dellacquifero-freatico-costiero-2020> ;

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico del Suoli, ENI-AGIP - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna* (1998);

Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Provincia di Ferrara - Servizio Politiche della Sostenibilità e Cooperazione Internazionale, Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Scienze della Terra - *Risorse idriche sotterranee della Provincia di Ferrara* (2007);

PTCP Provincia di Ferrara - *Quadro Conoscitivo (tomo 1 bis - rischio idraulico)*.  
<https://www.provincia.fe.it/Documenti-e-dati/Documenti-di-supporto/Piano-Territoriale-di-Coordinamento-Provinciale-vigente> ;

*PORTO DI MARE (GAIR) – Geoportale*: <https://www.portodimare.eu/> .