

La contaminazione salina nella fascia costiera tra i fiumi Reno e Lamone: l'influenza delle condizioni geomorfologiche per l'ingressione di acqua marina

A. Lamberti¹, M. Masina¹, A. Lambertini¹, e L. Borgatti¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali
alberto.lamberti@unibo.it

6c – 317

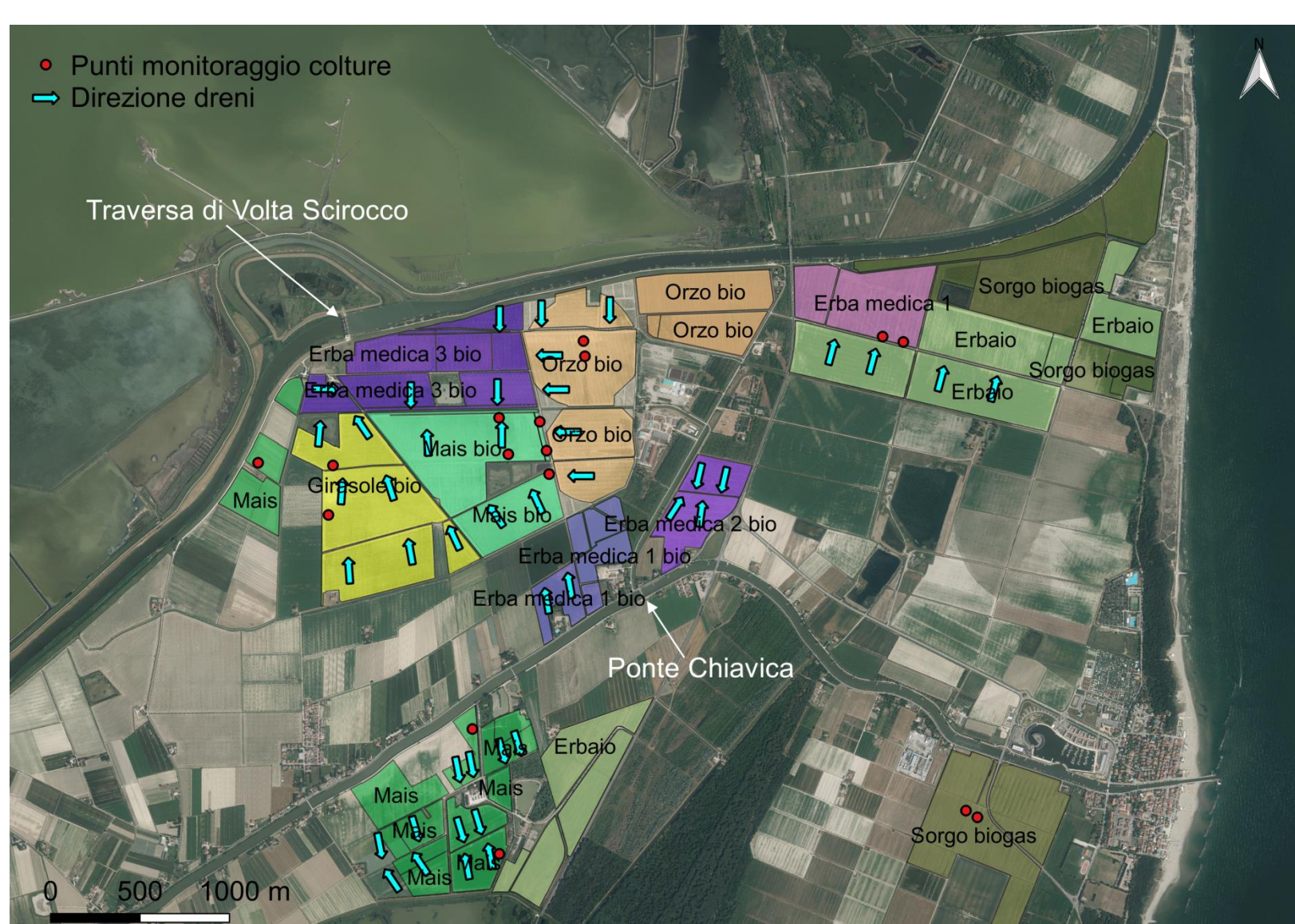
La salinizzazione costituisce una delle principali cause di degradazione dei suoli, determinando una progressiva ed irreversibile perdita di struttura e fertilità. La presenza nel suolo di elevate quantità di sali idrosolubili riduce la crescita e lo sviluppo vegetativo delle piante per effetto sia dell'incremento della tensione osmotica della fase liquida, che limita la capacità delle radici di assorbire acqua, sia dell'azione fitotossica per accumulo in eccesso nei tessuti di alcuni ioni, in particolare cloro e zolfo. L'esposizione ad eventi di stress salino induce la pianta a mettere in atto specifici meccanismi di adattamento morfologico e fisiologico per poter sopravvivere in condizioni sfavorevoli, che possono essere seguiti, nel caso di esposizione prolungata o in presenza di un livello di salinità del suolo superiore ad una soglia dipendente dalla specie vegetale considerata, da stress ossidativo con conseguente danno e morte cellulare. A questi processi si accompagnano

inevitabilmente riduzioni della produttività dei terreni agricoli, decrementi delle rese colturali e modifiche qualitative dei prodotti ottenuti, con conseguenti ripercussioni negative su ambiente, ecosistema ed economia. La sovrapposizione degli effetti di diversi fattori contribuisce a rendere le aree costiere del ferrarese e del ravennate particolarmente vulnerabili al fenomeno della salinizzazione; in particolare, tali fattori, oltre alle caratteristiche intrinseche degli ambienti deposizionali, possono essere la presenza di estese aree con quote inferiori al livello del mare, la subsidenza, il drenaggio forzato mediante idrovore, condizioni meteorologiche caratterizzate da elevate temperature e scarso precipitazioni durante la stagione estiva, che vanificano i processi di dilavamento dei suoli e di ricarica degli acquiferi, e attivano invece flussi di acqua salata verso la falda freatica.

Il fenomeno di salinizzazione dei suoli e delle acque nelle aree costiere è comunque destinato ad aggravarsi a causa dei cambiamenti climatici in atto con effetti già di rilevante entità, che prevedono un innalzamento delle temperature associato ad una riduzione delle precipitazioni, un innalzamento del livello medio del mare ed un incremento degli eventi di inondazione marina. Questo contributo riguarda la descrizione geometrica e la caratterizzazione idrogeologica dell'acquifero sabbioso, localizzato nell'area tra le foci dei fiumi Reno e Lamone, attraverso il quale le acque salate del mare e delle valli di Comacchio si insinuano sotto i terreni limosi utilizzati a fini agricoli, primo passo per la modellazione numerica dell'impatto della contaminazione salina sulla qualità e produttività dei suoli agrari.



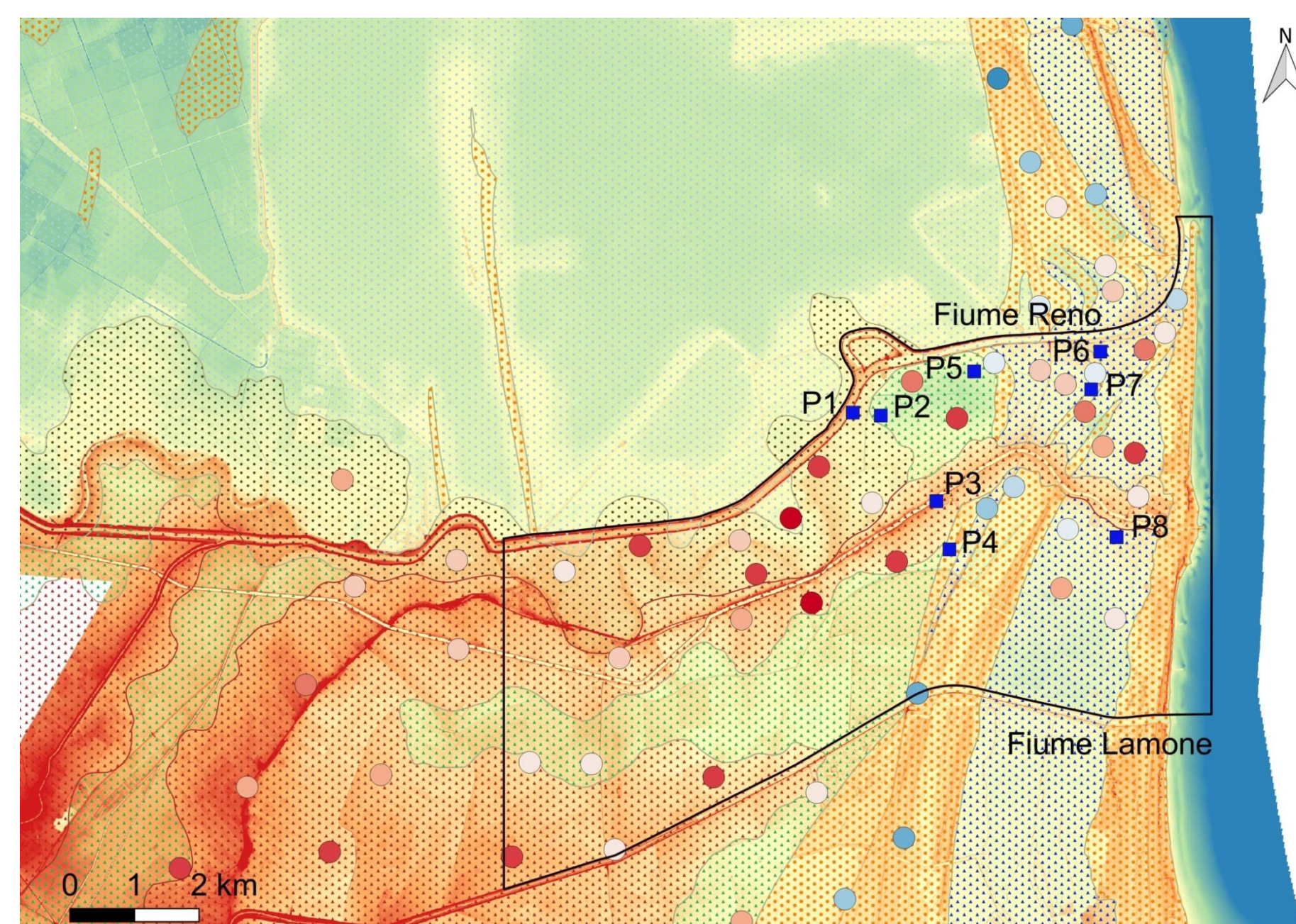
Carta del Ferrarese del 1814 (detta Carta Napoleonica).



Ortofotografia AGEA 2011 della Regione Emilia-Romagna e mappa delle colture praticate nell'area di studio nell'annata agricola 2018.

Le immagini a lato mostrano alcuni caratteri distintivi del paesaggio e della evoluzione del territorio in esame. La tavola della cartografia napoleonica riporta il tratto terminale del Po di Primaro, in cui, tra il 1765 ed il 1772, era già stato inalveato il fiume Reno. In basso è tracciato il fiume Lamone, definitivamente disalveato dal Po di Primaro nel 1607 e portato a sfociare direttamente in mare nel 1720, seguendo il corso che poi conservò fino al 1839, anno della rotta del fiume nella località di Ammonite. In seguito a tale evento, il Lamone fu ricondotto per un breve tratto entro il vecchio argine e portato, a partire dal 1846, a spargiare le torbide nelle vaste distese vallive a Nord-Ovest di Ravenna (Cassa di Colmata del Lamone). Risale ai primi anni del '900 anche la definitiva bonifica delle Valli Menabò e Marchebò, a Sud del Reno. Il Lamone fu poi ricondotto a mare nel 1962 e fatto sfociare poco più a Nord della località di Marina Romea. Il canale di bonifica in Destra di Reno (1903-1930), costruito per lo scolo naturale delle acque dalle terre circostanti, occupa il tratto terminale dell'antico alveo del fiume Lamone.

Nell'ortofoto a fianco sono indicati anche gli appezzamenti dell'area di studio dotati di drenaggio sotterraneo mediante tubi forati in PVC (interasse 10 m, profondità 0.90 m) per l'allontanamento delle acque in eccesso dai terreni agricoli. Sono indicate inoltre le colture praticate nel 2018.



Legenda
■ Piezometri Agrowetlands II
— Contorno del modello
Conducibilità idraulica (m/s)
● <10⁻⁷
● >10⁻⁷
● <10⁻⁶
● >10⁻⁶
● <10⁻⁵
● >10⁻⁵
Ambienti deposizionali e litologie
■ Argilla limosa - Deposito di palude salmastra e laguna di retrocordone
■ Sabbia - Deposito di cordone litorale
■ Sabbia limosa - Deposito di canale, argine e rotta fluviale
■ Argilla limosa - Deposito di piana inondabile in area interfluviale
■ Sabbia limosa - Deposito di canale distributore, argine e rotta
■ Argilla limosa con torba - Deposito di palude in area interdistributrice

Rilievo LIDAR dal Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale integrato con il rilievo topo-batimetrico eseguito da Arpa Emilia-Romagna nel 2012. Geologia di superficie dell'area di studio dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:10'000.

Per la rappresentazione dell'acquifero costiero e delle sue interazioni con la rete idrica superficiale, sono stati interpretati e processati i sondaggi e le prove penetrometriche della Regione Emilia-Romagna (https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia) e del Comune di Ravenna (<http://rup.comune.ra.it/RUE>) per l'area compresa tra il Canale Gobbino a Nord, Punta Marina (RA) a Sud ed Alfonsine (RA) ad Ovest. Dati LIDAR dal Geoportale Nazionale integrati con il rilievo topo-batimetrico eseguito da Arpa Emilia-Romagna nel 2012 forniscono la quota del terreno con elevazioni comprese tra -5 (blu) e 5 m (rosso). Nella figura a lato, al rilievo LIDAR è sovrapposta la classificazione delle unità deposizionali desunta dalla Carta Geologica d'Italia.

L'area di studio è costituita da antiche valli colmate per bonifica fra le quali si sviluppano i rilievi arginali dei fiumi ed i cordoni delle dune litorali, sia storiche che attuali. Le depressioni presenti fra questi rilievi si trovano a quote normalmente inferiori a 1 m s.l.m. con alcune zone depresse a quota anche inferiore a -1 m s.l.m.. L'area è oggi bonificata idraulicamente con sollevamento meccanico. Le scoline hanno profondità non inferiore al metro, mentre i canali di bonifica hanno il fondo degradante verso le idrovore 2 m circa sotto il p.c.. La rete dei canali ha funzionamento misto: irriguo d'estate e di scolo d'inverno. Il cuneo salino risale lungo le foci del Reno fino alla traversa di Volta Scirocco, del Destra Reno fino al Ponte Chiavica e lungo il Lamone circa fino al ponte della SS309. L'ingressione del sale nell'area è particolarmente evidente ed attiva nel periodo invernale, quando i canali sono normalmente vuoti. Nei periodi secchi ed in assenza di irrigazione la falda salata risale fino a raggiungere quasi il piano campagna, ove determina nelle zone più depresse fenomeni di salinizzazione dei suoli.

L'interpretazione tramite software RockWorks delle prove CPTU e dei sondaggi a carotaggio continuo, ristretta all'area di studio, è mostrata nella figura a lato. È evidente l'importante acquifero sabbioso su cui insistono i suoli agrari dell'area. L'acquifero è limitato inferiormente dai depositi limo-argillosi del prodelta posti ad una profondità di circa 10 m nell'area, limite leggermente degradante verso Ovest. La figura precedente mostra anche la permeabilità orizzontale media degli strati soprastanti il prodelta, desunta dalle prove CPTU; è evidente come le maggiori permeabilità si abbiano lungo gli apparati dunosi ove le sabbie affiorano, mentre le minime permeabilità si hanno nelle depressioni, in particolare quelle interne dove si ritrovano depositi fini di maggiore spessore.

Negli otto piezometri installati nell'ambito del Progetto nell'area di studio sono stati condotti slug test, da cui sono state desunte tramite il metodo di Bouwer-Rice (1976) le permeabilità indicate nella figura a lato. Poiché la falda sabbiosa interseca normalmente la finestratura dei piezometri posta fra -1 e -3 m s.p.c. le misure indicano la permeabilità di questa. Fanno eccezione i piezometri P1 e P2 in cui la finestratura interessa solo la coltre argillosa. La permeabilità stimata denota la permeabilità media nella zona della finestratura con qualche incertezza che deriva dalla non omogeneità dell'acquifero stratificato.

La figura a lato riporta il livello di falda misurato in continuo dalla rete di sensori installata nel Progetto. Sono stati selezionati i piezometri P1 e P2 collocati in un campo rispettivamente non drenato e drenato. È evidente l'effetto stabilizzante esercitato dai dreni. Eventi di precipitazione o irrigazione determinano oscillazioni del livello della falda chiaramente visibili. Nei campi in cui sono presenti colture molto idroesigenti, es. mais, si possono osservare anche piccole oscillazioni giornaliere di livello (~3 cm) coerenti con la radiazione solare e la traspirazione della coltura, appena percepibili nel tracciato P1 della figura, mese di Luglio.

Nella figura in basso è riportato l'andamento della conducibilità elettrica al variare della profondità nei piezometri P2, P5 e P8 durante diverse campagne di misura condotte tra Agosto 2017 ed Agosto 2018.

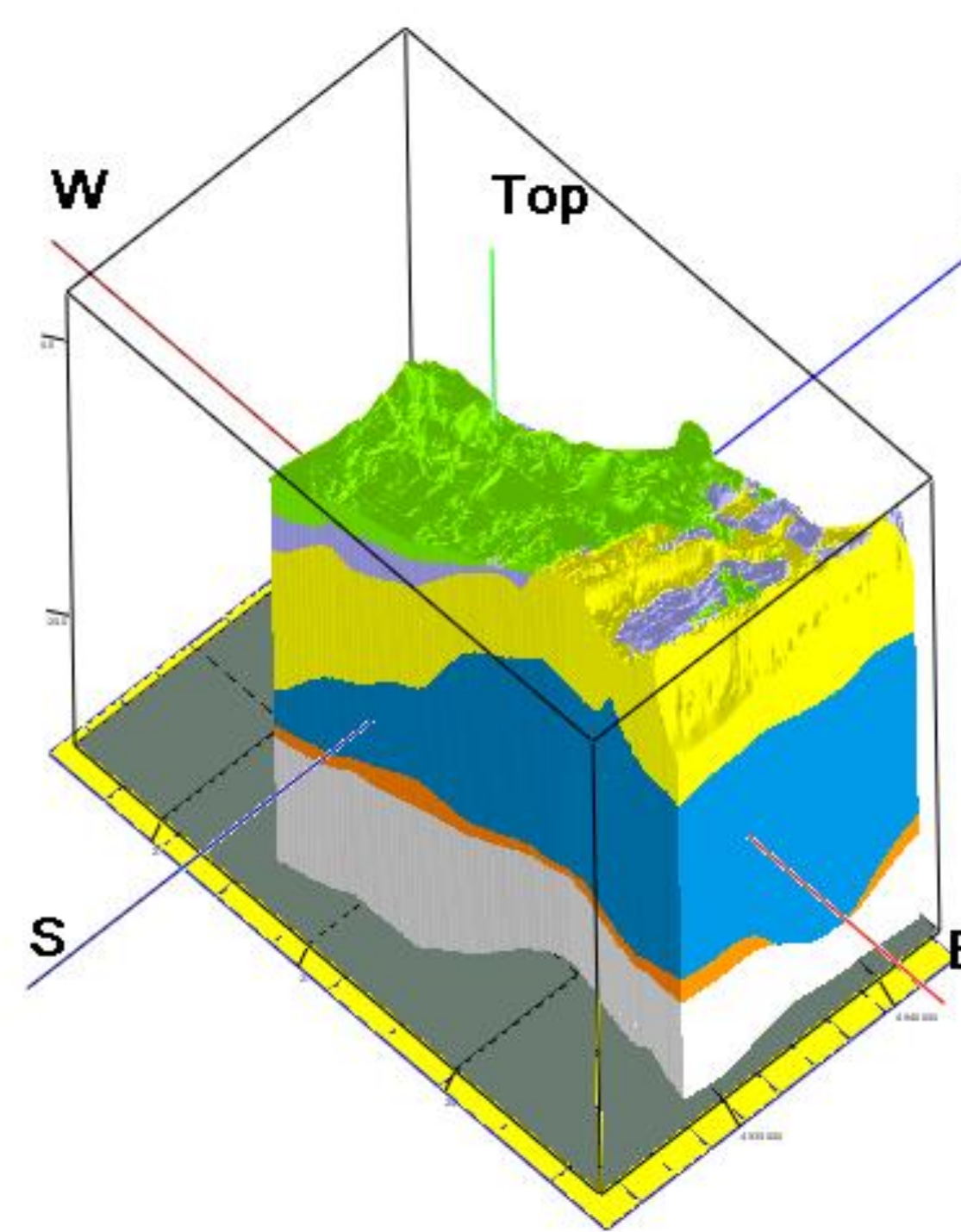
Conclusioni

La successione sedimentaria olocenica ha determinato la formazione di un acquifero sabbioso di deposizione litorale. Le quote del tetto e del letto dell'acquifero sono poste a livelli crescenti a partire da Alfonsine fino alla linea di riva attuale. Il tetto superiore emerge in corrispondenza dei cordoni dunali storici ed attuali. Nelle aree interdunali l'acquifero è coperto da sedimenti limo-argillosi di ambiente deposizionale lagunare o fluviale. L'acquifero è: libero o freatico nelle zone dunali, certamente confinato ad Ovest della duna medievale ove la potenza del deposito argilloso sovrastante è significativa; ad Est della duna medievale il comportamento risulta semi-confinato in relazione al livello della falda. Gli slug test condotti nel Progetto ed i sondaggi raccolti dalla Regione consentono di formulare una prima valutazione della permeabilità dell'acquifero.

Nella falda è presente una evidente stratificazione che separa acque dolci di origine pluviale o irrigua dalla sottostante acqua salata. I dreni sotterranei disposti nei terreni meno permeabili per agevolarne lo scolo stabilizzano il livello di falda attorno alla loro quota laddove la falda è abbondantemente alimentata anche dal basso; in queste zone i dreni costituiscono una stabile barriera idrodinamica fra le acque dolci presenti nel suolo agrario e le acque salate di falda. In altre zone meno alimentate dal basso, l'interfaccia si sposta verticalmente e/o la falda scende anche al di sotto del livello dei dreni.

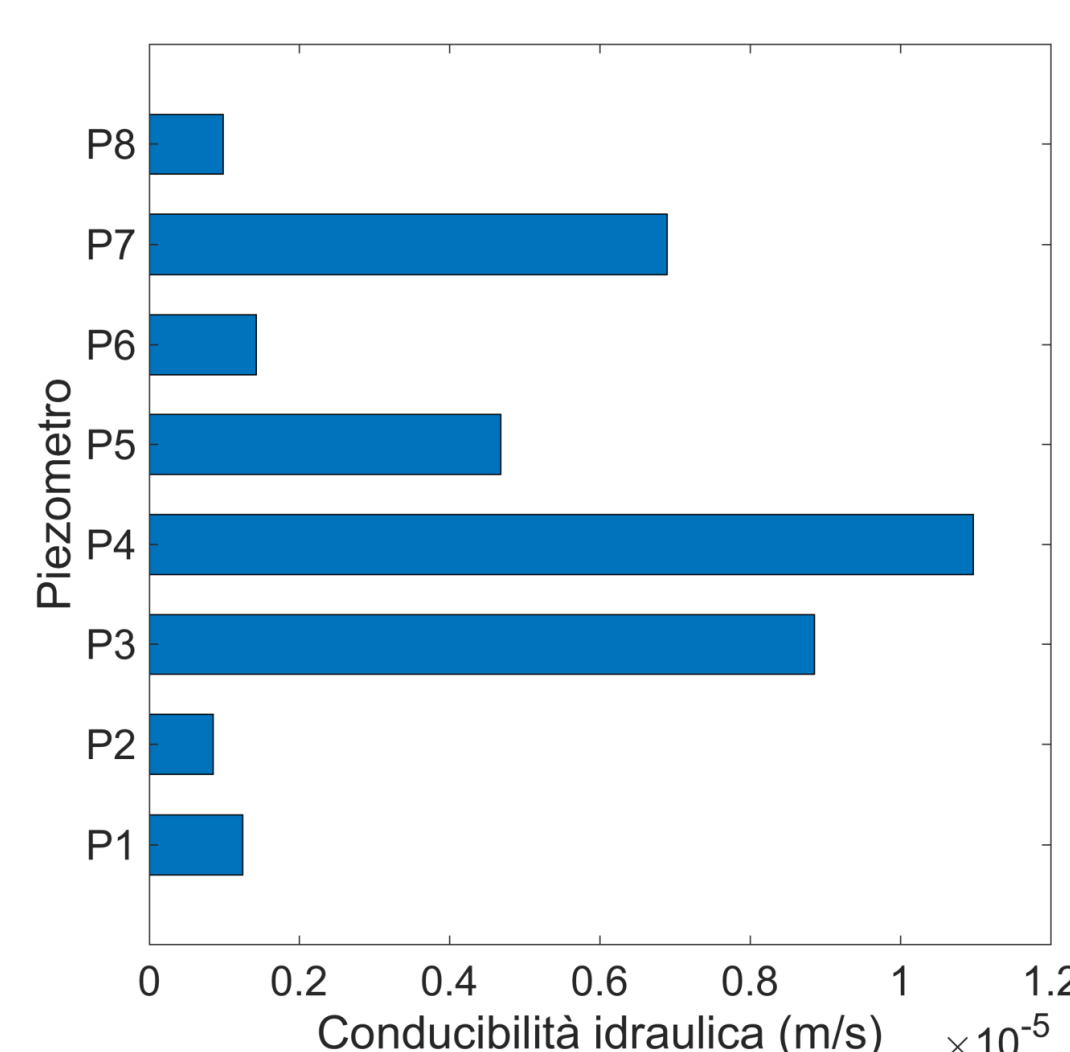
Ringraziamenti

La ricerca è stata condotta nell'ambito del progetto LIFE15 ENV/IT/000423 Agrowetlands II.

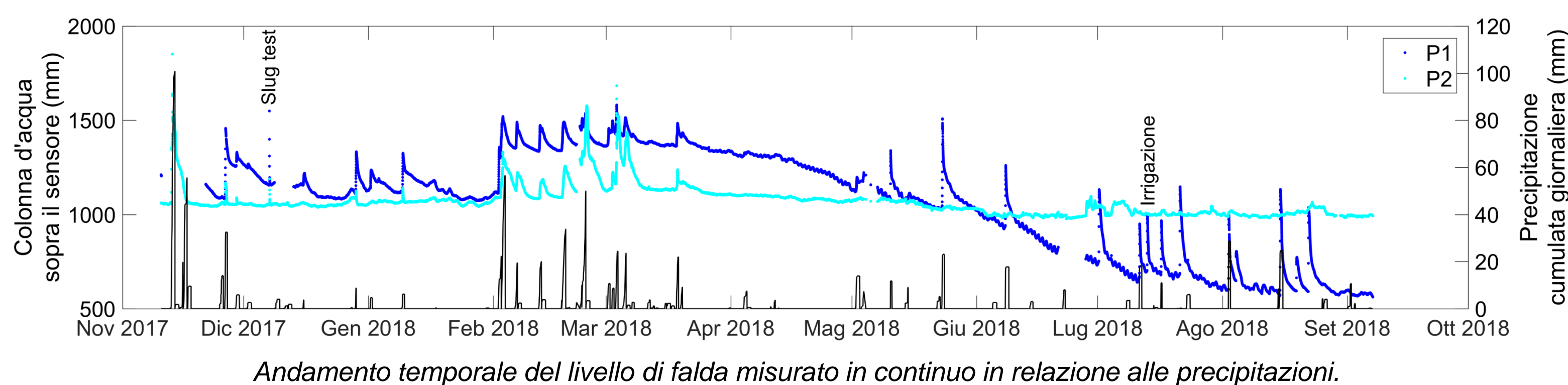


Stratigraphy
■ Recent alluvial/deltaic deposits
■ Lagoonal marsh deposits
■ Beach ridge sands
■ Prodelta deposits
■ Transgressive barrier sands
■ Back barrier deposits/Pleistocene deposits

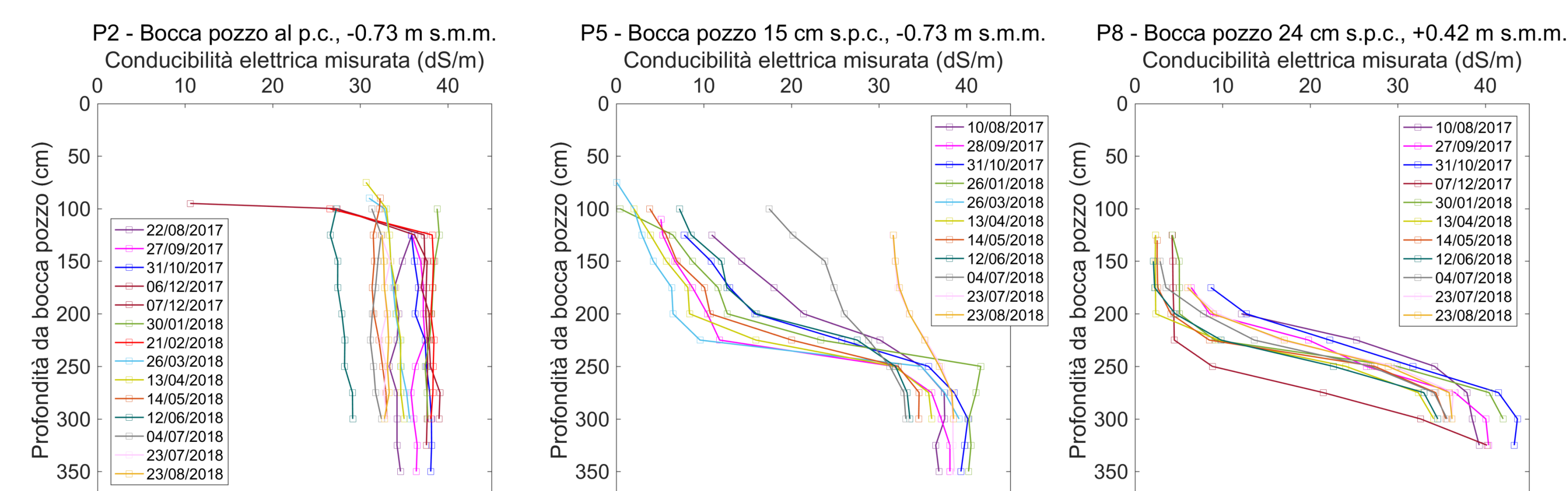
Modello stratigrafico 3D della sequenza deposizionale olocenica nell'area di studio.



Conducibilità idraulica stimata agli otto piezometri mediante slug test con il metodo di Bouwer-Rice.



Andamento temporale del livello di falda misurato in continuo in relazione alle precipitazioni.



Andamento della conducibilità elettrica osservata in alcuni piezometri al variare della profondità nel primo anno di monitoraggio.