

**RICARICA IN
CONDIZIONI
CONTROLLATE
DELLA CONOIDE
DEL FIUME
MARECCHIA
(RIMINI)**

esiti della sperimentazione

a cura di

Paolo Severi [1]

con la collaborazione di

Luciana Bonzi [1] e Venusia Ferrari [1]

hanno contribuito alla stesura del testo

Lino Casini [2], Sandra Monducci [3], Addolorata Palumbo [3] e Immacolata Pellegrino [3]

Progetto grafico e impaginazione

Simonetta Scappini [1]

[1] *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia Romagna*

[2] *Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna*

[3] *Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna*

Le analisi chimiche sono state realizzate da

ARPAE (Laboratorio analisi di Ravenna)

Stampa

Centro Stampa della Regione Emilia-Romagna

Si ringrazia

Il Dott. Raffaele Pignone, Responsabile del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli fino al luglio 2014, per il contributo portato nelle fasi iniziali del lavoro.

La Provincia di Rimini, il Comune di Rimini, il Consorzio di Bonifica della Romagna, l'Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna, l'Autorità di Bacino del Marecchia - Conca, ARPAE Emilia-Romagna e Romagna Acque S.p.A., per la proficua collaborazione.

Il Prof. Rudy Rossetto della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa per la lettura critica del manoscritto.

INTRODUZIONE

In Emilia-Romagna la corretta gestione delle risorse idriche è una priorità strategica.

Di fronte agli effetti sempre più marcati del cambiamento climatico e alla complessità del sistema dei fabbisogni che interessa tutti i settori, diventa imprescindibile sviluppare e adottare metodi e tecniche che permettano un utilizzo dell'acqua equilibrato e, nel lungo periodo, sostenibile.

Perciò, anche a seguito dei recenti eventi siccitosi che hanno colpito il nostro territorio, è stata realizzata un'importante esperienza pilota di ricarica artificiale controllata della conoide del fiume Marecchia. La scelta di operare in Romagna non è stata casuale: in quell'area le principali fonti di approvvigionamento di acqua per uso potabile sono la Diga di Ridracoli, con un invaso massimo di 33 milioni di mc e la conoide del Marecchia, da cui vengono prelevati annualmente 28 milioni di mc d'acqua, 19 dei quali ad uso potabile. È risultata perciò evidente l'importanza delle falde di questo fiume, che concorrono in modo decisivo a soddisfare il fabbisogno idrico del territorio romagnolo.

Con queste premesse, all'inizio del 2014 la Regione Emilia-Romagna, insieme a Provincia di Rimini, Comune di Rimini e Consorzio di Bonifica della Romagna, hanno concordato di attuare un biennio di sperimentazione di ricarica artificiale controllata della conoide del Marecchia. A tale scopo, è stato istituito un apposito gruppo di lavoro che, con la partecipazione di attori pubblici e privati, ha permesso di presidiarne lo svolgimento sul campo e, risultati alla mano, di ricavarne indicazioni più generali su come si è operato e sull'effettiva utilità di questo approccio verso siccità e carenza idrica.

I risultati ottenuti, descritti nelle pagine che seguono, si sono rivelati estremamente incoraggianti, tanto da suggerire il ricorso a questa metodologia in condizioni non solo sperimentali, ma anche a regime e in aree più estese del territorio regionale.

In conclusione, grazie a questa esperienza, è stato reso disponibile un innovativo strumento di gestione delle acque che, a livello regionale, contribuirà certamente ad una loro maggiore tutela e a un utilizzo più equilibrato tra domanda e disponibilità.

*Assessore alla Difesa del Suolo e della Costa,
Protezione civile e Politiche ambientali e della Montagna*

Paola Gazzolo

Indice

INTRODUZIONE	1
Riassunto	4
Premessa	4
Tecnica adottata per la ricarica della conoide del fiume Marecchia	6
Contesto geologico	7
Rete di monitoraggio	10
Analisi dei monitoraggi realizzati	12
VOLUMI IMMESSI NEL LAGO DI RICARICA	12
ANDAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA	14
QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	21
Importanza avifaunistica del lago In. Cal. System nel sito Natura 2000 Torriana, Montebello e fiume Marecchia	24
Risultati ottenuti	26
Problemi riscontrati	26
Conclusioni	27
BIBLIOGRAFIA	28

Riassunto

La sperimentazione di ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini) è stata promossa dalla Regione Emilia-Romagna in accordo con la Provincia di Rimini, il Comune di Rimini, il Consorzio di Bonifica della Romagna e l'Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna. Essa ha avuto una durata biennale, dal febbraio 2014 al gennaio 2016. La sperimentazione è stata attuata attraverso l'immissione di un volume idrico aggiuntivo nel lago di ex cava "In.Cal System", ubicato nella zona di ricarica diretta della conoide; tale volume idrico deriva dallo stesso Fiume Marecchia ed è condotto al lago di ricarica tramite il Canale consortile dei Mulini. La rete di monitoraggio realizzata per verificare l'andamento della sperimentazione ha dimostrato che immettendo nel lago un certo volume idrico si osserva un innalzamento nei livelli piezometrici nella conoide che risulta massimo in prossimità del lago e diminuisce via via allontanandosi da esso. Dal punto di vista qualitativo, si osserva che vicino al lago di ricarica è presente una zona caratterizzata da una concentrazione di nitrati decisamente inferiore rispetto alla restante parte della conoide investigata; tale effetto è verosimilmente in relazione al bassissimo quantitativo di nitrati presenti nell'acqua di ricarica.

L'intervento realizzato ha pertanto avuto effetti positivi sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo rispetto alla risorsa idrica della conoide del Marecchia.

Durante la sperimentazione si sono anche riscontrate alcune criticità, risultate comunque superabili, e che non hanno impedito il buon esito complessivo del lavoro svolto.

Considerato il risultato positivo della sperimentazione, la Regione ha ritenuto di rendere la ricarica un intervento a sistema, inserendo una apposita misura nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale. La messa a regime dell'intervento di ricarica in condizioni controllate nella conoide del Marecchia avverrà in accordo con i diversi soggetti già coinvolti in sede di sperimentazione, ed in linea con le norme ministeriali in via di attuazione.

Premessa

Le risorse idriche sotterranee sono da sempre oggetto di particolare attenzione da parte della Regione Emilia-Romagna, anche in relazione alla natura torrentizia dei corpi idrici superficiali regionali, che non permette di soddisfare tutte le diverse esigenze e i fabbisogni di settore. Perciò nella nostra regione il ricorso alle acque sotterranee, in particolare per l'uso idropotabile, risulta di fondamentale importanza, anche in coerenza con il D.Lgs. n. 152/06, che ne stabilisce l'utilizzo prioritario.

Nella prima decade del 2000, alcuni eventi siccitosi hanno interessato il territorio regionale, evidenziando come, soprattutto in Romagna, le problematiche di maggior rilievo riguardino proprio il settore dell'approvvigionamento idrico potabile, dove le fonti principali sono costituite dalla risorsa superficiale invasata nella Diga di Ridracoli e dalle falde acquifere della conoide del Marecchia.

Poiché le acque superficiali risentono più direttamente della scarsità di precipitazioni, le falde costituiscono le fonti più significative per fronteggiare la carenza idrica durante i periodi particolarmente siccitosi. Considerata l'importanza strategica della conoide del Marecchia, la Regione ha effettuato lo "Studio sulla ricarica artificiale delle falde in Emilia-Romagna" (ARPA, 2008) per avviare sperimentazioni di ravvenamento controllato delle falde acquifere in alcuni siti idonei, con l'obiettivo di:

- recuperare il livello piezometrico;
- aumentare la potenzialità idrica della falda, determinando una potenziale riserva per far fronte ai periodi siccitosi;
- migliorare la qualità grazie all'immissione di acqua con migliori caratteristiche qualitative;
- contrastare il fenomeno della subsidenza;
- idurre l'intrusione del cuneo salino nelle falde costiere.

Il "ravvenamento controllato della conoide del Marecchia" costituisce misura del Piano di gestione del distretto dell'Appennino settentrionale 2015-2021 adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Arno allargato, in data 17 dicembre 2015.

Il progetto sperimentale di ricarica in condizioni controllate (*) della conoide del Fiume Marecchia ha avuto una durata biennale, da febbraio 2014 a gennaio 2016 ed è stato promosso dalla Regione Emilia-Romagna in accordo con la Provincia di Rimini, il Comune di Rimini ed il Consorzio di Bonifica della Romagna.

All'inizio della sperimentazione la Provincia di Rimini risultava l'ente gestore del Sito di Interesse Comunitario in cui ricade la zona oggetto dello studio (ora questa competenza è passata all'Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna); il Comune di Rimini è il proprietario del lago In.Cal System, utilizzato per la ricarica della conoide; il Consorzio di Bonifica della Romagna è il gestore del canale tramite il quale si è realizzata l'immissione di acqua nel lago di ricarica.

Di seguito vengono illustrati i lavori svolti, i risultati ottenuti, i problemi riscontrati.

(*) nella letteratura di settore la terminologia "ricarica in condizioni controllate" è preferita a "ricarica artificiale".

Tecnica adottata per la ricarica della conoide del fiume Marecchia

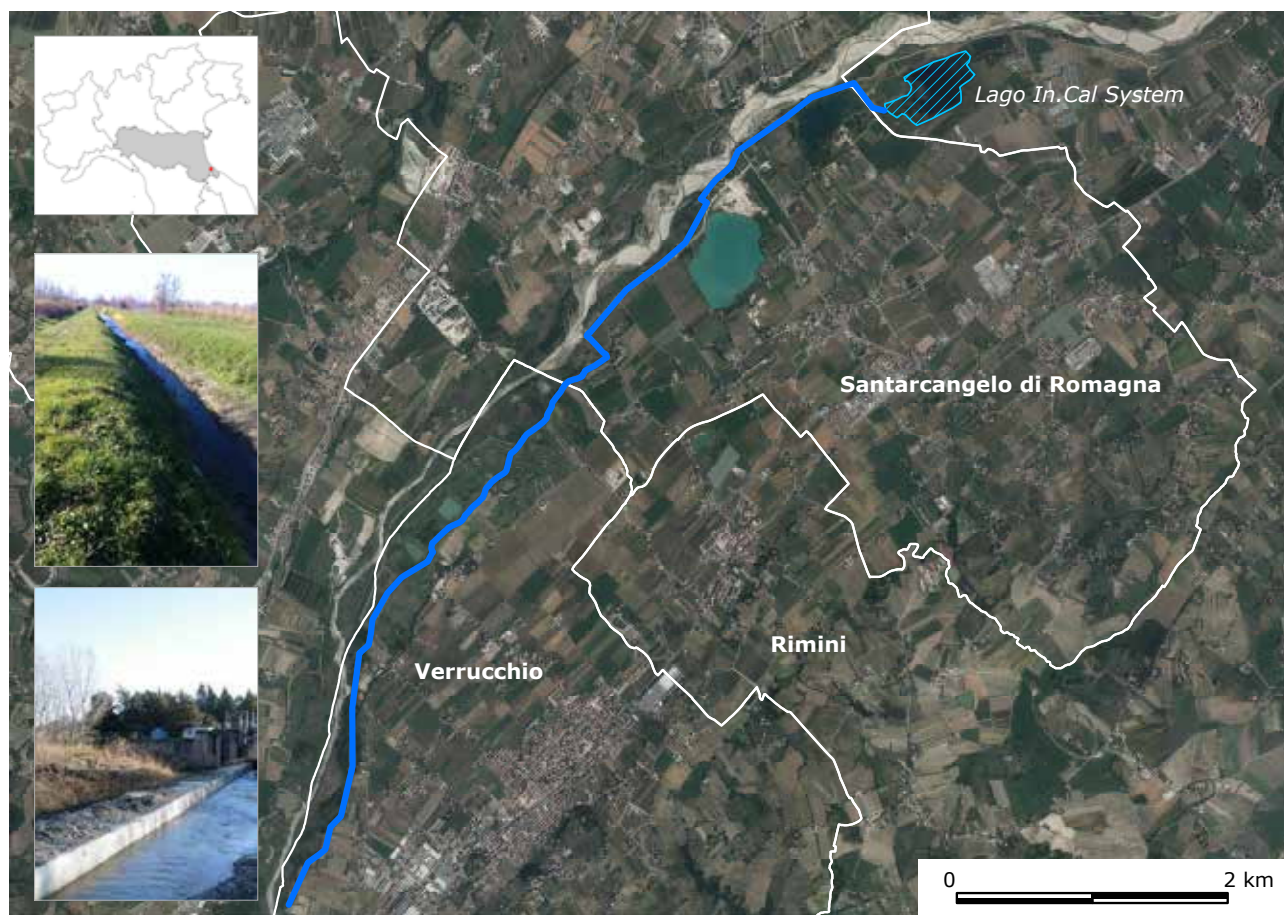
La ricarica delle falde in condizioni controllate (in inglese Managed Aquifer Recharge) è un intervento tramite il quale si ricaricano gli acquiferi con aliquote di acqua provenienti principalmente da corsi d'acqua superficiali, o da acque sotterranee (Rossetto e Bonari, 2014).

La sperimentazione in oggetto è stata realizzata introducendo un volume idrico aggiuntivo nell'acquifero della conoide; l'acqua utilizzata per la ricarica deriva dal Fiume Marecchia e si tratta quindi della stessa acqua con cui il fiume ricarica la sua conoide in condizioni naturali (Severi et al, 2014).

L'acqua usata per la ricarica proviene da un'opera di presa sul Marecchia presso Ponte Verucchio e scorre per circa nove chilometri lungo il canale dei Mulini, in concessione al Consorzio di Bonifica della Romagna. Lungo questo tragitto l'acqua perde parte del carico sospeso, migliorando complessivamente la sua qualità grazie anche alla filtrazione operata dalla vegetazione presente sui fianchi e sul fondo del canale. Alla fine del tragitto del canale dei Mulini l'acqua può tornare nel Marecchia o essere convogliata nel lago di ex cava di ghiaia In.Cal System attraverso un apposito sistema di paratoie [figura 1].

figura 1

Lago di ricarica In.Cal System e Canale dei Mulini (tracciato blu). Le immagini nei riquadri indicano l'opera di presa presso Ponte Verucchio e una vista del Canale dei Mulini. In alto a sinistra inquadramento territoriale, con evidenziata in rosso l'area di intervento.



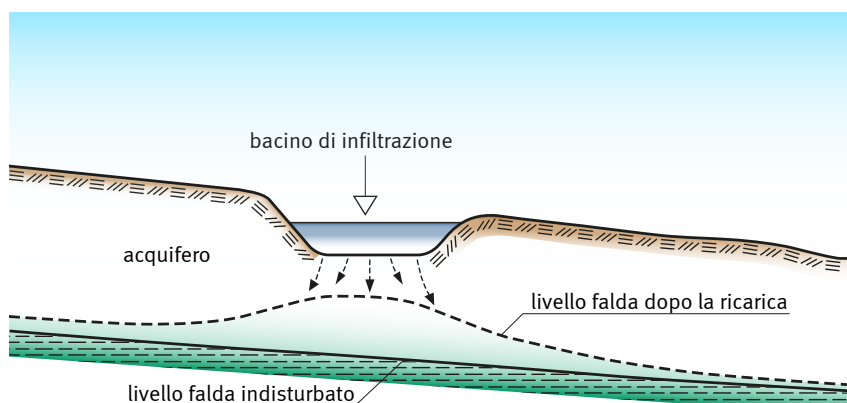


figura 2
Schema del sistema di ricarica adottato
(da Brandesten, 1983, ridisegnato).

Agendo su tali paratoie è quindi possibile deviare l'acqua del canale verso il lago da cui andrà poi a ricaricare la conoide sfruttando la naturale capacità disperdente del fondo e delle pareti laterali del lago stesso. Nella letteratura di settore la tipologia dell'impianto di ricarica adottata è definita bacino di infiltrazione (in inglese *Infiltration pond*; Dillon, 2005) [figura 2].

Contesto geologico

Il fiume Marecchia è lungo 70 km ed ha un bacino imbrifero montano di circa 600 km², la sua portata media annua all'ingresso nella conoide è stimata in circa 6 m³ al secondo (Autorità di Bacino Marecchia – Conca, 2004).

La studio del sottosuolo della conoide alluvionale del Marecchia è stato oggetto di una recente revisione che ha permesso di mettere a regime una grande quantità di dati geologici ed idrogeologici raccolti in decenni di rilevamenti ed analisi di terreno (Severi et al., 2015).

La conoide inizia subito a valle della stretta di Verucchio e prosegue sino all'abitato di Santarcangelo di Romagna per arrivare infine al mare, allargandosi verso sud fino al centro di Rimini e verso nord fino oltre l'abitato di Bellaria [figura 3].

La conoide è divisibile, dal punto di vista geologico, in tre diversi settori: la pianura intravalliva, formata da uno spessore non superiore a 10 m di depositi prevalentemente ghiaiosi affioranti e direttamente appoggiati sul substrato argilloso impermeabile; la conoide amalgamata, costituita anch'essa da ghiaie prevalenti affioranti e continue nel sottosuolo per uno spessore massimo fino a 80 m al di sopra del substrato argilloso; la conoide multistrato formata da un'alternanza di livelli prevalentemente ghiaiosi e livelli prevalentemente fini per spessori fino ad oltre 250 m al di sopra dei depositi marini costieri delle Sabbie di Imola (Severi et. al, 2015, Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna, 2005, Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998) [figura 3] e [figura 4].

figura 3
 Conoide del Fiume Marecchia e suoi diversi ambiti (pianura intravalliva, conoide amalgamata e conoide multistrato).

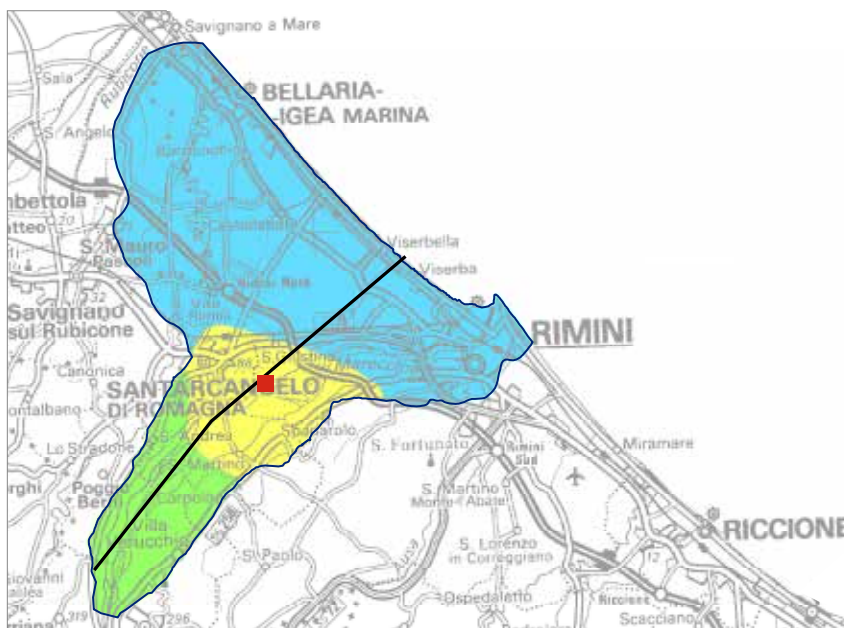
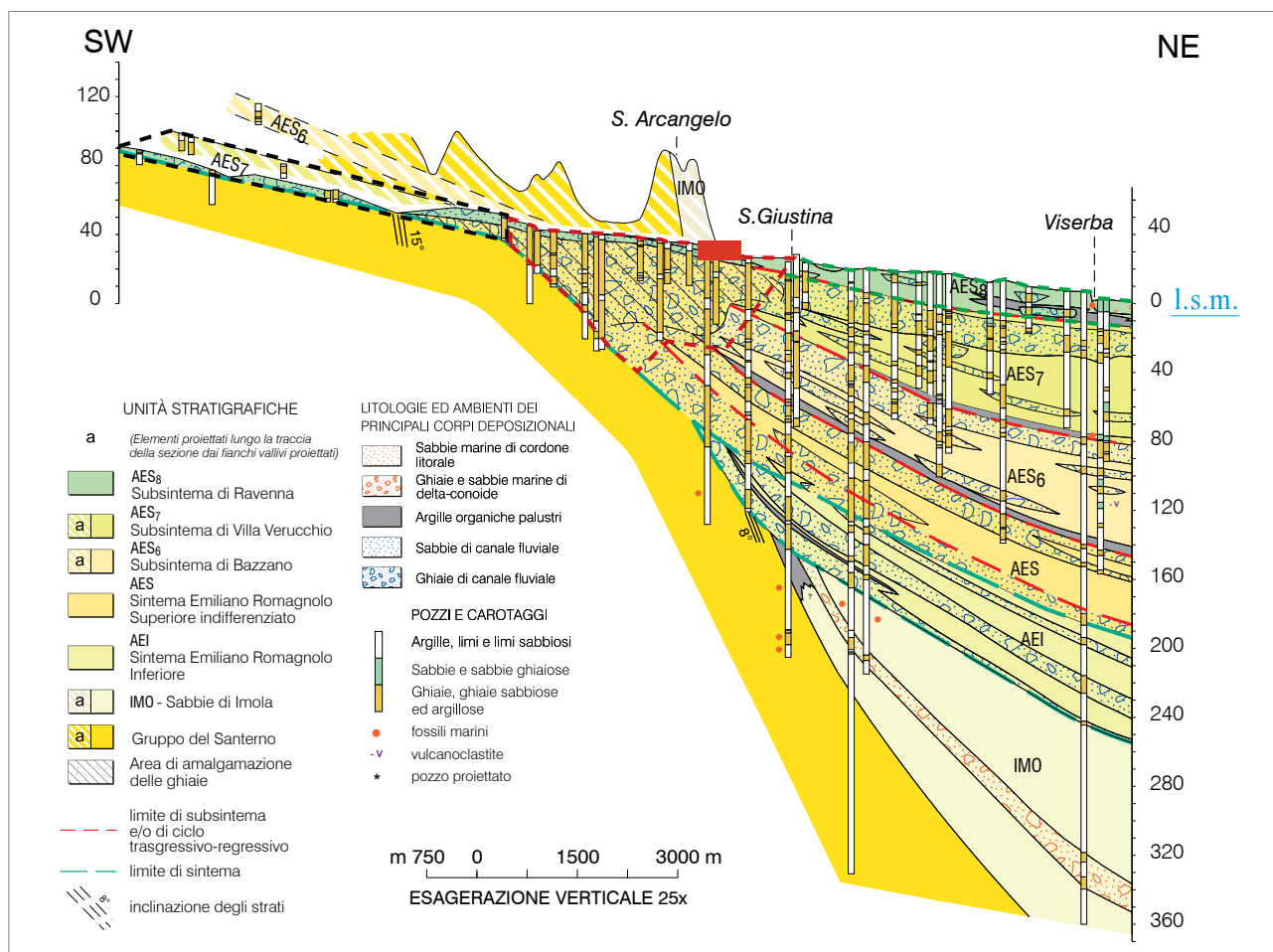
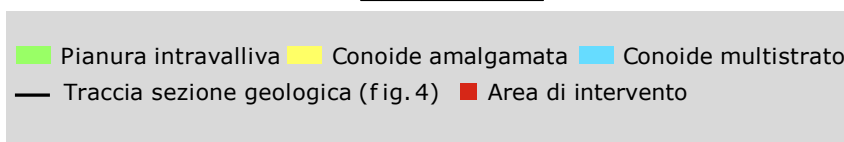


figura 4
 sezione geologica longitudinale della Conoide del Marecchia con schematizzazione degli acquiferi e ubicazione del lago di ricarica (box rosso, non in scala). Sono indicate la piana intravalliva (area con tratteggio nero); la conoide amalgamata (area con tratteggio rosso), la conoide multistrato (a valle delle precedenti) e l'acquifero freatico di pianura (area con tratteggio verde).



Dal punto di vista idrogeologico la piana intravalliva corrisponde a un acquifero freatico, così come la conoide amalgamata. La porzione amalgamata corrisponde alla zona di massima ricarica di tutta la conoide, che avviene principalmente per infiltrazione efficace delle acque piovane e per dispersione da parte del Fiume Marecchia.

La conoide multistrato è invece formata da un sistema di acquiferi confinati o semiconfinati sovrapposti tra loro. Al di sopra di essi, in diretto contatto con la superficie, è presente un acquifero freatico spesso una decina di metri circa, formato principalmente da depositi sabbioso limosi [figura 4].

Nella porzione della conoide amalgamata in destra idrografica del Marecchia, sono presenti tre laghi residuo di precedenti attività estrattive, in cui viene a giorno la falda freatica. Si tratta di “laghi di falda”, ovvero zone depresse topograficamente in cui è osservabile la falda ed il suo andamento stagionale.

Trovandosi all’interno delle “aree di ricarica diretta” così definite nelle “Zone di Protezione delle acque sotterranee” (*Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna, 2005; Piano territoriale di coordinamento provinciale Rimini, 2007*), questi laghi sono idraulicamente connessi con tutto l’acquifero della conoide [figura 5].

La possibilità di utilizzare questi laghi per la ricarica in condizioni controllate della conoide, era stata presentata già diversi anni fa (*Circondario di Rimini, 1992; Giulietti, 1993; Regione Emilia-Romagna, Comune di Rimini, Comune di Santarcangelo, 2004*). Più di recente è stata oggetto di uno specifico approfondimento, finalizzato a valutare l’efficacia di un intervento di ricarica in condizioni controllate, mediante un modello matematico di flusso delle acque sotterranee (*ARPA Emilia-Romagna, 2008*).

La sperimentazione di cui si tratta è stata condotta, come anticipato, nel lago denominato In.Cal System localizzato nell’area di ricarica

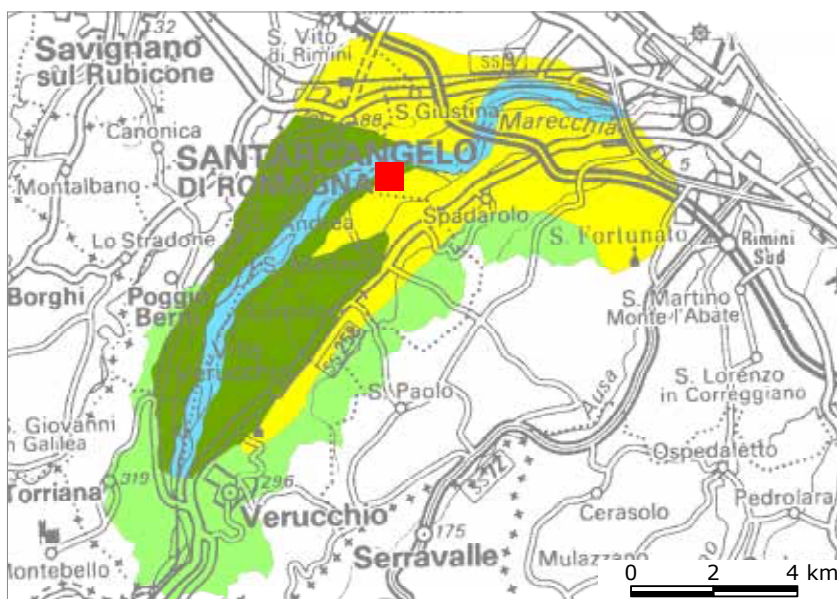


figura 5

Zona di Protezione delle acque sotterranee (Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna, 2004). In verde scuro le aree di ricarica diretta, in giallo le aree di ricarica indiretta, in verde chiaro i bacini imbriferi, in azzurro le fasce adiacenti all’alveo fluviale. Il quadrato rosso indica l’area di intervento.

della conoide, dove l'acquifero è amalgamato ed affiorante.

L'ipotesi di partenza è che in queste condizioni geologiche, un aumento del volume d'acqua nel lago si traduca rapidamente in un aumento del livello piezometrico della falda e quindi in una maggiore disponibilità idrica nella conoide.

Il lago ha un'estensione di circa 160.000 m² (16 ettari); la profondità del fondo del lago rispetto al piano campagna è di circa 9 m ed il volume della depressione è di circa 1,4 milioni di metri cubi.

Da quando l'attività estrattiva delle ghiaie è terminata (1996), nel lago si è creato un ecosistema complesso e adatto all'insediamento di numerose varietà di piante e animali.

Rete di monitoraggio

Per verificare l'efficacia dell'intervento di ricarica il Servizio Geologico regionale ha progettato ed attuato un apposito programma di monitoraggio, concordato con tutti gli enti portatori di interesse (Regione, Provincia di Rimini, Comune di Rimini, Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità – Romagna, Autorità di Bacino del Marecchia, Consorzio di Bonifica della Romagna, ARPAE Emilia-Romagna, Romagna Acque S.p.A.).

E' stata allestita una rete di monitoraggio composta complessivamente da 25 punti, in cui sono state realizzate misure di livello della falda a partire dal gennaio 2014, e campionamenti delle acque di falda per successive analisi chimiche di laboratorio a partire dal dicembre 2014 [figura 6].

I punti di controllo della rete sono posizionati a distanza crescente dal lago di ricarica, a valle ed a monte di esso rispetto alla direzione di deflusso delle acque sotterranee [figure 11a e 11b]. I punti si trovano sia in destra idrografica, dove è posizionato il lago di ricarica, che in sinistra idrografica.

La profondità dei punti di controllo è compresa tra i 20 ed i 30 metri, ed è tale da essere compresa nella porzione di acquifero principalmente interessata dall'intervento di ricarica (si consideri comunque che si tratta di un acquifero monostrato al cui interno non ci sono significative interruzioni della continuità idraulica) [figura 4].

I rilievi condotti nei punti di monitoraggio hanno consentito di verificare, in relazione all'immissione nel lago di un volume idrico aggiuntivo, il comportamento dell'acquifero dal punto di vista quantitativo e qualitativo.

La rete di monitoraggio della piezometria è costituita da 25 punti di misura, di cui 5 sono piezometri perforati appositamente e 18 sono pozzi esistenti di proprietà di privati. In 7 di questi punti sono stati



istallati dei sensori per l'acquisizione in continuo del livello, temperatura e conducibilità elettrica specifica a 20°C, messi in funzione dalla metà di gennaio 2014. Alcuni di questi sensori nel tempo si sono danneggiati e non è sempre stato possibile sostituirli.

Il piezometro RM1 è posizionato a soli 5 metri dal lago ed il suo livello è pertanto indicativo, se pure per difetto, del livello idrometrico del lago. A questo proposito, sono state eseguite anche con la collaborazione di ARPAE alcune misure topografiche di precisione che hanno mostrato che il livello del lago è mediamente 0.45 m più alto rispetto al livello del piezometro.

Il piezometro RM4 è posizionato a soli 5 metri dal Marecchia ed il suo livello è pertanto significativo della falda di subalveo del fiume.

Un ulteriore sensore per la misura del livello è stato messo a disposizione da Romagna Acque SpA in un pozzo posizionato nei pressi del lago (punto RM15 nella figura 6): si tratta del pozzo denominato Sarzana, che è all'interno di un campo pozzi per uso potabile che rifornisce, assieme ad altri, l'acquedotto del riminese.

Un misuratore in continuo del livello idrometrico è stato installato anche nel tratto del canale consortile che immette l'acqua nel lago (punto RM6 nella figura 6); grazie al rilevamento della scala di deflusso (realizzato da ARPAE), i livelli misurati sono stati successivamente trasformati in portate, permettendo così di quantificare il volume idri-

figura 6

Rete di monitoraggio per la valutazione dell'efficacia della ricarica. In blu i punti per il monitoraggio del livello, in giallo i punti per il monitoraggio della qualità, in verde i punti per entrambi i monitoraggi. Con il puntinato azzurro il Lago In.Cal System.

co recapitato al lago di ricarica. Questo sensore ha subito un danneggiamento e, per un certo periodo durante la sperimentazione, non è stato funzionante.

L'immissione d'acqua nel lago è iniziata il 25 febbraio 2014, circa un mese dopo rispetto all'inizio dei monitoraggi in continuo della falda, in modo da poter disporre di dati antecedenti l'inizio della sperimentazione e quindi poter meglio apprezzare il contributo della ricarica.

Durante i due anni di sperimentazione sono state effettuate 15 campagne di lettura del livello della falda nella rete di monitoraggio della piezometria, mentre sono sempre stati attivi i monitoraggi in continuo della falda, che hanno rilevato il livello con cadenza oraria, pur con delle interruzioni e sospensioni, dovute al malfunzionamento degli strumenti installati.

A partire dal dicembre 2014 sono state fatte 7 campagne di campionamento per verificare lo stato chimico delle acque sotterranee. In totale sono stati prelevati 64 campioni in 12 punti di prelievo, i campionamenti sono stati effettuati generalmente tramite l'utilizzo di *bailer*. Per motivi logistici non è stato sempre possibile campionare tutti i punti previsti; i campioni sono stati consegnati di volta in volta ad ARPAE che ha eseguito le analisi, nel laboratorio di Ravenna.

Il costo complessivo dell'intervento è stato di circa 45.000 euro (perforazione piezometri, installazione idrometro, analisi chimiche, manutenzione strumenti di monitoraggio, e incarico a professionisti).

Analisi dei monitoraggi effettuati

VOLUME IMMESSO NEL LAGO DI RICARICA

Le modalità di afflusso di acqua al lago di ricarica In.Cal System per mezzo del Canale dei Mulini sono definite in appositi atti realizzati dalla Regione Emilia-Romagna.

In sintesi, viene stabilito che il lago di ricarica sia alimentato con una portata pari a 1 m³/s durante il periodo non irriguo, per tutta il periodo della sperimentazione, indicando inoltre che tale portata potrà essere modificata su richiesta della Regione per esigenze connesse all'andamento della sperimentazione.

Questo valore di portata era stato proposto nello studio di ARPA Emilia-Romagna del 2008, in cui è stata elaborata una simulazione modellistica nel lago In.cal System considerando, appunto, una portata di ricarica di 1 m³/s durante il periodo non irriguo.

Per il rilevamento della portata di immissione nel lago era stata installata una sonda per la misura in continuo del livello, successiva-

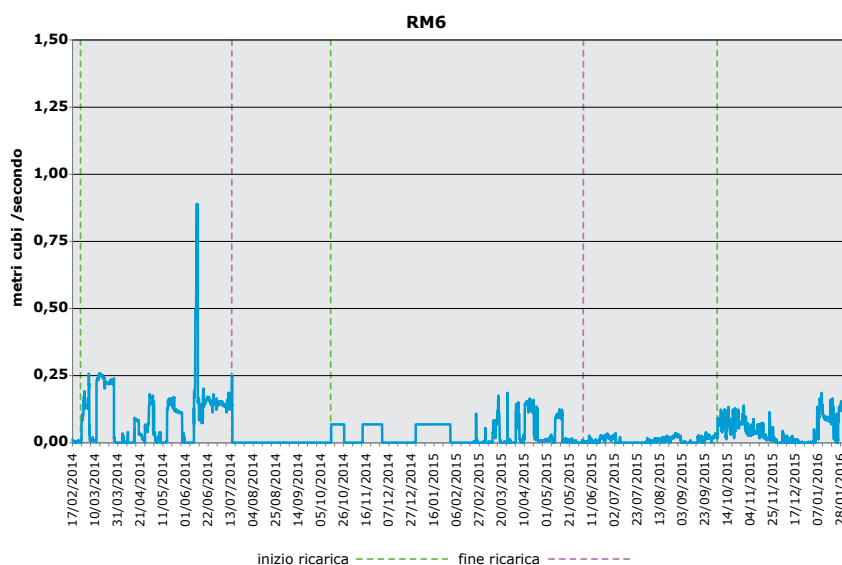


figura 7
 Valore della portata immessa nel lago di ricarica. Sono indicati i 3 cicli di ricarica realizzati.

mente sostituita con un idrometro. Poiché la sonda è stata danneggiata, c'è un periodo di tempo (luglio 2014- febbraio 2015) in cui i dati di livello nel canale non sono stati registrati. Per questo periodo il valore della portata è stato stimato, sulla base di sopralluoghi e osservazioni dirette.

In figura 7 è riportato l'andamento della portata del canale nel tempo che, come si vede, è stata sempre decisamente inferiore al valore previsto di $1\text{m}^3/\text{s}$.

Ciò è stato causato da diversi fattori.

Uno di questi è l'andamento meteo-climatico: il biennio in cui si è realizzata la sperimentazione è stato caratterizzato da livelli di precipitazioni molto elevati. Nella stazione di Vergiano, significativa per la zona in questione, la piovosità media annua nel 2014 – 2015 è stata di circa 1.200 millimetri annui a fronte di una media di 640 millimetri annui nel quindicennio 1991 – 2005 (http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni_e_dati/climatologia). A causa di queste intense precipitazioni il livello piezometrico registrato nelle falde è stato anch'esso molto alto; durante l'aprile – maggio 2015 il livello del pozzo Sarzana è stato il più alto dal 1968, ovvero da quando sono disponibili i rilievi di questo pozzo da parte di Romagna Acque S.p.A. La falda così alta diminuisce la capacità della conoide di immagazzinare l'acqua di ricarica ed una portata come quella prevista avrebbe sicuramente causato un innalzamento eccessivo del livello del lago.

Un innalzamento eccessivo del livello del lago si è verificato all'inizio del primo ciclo di ricarica, quando, con una portata di circa $0.25\text{m}^3/\text{s}$ [figura 7], il lago ha quasi tracimato nel settore nord orientale, mettendo a rischio la percorribilità della pista ciclabile presente in quella zona. In tale momento il livello del lago ha messo a rischio di allagamento i nidi di alcune specie di uccelli di particolare pregio che nidificano nel lago. Per questi motivi la ricarica è stata interrotta e/o diminuita in termini di portata.

In alcuni casi la paratoia che permette l'alimentazione del lago di ricarica era inspiegabilmente chiusa. E' pertanto plausibile che la paratoia sia stata manomessa da qualcuno per motivi ignoti, influenzando negativamente sulla sperimentazione della ricarica.

Durante le piene più importanti l'opera di presa non può essere usata perché la grande quantità di carico sospeso potrebbe danneggiarla. Allo stesso tempo non è possibile derivare acqua se nel fiume transita un volume inferiore al Minimo Deflusso Vitale (fissato dall'Autorità di Bacino del Marecchia Conca in $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$).

Il volume totale immesso al lago tramite il Canale dei Mulini risente quindi di tutti questi fattori. I volumi ricaricati sono stati di $1.282.909 \text{ m}^3$ nel primo ciclo di ricarica, di 676.506 m^3 nel secondo ciclo di ricarica e di 488.153 m^3 nel terzo ciclo di ricarica, per un totale di $2.447.569 \text{ m}^3$ (una parte di questo volume è però stata drenata dal fiume, come illustrato nel prosieguo). La ricarica è durata complessivamente 490 giorni, corrispondente ad una portata media di circa 5.100 m^3 al giorno.

Si tenga inoltre presente che, in generale, per immettere nel lago un certo volume è necessario derivare dall'opera di presa un quantitativo idrico decisamente superiore. Il Canale dei Mulini non ha un fondo impermeabilizzato e scorre per 9 km su un terreno che in buona parte è molto permeabile; conseguentemente la perdita di portata del canale dall'opera di presa al punto finale di recapito può essere molto significativa (anche il 50 %).

ANDAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA

Il 25 febbraio 2014 è iniziata l'immissione dell'acqua di ricarica nel Lago In.Cal System, che è poi proseguita con i tempi e le portate indicati in [figura 7](#).

La [figura 8](#) mostra i grafici degli andamenti del livello di falda durante i due anni di sperimentazione insieme all'andamento della portata immessa nel lago; come detto in precedenza, i monitoraggi in continuo della falda sono iniziati un mese prima dell'inizio della ricarica, al fine di comprendere meglio il fenomeno.

Nella [figura 8](#) è riportato anche l'andamento del pozzo Sarzana, indicato come RM15. Ad oggi sono funzionanti e disponibili solamente 4 dei 7 sensori iniziali, essendo gli altri 3 non più utilizzabili perché danneggiati.

Durante il primo ciclo di ricarica (febbraio - luglio 2014), nei punti di controllo più vicini al lago (RM1 a 5 m dal lago, RM2 a 200 m dal lago in direzione del flusso delle acque sotterranee, ed RM3 a 470 m dal lago, vedi [figura 6](#)) il livello di falda è aumentato molto rapidamente a seguito dell'inizio della ricarica. Anche allontanandosi dal lago è osservabile l'aumento del livello, ma in modo ritardato e con ampiezza inferiore (RM7 a 700 m, RM5 a 760 m dal lago, vedi [figura 6](#)). In

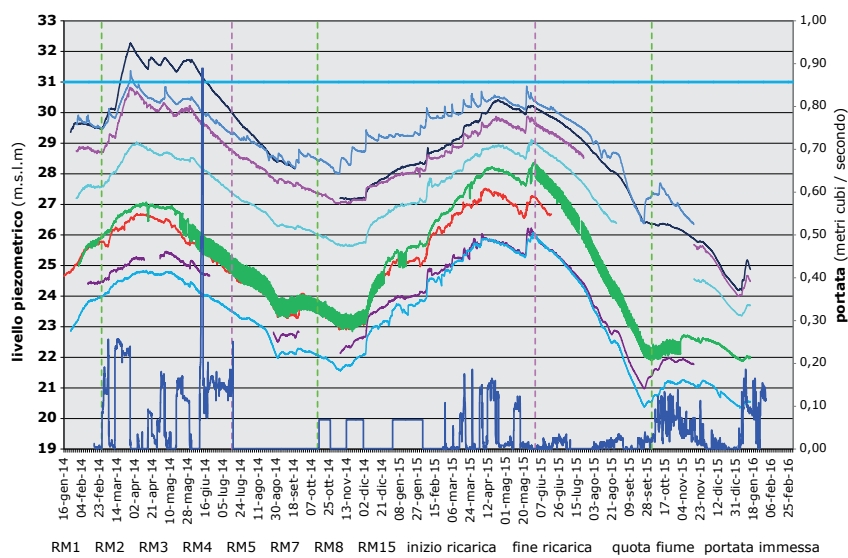


figura 8
Andamento del livello di falda in continuo e portata immessa nel lago.

tutti questi piezometri si nota, se pure in modo diverso in relazione alla distanza dal lago, una sorta di gradino verticale che indica il rapido innalzamento a seguito dell'inizio della ricarica.

Il livello dei due pozzi più lontani (RM15 1.100 m e RM8 a 1.250 m dal lago, vedi [figura 6](#)) non mostra questo andamento, il che non significa che l'acqua non ci sia arrivata (come testimoniato dalle linee di flusso nella mappa delle piezometrie di [figura 11a](#) e [11b](#)), semplicemente è arrivata in modo più lento e graduale.

Come anticipato, durante il primo ciclo di ricarica, il livello del lago si è alzato a tal punto da rischiare di tracimare nel settore nord est, mettendo a rischio la pista ciclabile che corre tra il lago ed il Fiume Marecchia; si osservi che in questo periodo il livello del lago era più alto di oltre un metro rispetto al fondo del fiume [\[figura 8\]](#). In questo stesso momento l'alto livello del lago ha anche messo a rischio alcuni nidi. Per questo motivo si è provveduto ad interrompere la ricarica per un tempo congruo e, successivamente, a riprenderla con una portata inferiore. Queste interruzioni e riprese si osservano chiaramente negli andamenti del RM1, RM2 e, in minor misura, RM3.

Il livello nel piezometro RM4, posizionato a 5 m dal fiume e quindi rappresentativo della falda di subalveo, ha avuto durante tutto il primo ciclo di ricarica un livello più basso rispetto al piezometro RM1 (identificativo del livello idrometrico del lago). In queste condizioni l'acqua del lago si diffonde non solo verso la conoide ma anche direttamente verso il fiume, ciò significa che una parte dell'acqua immessa viene sostanzialmente "persa" ai fini della ricarica.

Il livello piezometrico del punto RM4 è comunque sempre maggiore rispetto al livello degli altri punti di monitoraggio significativi della piezometria della conoide (RM2, RM3, RM5, ecc.), pertanto è verosimile che la quantità di acqua che torna al fiume sia una porzione modesta rispetto al volume immesso nel lago.

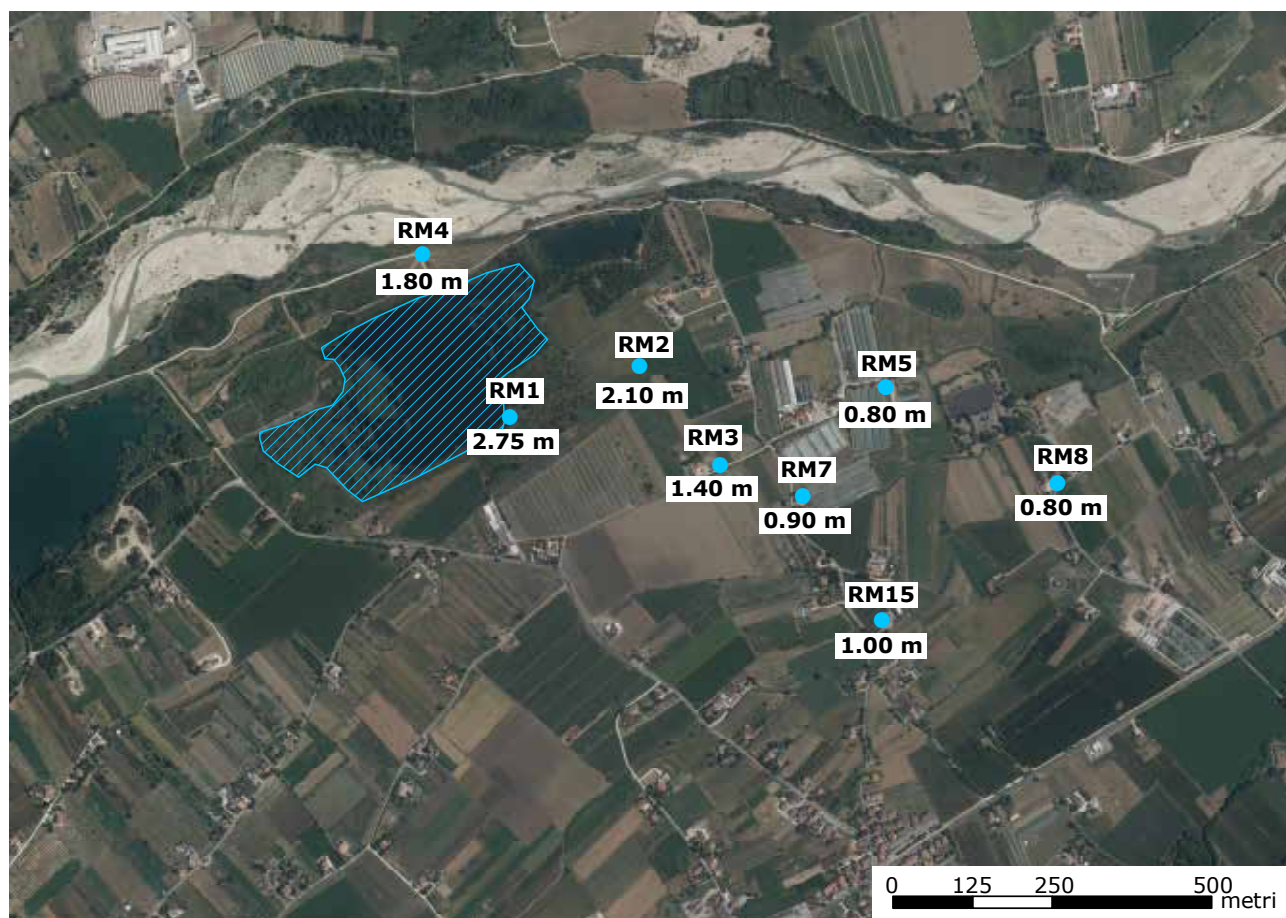


figura 9

Aumento massimo di livello registrato dopo il primo mese di ricarica nei punti con misurazione in continuo della falda.

Nel primo mese di sperimentazione il lago è stato ricaricato con una portata di $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$, maggiore rispetto a tutto il restante biennio [figura 7]. A seguito di questo intenso episodio di ricarica, nell'acquifero si sono registrati aumenti significativi del livello di falda che, a testimonianza dell'efficacia dell'intervento, sono massimi vicino al lago (2,75 m piezometro RM1) e diminuiscono progressivamente allontanandosi da esso (0,8 m in RM5 e RM8, figura 9). I massimi valori di innalzamento si sono registrati tra la fine di marzo, per i piezometri più vicini al lago, e l'inizio di aprile, per quelli più lontani [figura 8].

Durante l'estate 2014, pur in assenza di ricarica dal canale, il livello del lago si è mantenuto molto alto e la ricarica della conoide è proseguita a causa del grande volume immesso nel lago durante il precedente periodo di ricarica. Il livello del RM1 è stato infatti sempre più alto del RM2 e, per la prima parte dell'estate, anche del RM4 (rappresentativo del livello della falda di sub alveo).

Il secondo ciclo di ricarica è stato attivo dalla metà di ottobre 2014 al giugno 2015.

A seguito di quanto sperimentato durante il primo ciclo di ricarica, e stante il livello piezometrico molto alto della falda, nel secondo e nel terzo ciclo la portata di ricarica si è sempre mantenuta inferiore rispetto a quella del primo ciclo, già abbondantemente inferiore a quanto previsto.

All'inizio del secondo ciclo di ricarica, il canale era spesso privo di acqua, a causa della verosimile manomissione della paratoia di adduzione dell'acqua dal Canale dei Mulini verso il lago [figura 7]. Queste manomissioni, effettuate da ignoti, hanno chiaramente influito sulla sperimentazione diminuendo il volume complessivo di acqua che sarebbe dovuto arrivare nel lago.

La bassa portata all'inizio del secondo ciclo di ricarica, dovuta sia al basso volume immesso, che alle manomissioni citate, è documentata anche dalla minima differenza di quota tra il piezometro RM1 ed il piezometro RM2, che sta a significare la sostanziale assenza di deflusso dal lago verso la conoide. Successivamente la differenza di livello tra il RM1 e il RM2 cresce a indicazione del flusso dal lago verso la conoide. Alla fine del secondo ciclo di ricarica il livello del piezometro RM1 diventa molto prossimo al livello del RM4, senza tuttavia superarlo mai. Questo fa supporre che nel secondo ciclo di ricarica il deflusso dal lago verso il fiume sia stato inferiore rispetto al primo ciclo di ricarica; si noti inoltre che durante tutto il secondo ciclo di ricarica il lago è sempre stato più basso della quota di fondo fiume [figura 8].

La scarsa portata di ricarica durante il secondo ciclo non permette di osservare dei chiari picchi di sollevamento dei livelli di falda, così come osservati nel primo ciclo. Ciò non significa che non sia avvenuto il rimpinguamento della conoide, come dimostra l'andamento delle piezometrie realizzate [figure 11a e 11b].

figura 10

Immagine del lago In.Cal System quasi completamente asciutto (gennaio 2016). Il fondo del lago è in gran parte interessato da una sedimentazione argillosa.



Durante l'estate 2015, pur in assenza di ricarica dal canale, il livello del lago si è mantenuto alto e la ricarica della conoide è proseguita a causa del volume immesso nel lago durante il precedente periodo di ricarica. Il livello del RM1 è stato infatti sempre più alto del RM2 e, nella tarda primavera a prima parte dell'estate, è stato prossimo al RM4.

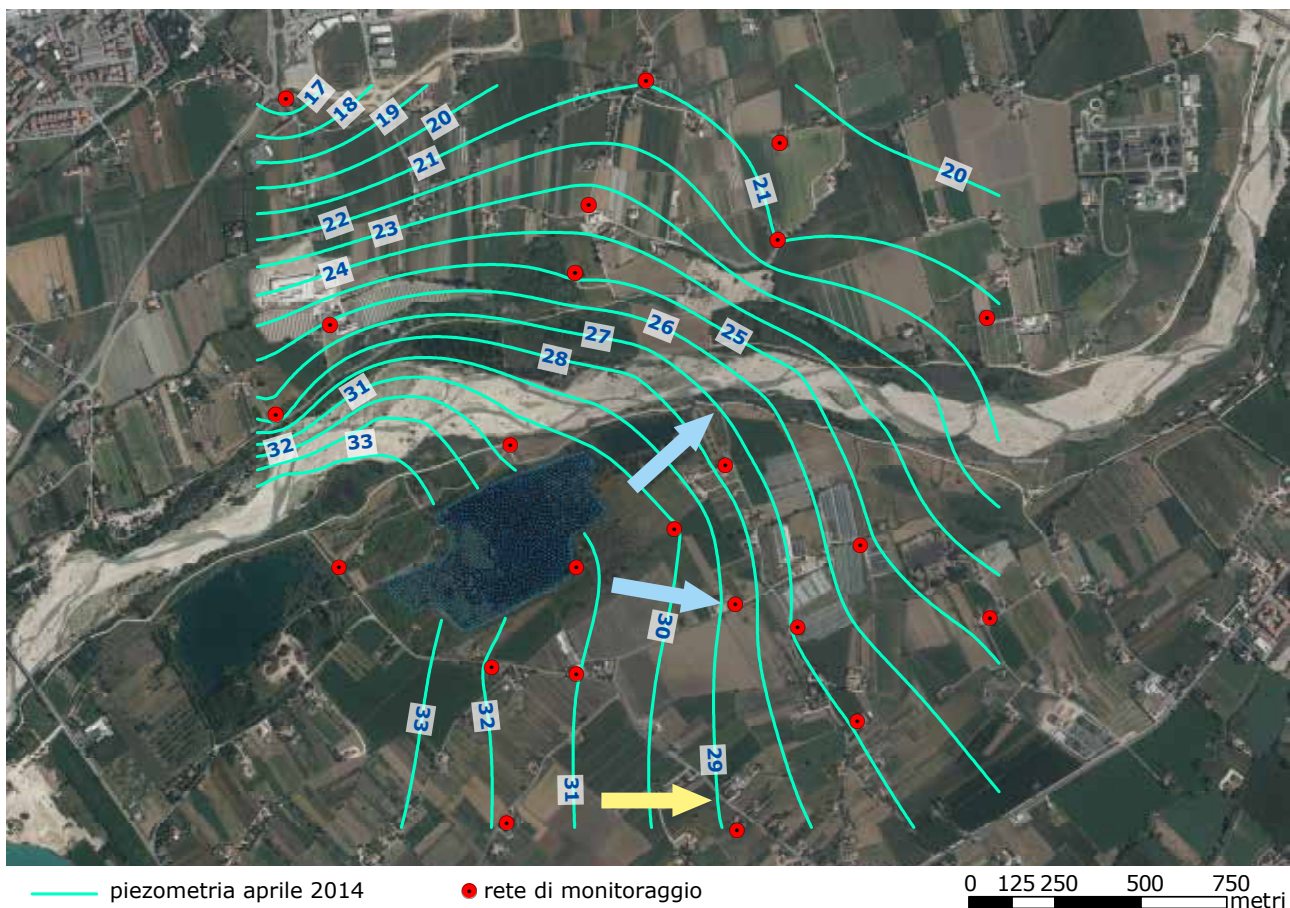
Il terzo ciclo di ricarica è iniziato nell'ottobre 2015 ed è proseguito sino al termine della sperimentazione (gennaio 2016). All'inizio di questo periodo il Canale dei Mulini è stato spesso asciutto a causa della siccità, e nella prima metà di novembre 2015 il lago In.Cal System si è in gran parte prosciugato [figura 10].

Un sopralluogo effettuato sul fondo del lago ha messo in luce che in buona parte di esso è presente uno spessore di circa 15 cm di depositi molto fini misti ad alghe che certamente rallentano e diminuiscono la filtrazione dell'acqua di ricarica verso l'acquifero.

Durante questo periodo il livello del RM1 e del RM2 sono sostanzialmente uguali, a dimostrare una assenza di deflusso dal lago verso la conoide. Nel gennaio 2016, con la ripresa delle piogge, è ricominciata la ricarica del lago, documentata dall'aumento della portata del canale [figura 7] e dalla risalita del livello nei piezometri [figura 8].

Oltre alle letture in continuo sono state realizzate 15 campagne di letture manuali nei punti di controllo stabiliti che hanno permesso di

figura 11a
andamento della piezometria in aprile 2014. Le frecce indicano il senso di moto della falda.



ricostruire altrettanti andamenti della piezometria in prossimità del lago di ricarica.

Si riportano due di questi andamenti, nell'aprile 2014 dopo il primo ciclo di ricarica, e nel settembre 2014, durante la successiva magra estiva [figura 11a e 11b].

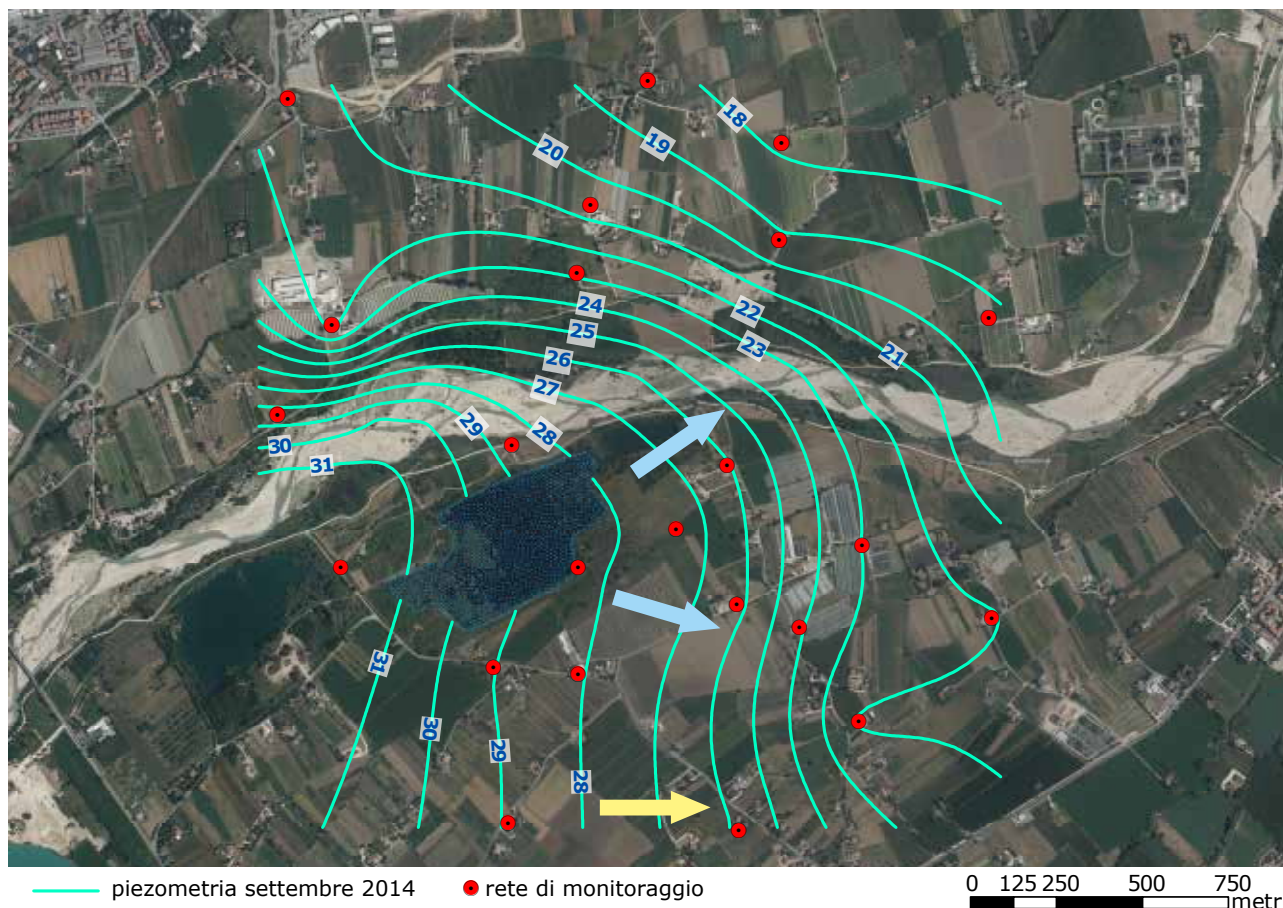
Nell'aprile 2014, dopo il più importante ciclo di ricarica realizzato in tutto il biennio di sperimentazione, le linee di flusso divergono dal lago di ricarica sia verso la conoide che verso il fiume [figura 11a], quindi, come anticipato, una certa quantità dell'acqua di ricarica è drenata dal fiume, come già ipotizzato in ARPA, 2008.

Anche nel settembre 2014, in un periodo di magra caratterizzato da un livello del lago decisamente più basso rispetto al precedente, si evidenzia un flusso orientato sia verso la conoide che verso il fiume [figura 11b]. Si osservi la forte deviazione di alcune isopieze, il cui andamento è verosimilmente influenzato da pozzi in funzione.

In entrambe le figura si osserva che oltre al flusso idrico proveniente dal lago di ricarica, l'acquifero risente anche di una componente di ricarica proveniente da ovest, ovvero dalla parte apicale della conoide (freccia gialla in figura 11a e 11b).

Il volume idrico che torna al fiume è evidenziato in entrambe le mappe dall'andamento delle isopieze; tale andamento risente del

figura 11b
andamento della piezometria in settembre 2014.
Le frecce indicano il senso di moto della falda.



livello della conoide che si è mantenuto costantemente alto durante tutto il periodo della sperimentazione, in relazione al periodo molto piovoso. Con un livello dell'acquifero più basso, ci sarebbe stato verosimilmente un maggiore richiamo verso la conoide, una minore perdita verso il fiume, ed una maggiore efficienza dell'intervento.

Nel complesso, i due andamenti descritti sono molto simili tra loro, ma si differenziano nel valore assoluto delle quote, che, nel periodo primaverile, è di oltre due metri maggiore rispetto al periodo tardo estivo.

L'andamento della piezometria è il risultato di tutti i fattori che determinano il bilancio idrico dell'area analizzata. Tali fattori sono: il volume idrico immesso durante la ricarica, le precipitazioni locali, la dispersione operata dal Fiume Marecchia, il flusso sotterraneo proveniente dalla parte apicale di monte della conoide ed il prelievo da pozzo.

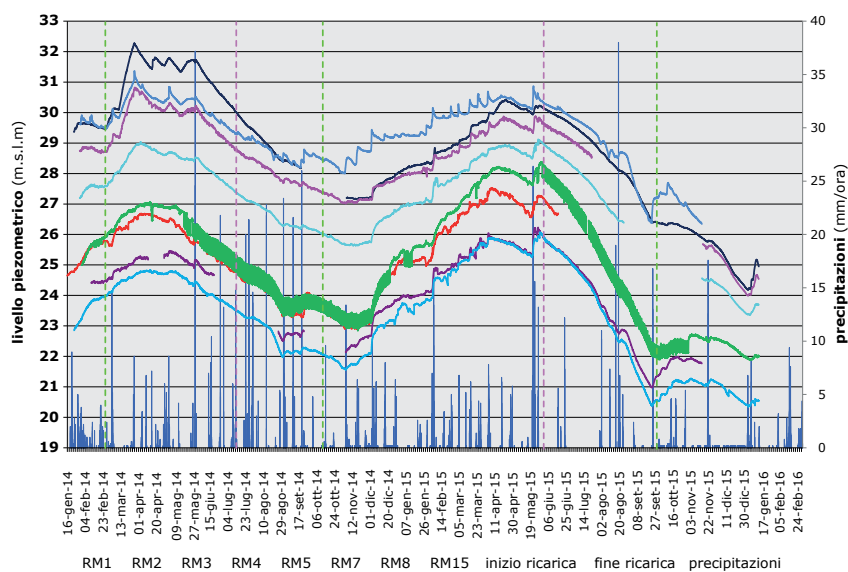
Un'analisi quantitativa di come tutti questi fattori abbiano agito congiuntamente nel biennio della sperimentazione esula dagli scopi di questo volume, e potrà essere eventualmente oggetto di un'apposita analisi.

Si ritiene comunque significativo mostrare le relazioni tra le piogge locali e l'andamento del livello nei punti di controllo in continuo della piezometria; la **figura 12** mostra tali relazioni che risultano in alcuni casi molto evidenti, come ad esempio nel febbraio o nel maggio 2015.

In conclusione, i dati in continuo del livello piezometrico e le mappe della piezometria realizzate documentano che il flusso idrico si diparte dal lago di ricarica verso la conoide, dimostrando quindi l'efficienza del sistema di ricarica realizzato.

I recuperi della piezometria a seguito dell'immissione di acqua nel lago di ricarica sono più evidenti vicino al lago e quando la portata di

figura 12
Andamento del livello di falda in continuo e precipitazioni locali (stazione di Vergiano, dati ARPAE).



ricarica è più alta; in ogni caso è dimostrato un costante flusso idrico dal lago verso la conoide durante la gran parte del periodo della sperimentazione.

La porzione della conoide più lontana dal lago risente maggiormente del flusso idrico di ricarica proveniente dalla parte apicale della conoide, vedi le frecce gialle in **figure 11a e 11b**.

Durante tutta la sperimentazione, un parte del volume immesso nel lago torna al fiume, anche in relazione al particolare periodo meteo climatico durante il quale si è effettuata la sperimentazione.

QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE.

Durante il secondo anno di sperimentazione si è ritenuto importante realizzare alcune analisi chimiche delle acque sotterranee in prossimità del lago per valutare gli effetti della ricarica rispetto allo stato qualitativo dell'acquifero nei pressi del lago stesso.

Dal dicembre 2014 sono state effettuate sette campagne di campionamenti su un totale di 64 campioni prelevati dai 12 punti di monitoraggio stabiliti. Su ogni campione sono stati determinati Cloruri, Nitrati, Solfati, Calcio, Magnesio, Potassio, Sodio e Bicarbonati, oltre a temperatura e conducibilità, rilevate direttamente in campo.

Le analisi chimiche sono state realizzate da ARPAE, tramite il laboratorio analisi di Ravenna.

Il diagramma di Sholler prende in considerazione il Calcio, Magnesio, Sodio più Potassio, Cloruri, Solfati e Bicarbonati, e mostra che i punti analizzati sono molto simili tra loro per quel che riguarda il chimismo, salvo il punto RM7, più ricco in Sodio e Potassio e più povero in magnesio e solfati **[figura 13]**; tutte le acque campionate possono essere classificate come bicarbonato calciche.

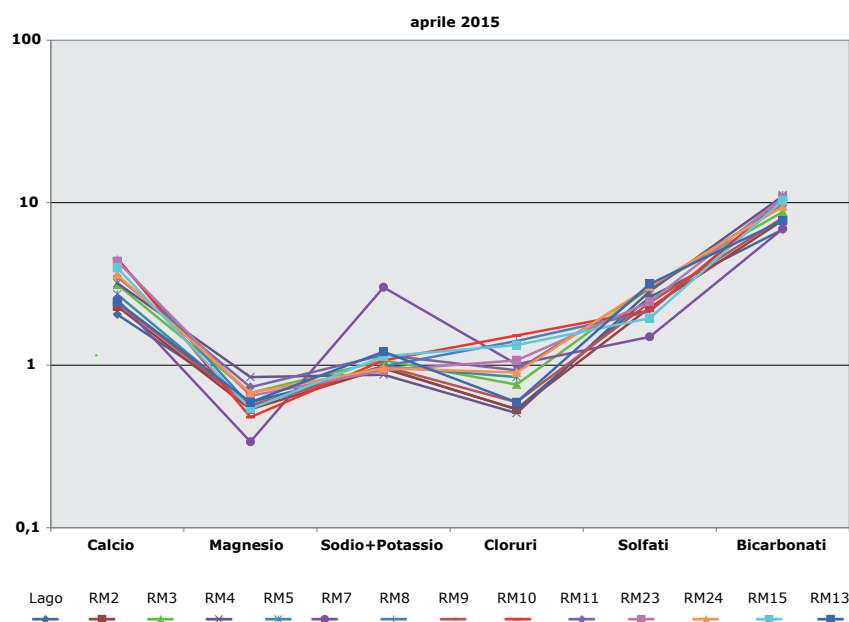


figura 13
Diagramma di Sholler riferito al campionamento dell'aprile 2015.

Per quel che riguarda la qualità delle acque sotterranee, il problema storico della conoide del Marecchia, così come di altre conoidi emiliano-romagnole, è costituito dalla presenza di nitrati in quantità superiori alle norme vigenti (ARPAE, 2015).

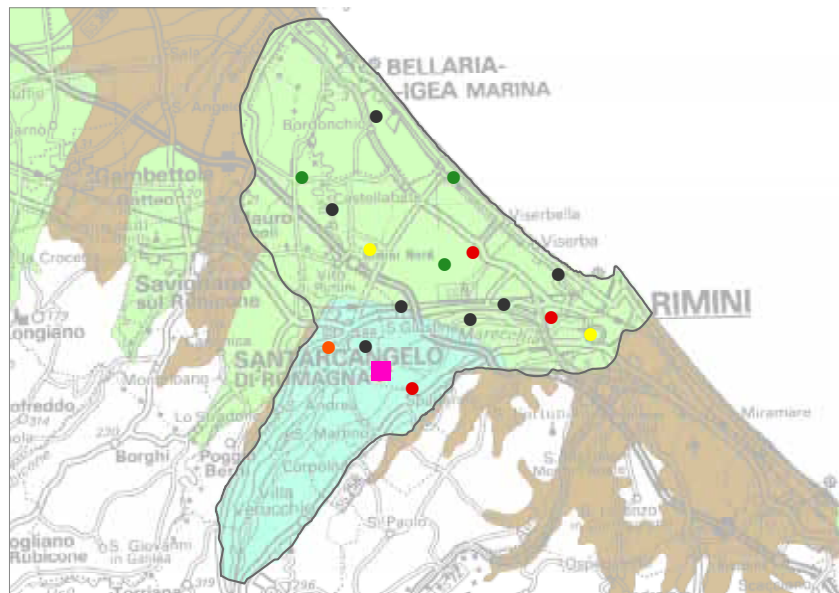
I nitrati sono presenti in quantità molto basse nelle acque che ricaricano naturalmente la conoide (fiume e piogge) mentre il loro arricchimento nelle falde è causato dall'attività antropica.

I più recenti approfondimenti condotti sull'origine dell'inquinamento da nitrati nella conoide del Marecchia (ARPA, 2006 e HERA, 2006), indicano che la fonte di questi nitrati è da ricondurre all'utilizzo di concimi agricoli, parte dei quali non viene utilizzato dalle colture e viene quindi disperso nelle falde, e alla possibile perdita da reti fognarie.

La figura 14 mostra su tutta la conoide del Marecchia la distribuzione puntuale dei nitrati derivante della rete di monitoraggio delle acque sotterranee gestita da ARPAE per conto della Regione Emilia-Romagna. Si osserva che su 16 punti di controllo 3 superano i 50 mg/l, uno dei quali è posizionato in prossimità del lago di ricarica.

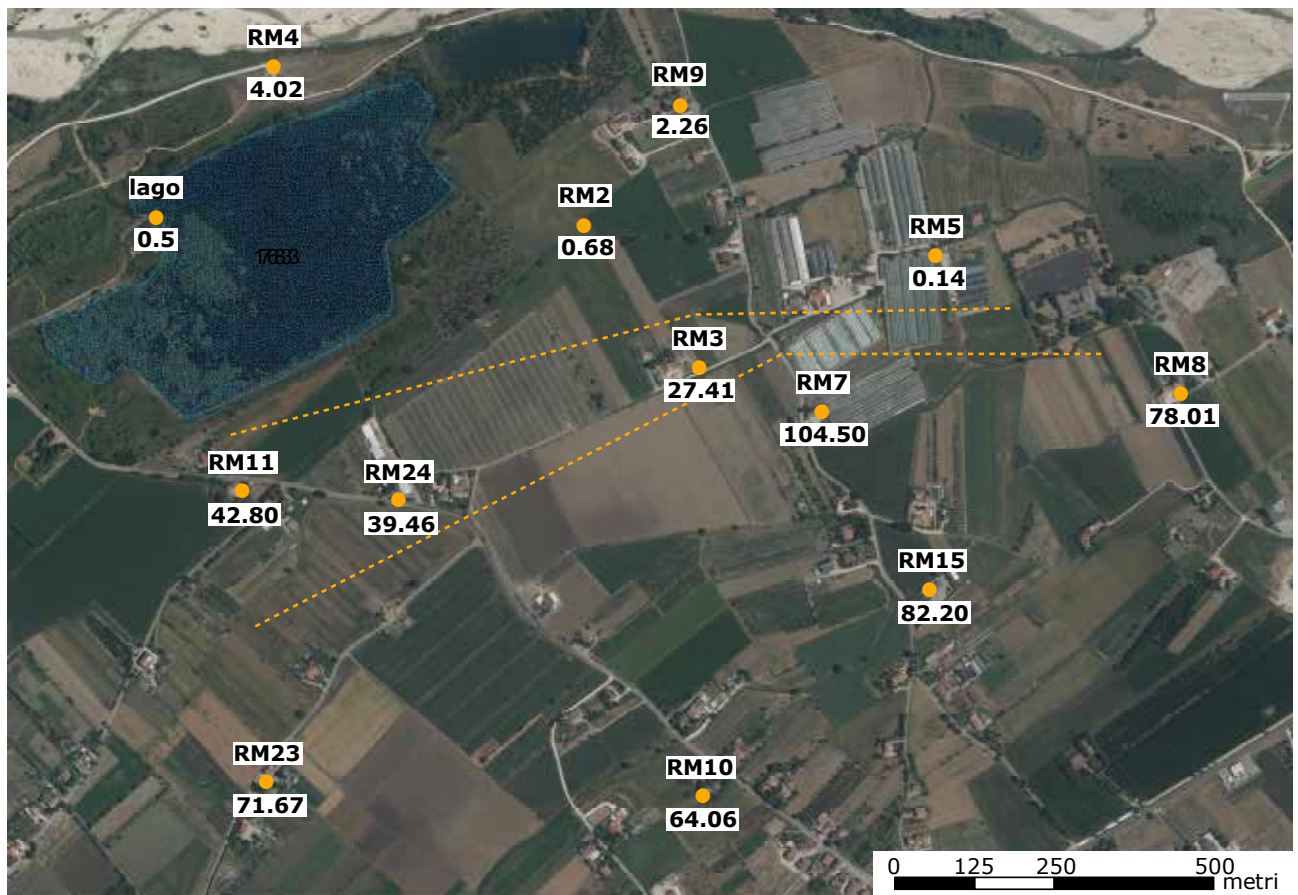
La figura 15 riporta invece l'andamento dei nitrati risultante delle analisi prodotte nel presente progetto di ricarica della conoide. I dati analitici sui nitrati sono complessivamente 64.

figura 14
Distribuzione puntuale dei nitrati nella conoide del Marecchia (Dati ARPA, riferiti al 2014, <http://webbook.arpa.emr.it/indicatore/Nitrati-in-acque-sotterranee-00001/?espandi=grafici&cat=mappe>). Il quadrato fucsia indica l'area di intervento.



■ Pianura Alluvionale Appenninica confinato superiore
■ Conoidi - confinato superiore
■ Conoidi - libero

**Nitrati (mg/l)
Anno 2014**
● da 50 a 80
● da 40 a 50
● da 25 a 40
● da 10 a 25
● < 10



Vengono mostrate le medie del valore di nitrati rilevati nelle diverse campagne effettuate; i singoli valori rilevati, non si discostano molto dalla media, ad eccezione del punto RM7, di cui si dirà separatamente. La figura comprende anche il valore dei nitrati nel punto RM15 corrispondente a un pozzo di Romagna Acque SpA.

Si evidenziano tre settori caratterizzati da valori di nitrati via via più alti partendo dal lago di ricarica verso la conoide [figura 15]. Il settore più vicino al lago ha valori di nitrati molto bassi (da minore di 1 a 4,02 mg/l), il settore intermedio ha valori più alti, ma inferiori a 50 mg/l, e il settore più lontano dal lago ha valori di nitrati sempre più alti.

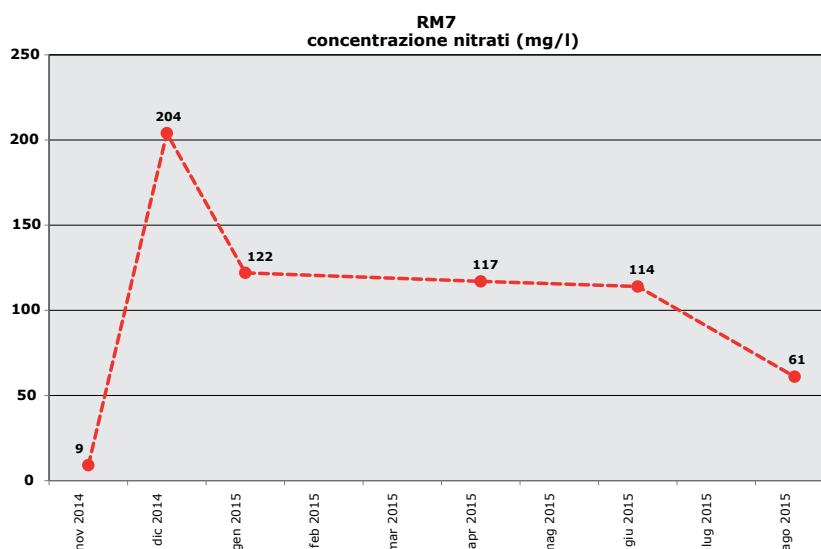
Risulta pertanto verosimile che l'acqua del lago di ricarica, caratterizzata da un bassissimo quantitativo di nitrati, diffondendosi nella conoide possa influire positivamente sulla qualità delle acque (va comunque ricordato che non si dispone di dati sui nitrati di questi pozzi precedenti all'intervento di ricarica).

La zona con i nitrati alti è quella più marcatamente influenzata dalla ricarica proveniente dalla porzione intravalliva della conoide [figura 11a e 11b]; tale settore della conoide è caratterizzato storicamente da valori molto alti di nitrati (Idroser, 1990).

La zona con i nitrati bassi è invece quella in cui anche le linee di flusso indicano un più evidente contributo della ricarica del lago verso la conoide [figura 11a e 11b], a riprova del positivo contributo

figura 15
Media del valore di nitrati rilevato nelle campagne di campionamento. Le linee a punti gialli distinguono tre settori con diverso valore di nitrati nelle acque sotterranee.

figura 16
andamento dei nitrati nel punto RM7
nelle campagne di misura effettuate.



della ricarica anche dal punto di vista della qualità dell'acqua della conoide stessa.

Un discorso a parte merita il punto RM7, caratterizzato da valori anomali in magnesio, sodio e potassio e solfati [figura 13].

Il primo valore dei nitrati rilevato in questo punto è decisamente basso (9 mg/l), ma poi nel giro di un mese, il valore arriva a 204 mg/l; i dati successivi mostrano un lento e progressivo calo dei nitrati, che però rimangono comunque superiori a 50 mg/l [figura 16]. Dato che campioni analizzati negli altri punti non mostrano valori così fortemente variabili, è molto probabile che si tratti di un inquinamento puntuale dovuto ad una fonte molto vicina a questo punto di campionamento.

In conclusione è verosimile ritenere che nella zona vicina al lago l'acqua di ricarica, particolarmente povera in nitrati, riesca a migliorare la qualità delle acque della conoide.

È possibile che proseguendo l'intervento di ricarica, si possa avere un miglioramento della qualità delle acque anche nei settori più lontani della conoide, che attualmente non ne risentono.

“Importanza avifaunistica del lago In.Cal System nel sito natura 2000 Torriana, Montebello e fiume Marecchia

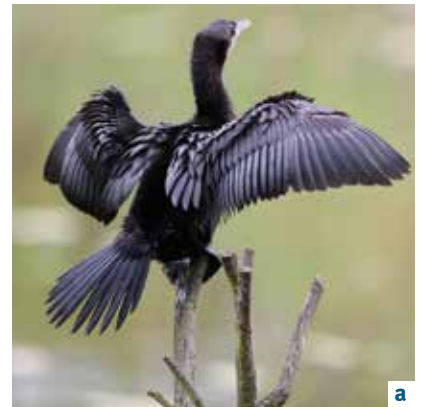
Il Sito Natura 2000 denominato “SIC Torriana, Montebello, Fiume Marecchia (codice: IT4090002)” si stende per circa 14 km lungo la

parte bassa del fiume e comprende una serie di laghi di ex cava, tra cui l'In.Cal System. Si tratta di ampi bacini con pareti ripide di notevole importanza ecologica entro i quali si sono insediate vaste porzioni di bosco igrofilo, a *Salix* sp. e *Populus* sp.. L'ampiezza degli specchi d'acqua, lo sviluppo di vegetazione arbustiva e arborea e la relativa tranquillità dell'area, sono i fattori che hanno determinato nel tempo la grande ricettività ecologica di questi ambienti artificiali, vicarianti degli habitat naturali tipici dei tratti di pianura dei fiumi. I laghi di ex cava del Marecchia sono habitat importantissimi per un enorme numero di specie di uccelli acquatici, sia in fase di migrazione e svernamento, sia durante la stagione riproduttiva.

Il lago In.Cal System, in particolare, è sicuramente il più interessante di questi bacini. Elemento di grande importanza naturalistica è la “Garzaia”; si tratta di una colonia composta da diverse specie di aironi (Famiglia Ardeidae), insediata, almeno dal 1992, nel bosco ripariale del lago. Gli Ardeidi sono uno degli elementi di maggiore valore naturalistico e paesaggistico degli ambienti di pianura dell'Italia settentrionale. La colonia, inizialmente composta da coppie di Garzetta (*Egretta garzetta*) e Nitticora (*Nycticorax nycticorax*) fino al 2010, è negli ultimi anni notevolmente accresciuta, sia in numero di specie presenti, sia in termini di consistenza numerica delle coppie nidificanti. Nel 2011 si sono insediate altre specie di Ardeidi come l'Airone cenerino (*Ardea cinerea*) e la Sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*) e due specie di Falacrocoracidi: il Cormorano (*Phalacrocorax carbo*) e il raro Marangone minore (*Phalacrocorax pygmeus*). Nell'ultima stagione riproduttiva, erano presenti anche 6 – 8 coppie di Airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*) [figura 17].

La nidificazione e il successo riproduttivo di un così elevato numero di specie è stata possibile anche grazie alla presenza contemporanea di diversi fattori favorevoli, primo fra tutti, la ricchezza di acqua in falda nel periodo primaverile – estivo per la piovosità naturale delle ultime stagioni e soprattutto per le conseguenze della sperimentazione di ricarica di cui si tratta. Durante la sperimentazione è stato attuato un monitoraggio visivo del livello dell'acqua nel lago (con repentina chiusura degli ingressi di acqua in caso di eccessivi apporti) che ha consentito di mantenere livelli idrici adeguati nel bacino, compatibili con le esigenze ecologiche delle specie nidificanti, con conseguenti palesi benefici sul successo riproduttivo del Marangone minore e delle altre specie di Ardeidi coloniali. A tutto ciò si aggiunge il progetto di fruizione turistico-naturalistica e didattica che l'Amministrazione comunale riminese ha realizzato negli ultimi anni, con installazione di strutture atte alla visita e all'osservazione della fauna del lago.

Le varie azioni di conservazione messe in atto dagli Enti preposti e i benefici in termini di disponibilità idrica che la sperimentazione della ricarica ha assicurato nei momenti cruciali della riproduzione, hanno consentito di ottenere evidenti risultati come l'incremento qualitativo e quantitativo della colonia di aironi e, più in generale, l'incremento della biodiversità avifaunistica del sito Natura 2000.



a



b

figura 17

a - il Marangone minore, specie rara e di interesse comunitario, nidifica nella colonia di aironi e cormorani dal 2011.

b - La colonia di Cormorani, nella porzione più a est del bosco allagato. Sono visibili Cormorani in cova e in volo con materiale nel becco per la costruzione del nido.

Risultati ottenuti

I risultati conseguiti possono essere così riassunti:

- La sperimentazione della ricarica in condizioni controllate del Marecchia è stata realizzata grazie ad un accordo tra Enti che ha permesso di valorizzare le infrastrutture esistenti, sviluppando il progetto a costi contenuti (circa 45.000 euro).
- Il volume d'acqua aggiunto al lago di ricarica ha provocato un innalzamento nei livelli piezometrici che risulta massimo in prossimità del lago In.Cal System e diminuisce via via allontanandosi da esso; la ricarica ha pertanto prodotto un aumento del quantitativo idrico nella conoide. Il volume idrico aggiuntivo immesso nel lago per la ricarica dell'acquifero è stato di circa 2.447.569 m³, durante un periodo di 490 giorni di funzionamento della ricarica, corrispondente ad una portata media di circa 5.100 m³ al giorno.
- L'acqua di ricarica è caratterizzata da un bassissimo quantitativo di nitrati; diffondendosi nell'acquifero, questo volume idrico riduce il quantitativo di nitrati presenti. Si evidenzia, vicino al lago di ricarica, una porzione della conoide caratterizzata da una concentrazione di nitrati decisamente inferiore rispetto alla restante parte della stessa conoide.
- Il volume di acqua immesso nel lago ha concorso all'incremento della biodiversità avifaunistica del sito Natura 2000 in cui ricade il lago In.Cal System.
- La buona riuscita complessiva del progetto e l'esperienza acquisita, consentono di applicare la stessa metodologia di intervento in altri contesti con caratteristiche analoghe.

Problemi riscontrati

Le criticità riscontrate fanno riferimento a:

- La ricarica è avvenuta in un periodo molto piovoso, in cui la falda è stata quindi molto alta; i monitoraggi disponibili indicano che nel 2015 la falda in prossimità del lago (in località Sarzana) ha avuto i livelli più alti di tutto il periodo monitorato a partire dal 1968. La falda così alta ha certamente diminuito la capacità della conoide di immagazzinare l'acqua di ricarica dal lago, ed ha contribuito a convogliare una parte del volume di ricarica verso il fiume.
- Il fondo del lago si presenta in parte impermeabilizzato dalla presenza di depositi molto fini misti ad alghe; la capacità di ricarica del lago verso l'acquifero risulta pertanto limitata.
- La manomissione della paratoia che conduce l'acqua dal Cana-

le dei Mulini al lago ha diminuito il volume di acqua utile alla ricarica verso l'acquifero.

- La mancata disponibilità di fondi non ha permesso la sostituzione degli strumenti di monitoraggio del livello piezometrico che si sono danneggiati durante la sperimentazione.
- Il lago di ricarica In.Cal System è compreso nel Sito di interesse comunitario IT4090002 "Torriana, Montebello, Fiume Marecchia". Il lago è colonizzato da una flora ed una fauna di particolare interesse naturalistico. Le modalità della ricarica (tempi e portate) vanno pertanto adeguate al sostentamento della flora e la fauna presenti in questo sito.

Conclusioni

La valutazione complessiva della sperimentazione della ricarica in condizioni controllate della conoide del Marecchia è certamente positiva, dato che i problemi riscontrati non hanno precluso la riuscita dell'intervento realizzato..

I problemi riscontrati sono certamente superabili: con una più attenta sorveglianza attiva sul posto e con un'adeguata disponibilità economica.

L'eventualità di rimuovere dal fondo del lago l'argilla depositatasi nel tempo necessita di una attenta valutazione.

Infine, sarà necessario porre particolare attenzione ai volumi immessi nel lago di ricarica, al fine di non interferire negativamente con gli habitat presenti nel Sito di Interesse Comunitario.

Considerati l'esito positivo della sperimentazione e la volontà di renderla un intervento a sistema, la Regione ha inserito la misura "Interventi di sostegno ai naturali processi di ricarica delle falde e/o di ricarica artificiale delle stesse (anche tramite la gestione dei prelievi e dei canali irrigui)" nel programma di misure del Piano di Gestione del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, relativamente alla Conoide del Marecchia (*).

La messa a regime dell'intervento di ricarica in condizioni controllate nella conoide del Marecchia avverrà in accordo con i diversi soggetti già coinvolti in sede di sperimentazione, e in linea con il Decreto recante "Criteri per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o all'accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità, ai sensi dell'art. 104, comma 4-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modificazioni" (in fase di emanazione).

(* *corpi idrici IT080280ER-DQ1-CL "Conoide Marecchia-libero" e IT080590ER-DQ2-CCS "Conoide Marecchia-confinato superiore".*

BIBLIOGRAFIA

- ARPA**, 2006. *Studio della conoide alluvionale del Marecchia: analisi quali-quantitativa a supporto della corretta gestione della risorsa idrica*.
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/informazioni/documenti/studio-della-conoide-alluvionale-del-fiume-marecchia-analisi-quali-quantitativa-a-supporto-della-corretta-gestione-della-risorsa-idrica/view>
- ARPA Emilia-Romagna**, 2008. *Studio sulla ricarica artificiale delle falde in Emilia-Romagna*. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/informazioni/documenti/studio-sulla-ricarica-artificiale-delle-falde-in-emilia-romagna/view>
- ARPAE, Emilia-Romagna**, 2015. *Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2010-2013*.
http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=5947&idlivello=112
- Autorità di Bacino Marecchia – Conca**, 2004. *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico*. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-marecchia-conca/Piano-Stralcio-Assetto-Idrogeologico-PAI>
- Circondario di Rimini** (ora Provincia di Rimini), 1992. *Piano delle Acque del Circondario di Rimini*. A Cura di Idroser S.p.A.
- Dillon Peter**, 2005. *Future management of aquifer recharge*. Hydrogeology journal 13 (1), 313-316).
- Idroser**, 1990. *Determinazione delle caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche sotterranee della conoide del Fiume Marecchia*. Rapporto tecnico inedito.
- HERA SPA**, 2006. *Studi e ricerche del conoide del marecchia. Studi di caratterizzazione e ricerche geochimico ed isotopiche delle acque sotterranee*. Rapporto inedito a cura di Studio di geologia applicata e ingegneria S.r.l. di Edmondo Forlani.
- Giulietti Claudio**, 1993. Tesi di laurea inedita “*Prime valutazioni sulla efficacia degli interventi effettuati per la ricarica artificiale del conoide marecchiese*”. Facoltà di Ingegneria dell’Università degli Studi di Bologna, A.A. 1993-94.
- Regione Emilia-Romagna**, 2005. *Piano di Tutela delle Acque*. Approvato con Delibera dell’Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 40 del 21 dicembre 2005.
- Regione Emilia-Romagna**, Comune di Rimini, Comune di Santarcangelo, 2004. *Progetto di riassetto territoriale delle aree periurbane della Bassa Val Marecchia al fine di definire il recupero ambientale delle cave Incal System e Adria Scavi nel Fiume Marecchia*. Rapporto Tecnico.
- Provincia di Rimini**, 2007. *Piano territoriale di coordinamento provinciale Rimini*, 2007. http://www.provincia.rimini.it/sites/default/files/progetti/territorio/2005_ptcp/index.htm
- Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP**, 1998. *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di Gian Marco Di Dio
- Rossetto e Bonari (2014)**. *Il futuro della ricarica delle falde in condizioni controllate in Italia: il progetto europeo FPVII MARSOL e la EIP on water MAR to MARKET*. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater, Vol. 3, n. 3/137
- Servizio Geologico d’Italia – Regione Emilia-Romagna**, 2005. *Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000*, Foglio Geologico “256 – Rimini
- Severi Paolo, Bonzi Luciana, Ferrari Venusia & Pellegrino Immacolata**, 2014. *Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati*. Acque sotterranee - Italian Journal of Groundwater, 3/137
- Severi Paolo, Bonzi Luciana & Ferrari Venusia**, 2015. *Geologia e Idrogeologia della Conoide del Fiume Marecchia*. il Geologo dell’Emilia-Romagna. ANNO XV/2015 N. 51. Nuova serie.



Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
segргеol@regione.emilia-romagna.it
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia>

Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua
ambpiani@regione.emilia-romagna.it
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque>