

**LA RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE IN ITALIA:
LE ESPERIENZE PROGETTUALI A VALLE DEL DM 100/2016
3 OTTOBRE 2018 - GEOFLUID, PIACENZA**

**La Ricarica in condizioni controllate
nella conoide del Fiume Marecchia (Rimini)**

LIFE REWAT partners:

**REGIONE
TOSCANA**



LIFE REWAT cofinanziato da :



***La Ricarica in condizioni controllate
nella conoide del Fiume Marecchia (Rimini)***

Supporto della modellistica matematica

**Andrea Chahoud , Luca Gelati
ARPAE Emilia-Romagna**

achahoud@arpae.it, lgelati@arpae.it

**VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE DEL PROGETTO PER LA
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI RICARICA IN CONDIZIONI
CONTROLLATE NELLA CONOIDE ALLUVIONALE DEL FIUME
MARECCHIA (DGR 1649 del 30/10/2017)**

PROTOCOLLO DI INTESA (marzo 2018)

TRA:

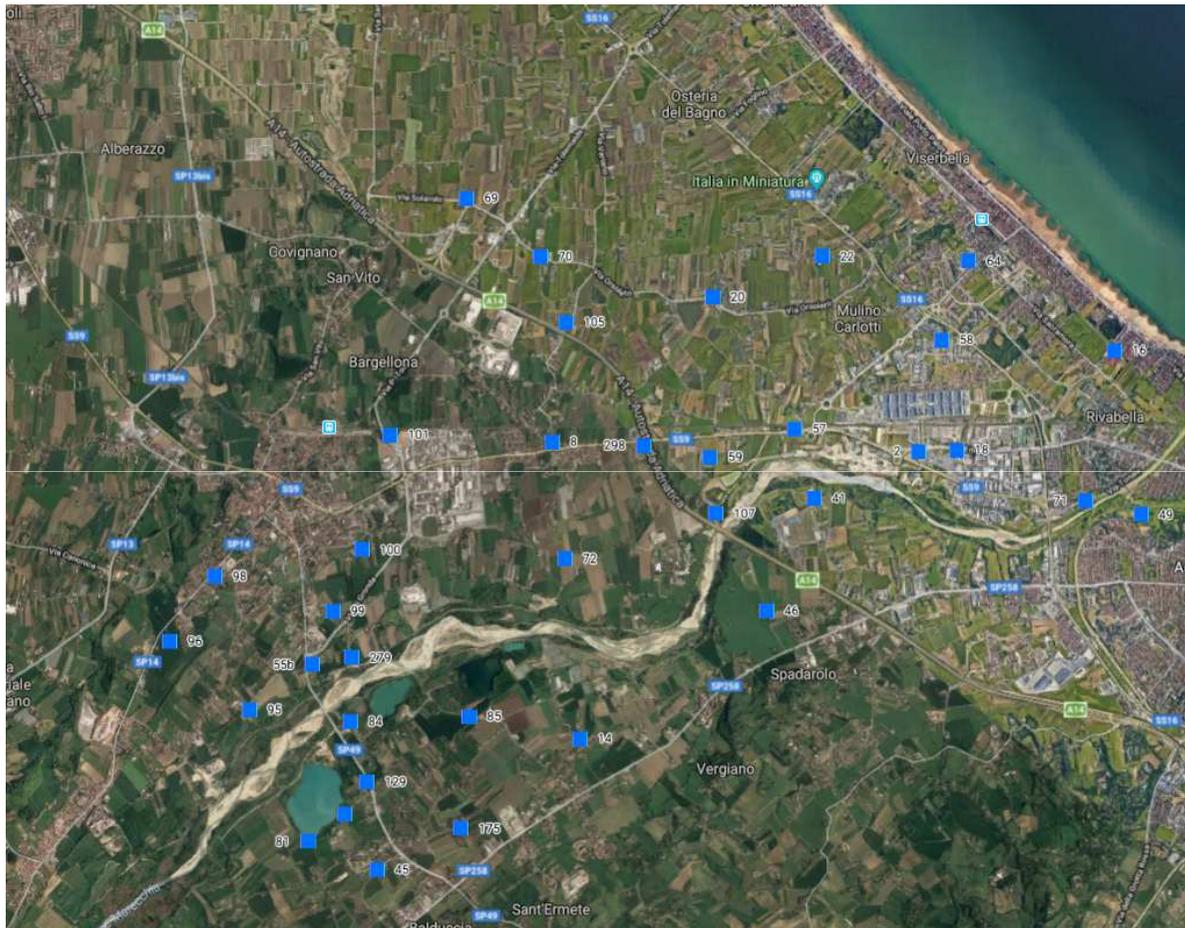
Regione Emilia-Romagna,
Comune di Rimini,

Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna,
Arpae

IL RUOLO DI ARPAE	PRESCRIZIONE VIA	QUADRO DI RIFERIMENTO
Misure piezometriche ed analisi chimiche di laboratorio	Attuazione del sistema di monitoraggio per le acque superficiali e sotterranee in accordo col DM n. 100/2016	Ambientale (3C)
Modellistica matematica di flusso e trasporto	Realizzare un modello matematico di flusso e di trasporto delle acque sotterranee per la quantificazione dell'efficienza della ricarica sulla conoide	Progettuale (2C)

Misure piezometriche rete conoide Marecchia

1. 36 punti di misura di livello piezometrico. Misure dal 2000 come Rete della Provincia di Rimini, dal 2015 a cura di Arpae e SGSS
2. 3 centraline in continuo (2 SGSS, 1 RRM)
3. 4 campagne di misura all'anno. Aumento della frequenza in condizioni particolari (es. siccità 2017)
4. 16 pozzi della Rete Regionale di Monitoraggio di cui 3 centraline in continuo



Pozzi



Piezometri con centralina



Misure piezometriche e di qualità zona laghi

Rete di dettaglio zona laghi



Quantificazione dell'efficienza della ricarica controllata sulla conoide. Perché?

Le acque sotterranee hanno una loro propria dinamica di flusso. L'intervento di ricarica controllata incide su tale dinamica, ma in quale misura?

L'acqua ricaricata artificialmente rimane effettivamente a disposizione all'interno dell'immagazzinamento del sistema?

Situazioni idrogeologiche particolarmente complesse possono incidere sull'efficienza dell'intervento di ricarica controllata.

Nel nostro caso l'interazione falda/lago/fiume può assumere un ruolo rilevante.

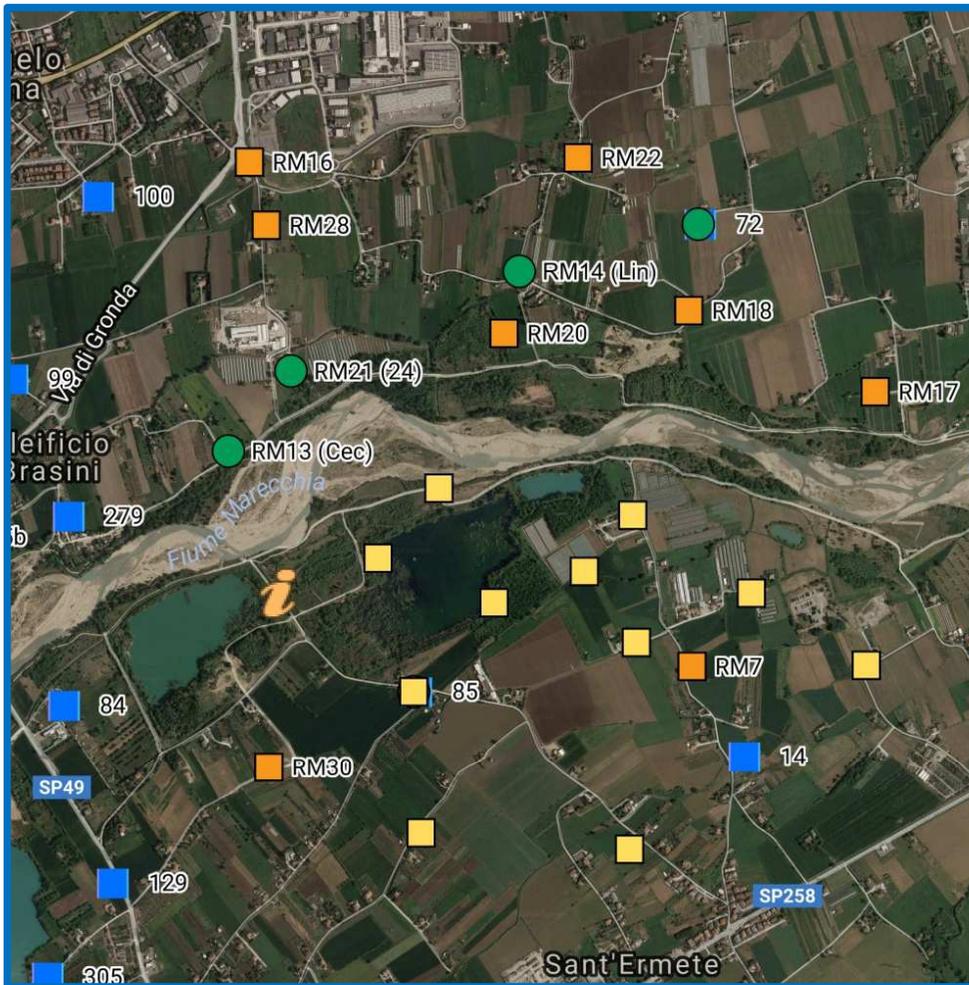
Tutte le possibili valutazioni dipendono da:

Particolari situazioni idrogeologiche della falda

Periodi di disponibilità della risorsa idrica superficiale da poter utilizzare

Perché il ricorso alla modellistica matematica?

MISURE PIEZOMETRICHE



Rappresentazione di
1 situazione

MODELLISTICA MATEMATICA

- Ricostruisce le complesse dinamiche del moto dell'acqua nel sottosuolo in rapporto alla capacità di ricarica del sistema (pioggia, rapporti falda-fiume) ed al suo sfruttamento (prelievi).
- In Output fornisce la distribuzione del carico idraulico ed i bilanci di massa nello spazio e nel tempo.
- In regime transitorio permette la valutazione delle variazioni di immagazzinamento di acqua all'interno del sistema.
- Possibile estensione al fenomeno del trasporto (es. Nitrati)

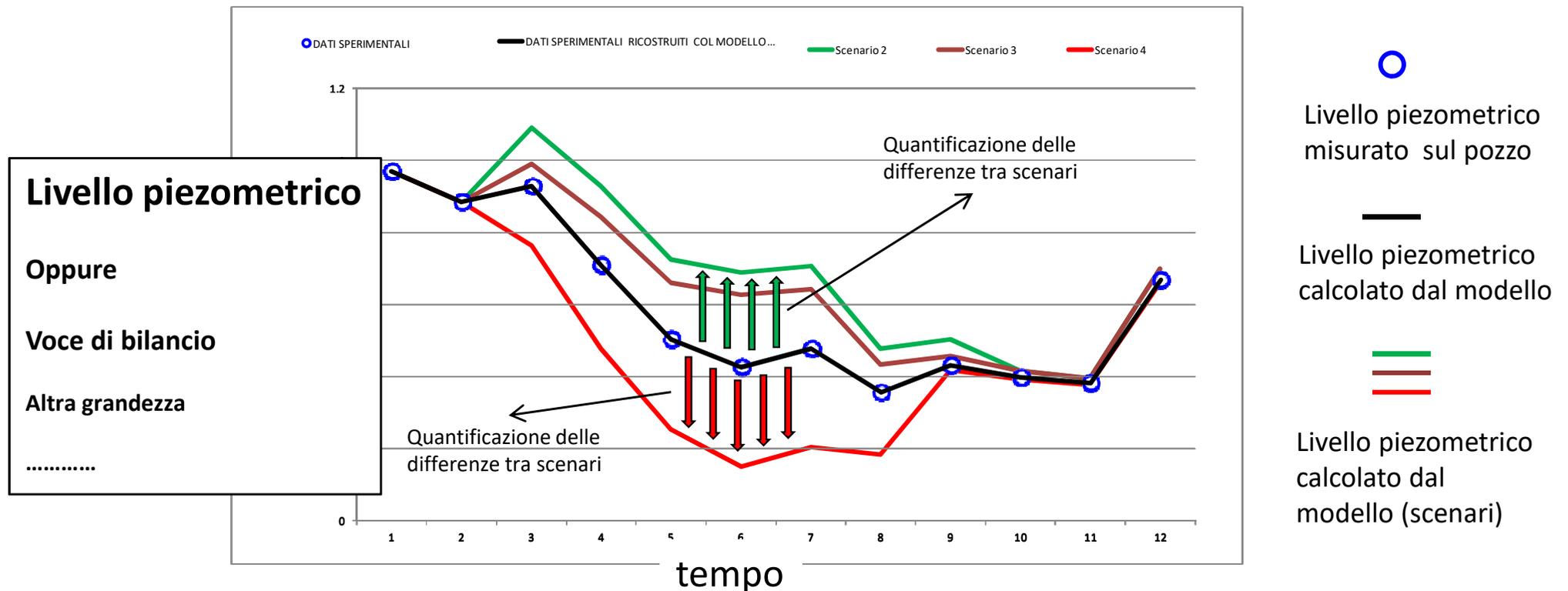
Ricostruzione di più situazioni
e relativi confronti
+
Quantificazioni in termini volumetrici

Simulazioni di scenario dedicate

Elaborazioni del modello numerico

I dati sperimentali si riferiscono all'assetto corrente dell'impianto di ricarica ed il modello numerico è in grado di ricostruire tale assetto

La modellistica permette di ricostruire diverse situazioni attraverso ipotesi di scenario (ad es. variazioni della portata della ricarica controllata)



Modellistica matematica, ... un percorso già avviato

1 **2006** nasce all'interno dello *"Studio della conoide alluvionale del fiume Marecchia: analisi quali-quantitativa a supporto della gestione sostenibile della risorsa idrica"*

2 **2007** primo aggiornamento e "attualizzazione" del modello (collaborazione con Hera Rimini). Supporto alla gestione operativa dei campi pozzi Hera durante il periodo di scarsità idrica dell'estate di quello stesso anno.

3 **2008/2011/2017** aggiornamento continuo a supporto della previsione e gestione delle emergenze idriche per il territorio della Romagna (Gruppo di lavoro siccità)

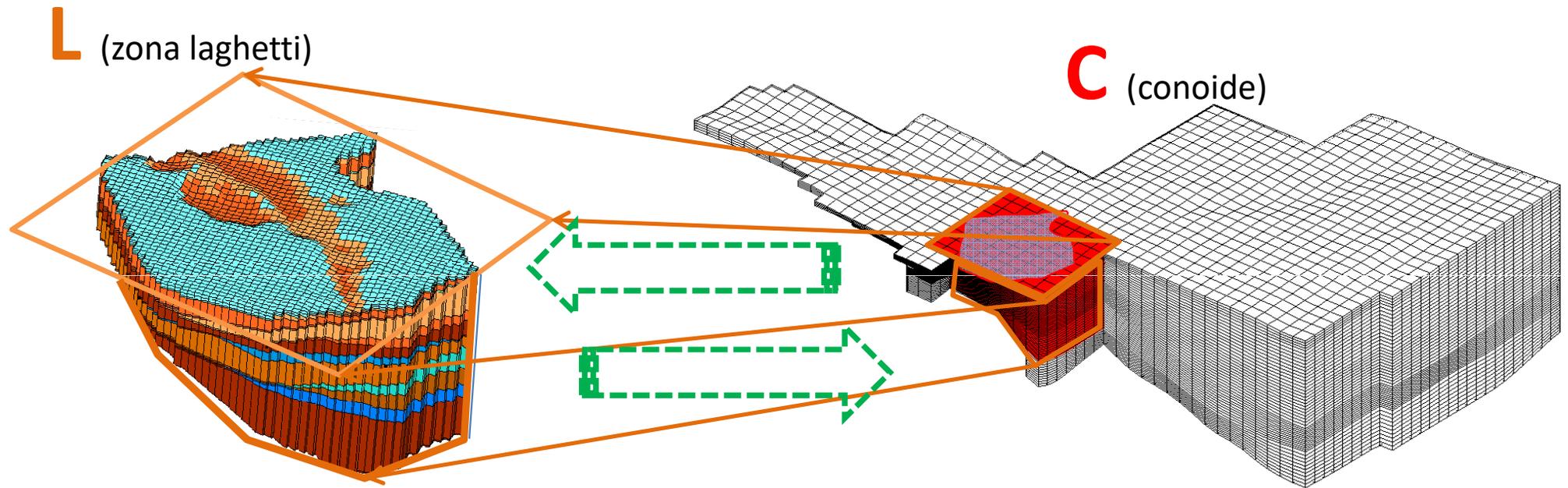
4 **2008** utilizzo per la valutazione degli effetti sulle acque sotterranee di un possibile intervento di ricarica artificiale della falda.

Nel 2014 la Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico e Servizio Tutela e Risanamento risorsa acqua) ha avviato la fase di sperimentazione della ricarica artificiale della conoide del Marecchia dando così continuità al precedente studio di fattibilità.

5 **dal 2015** supporto modellistico alla sperimentazione in atto. Approfondimenti specifici per migliorare la modellazione della dinamica di interazione falda-fiume-lago di ricarica.

6 **2018/19 REALIZZAZIONE DEL MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE PER LA QUANTIFICAZIONE DELL'EFFICIENZA DELLA RICARICA CONTROLLATA SULLA CONOIDE.**

Quindi quale modello, o quali modelli?



MODELLO LOCALE ZONA LAGHETTI

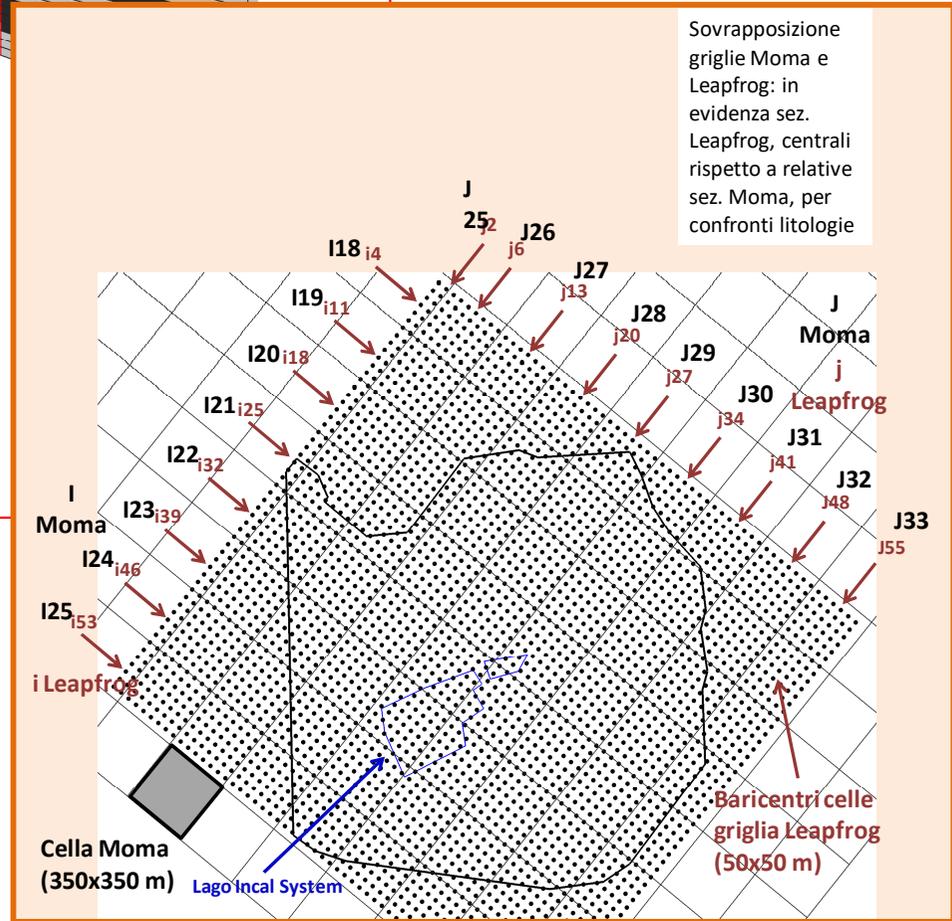
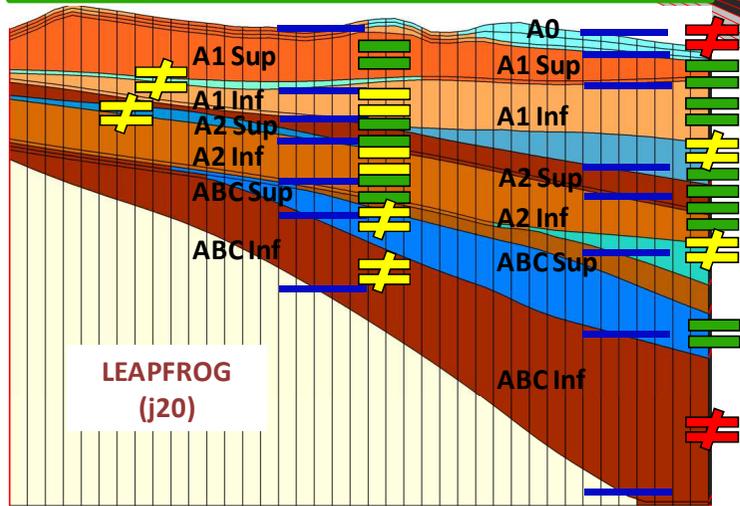
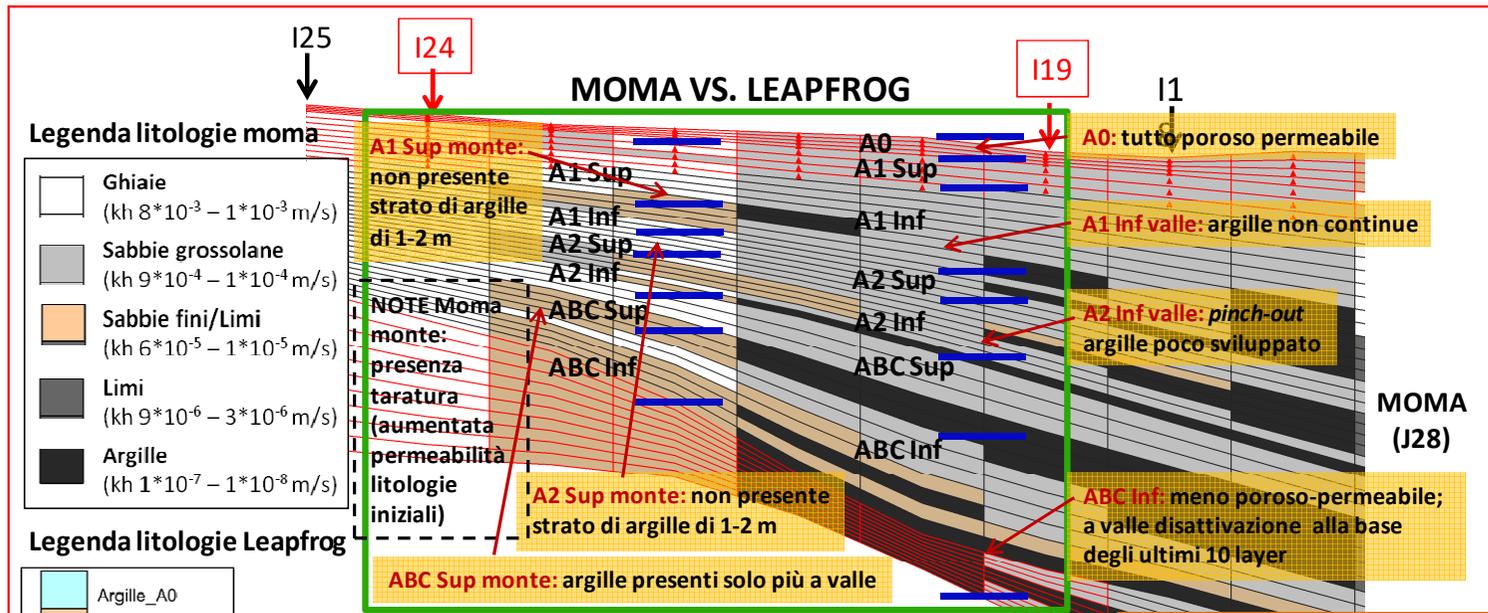
MODELLO CONOIDE DEL MARECCHIA

5 km ²	Estensione	130 km ²
Definibile almeno < 25 m	Discretizzazione spaziale	350 m
dettaglio locale (SGSS, 2016)	Struttura geo/idrogeologica	intera conoide (2006)

IPOTESI DI LAVORO

- 1: introdurre la struttura di dettaglio **L** nel modello più ampio **C**
- 2: implementare un nuovo modello solo su **L**
- 3: realizzare un percorso di tipo *Regional to Local* da **C** a **L** (mantenere i due modelli collegati tra loro - trasferimento delle condizioni al contorno)

Modello Regional to Local ...



.....lavori in corso

Utilizzo del modello a supporto del progetto di ricarica controllata della falda

OBIETTIVO

Valutazione efficienza impianto di ricarica controllata delle falde

miglioramento delle performance specifiche del modello esistente e/o
realizzazione di un modello locale dedicato

PERSEGUIBILE ATTRAVERSO

1. Il continuo aggiornamento dati del modello di flusso delle acque sotterranee;
2. la verifica di dettaglio del comportamento del modello di flusso nella zona dei laghi attraverso le nuove disponibilità di dati del monitoraggio dedicato;
3. **l'utilizzo di un nuovo modulo dedicato per la simulazione specifica della interazione falda-fiume;**
4. **l'utilizzo di un nuovo modulo dedicato per la simulazione specifica della interazione falda-lago;**
5. l'utilizzo del modello attraverso simulazioni di scenario dedicate

ESEMPI.....

Quantificazione dell'efficienza della ricarica controllata sulla conoide. Perché?

Le acque sotterranee hanno una loro propria dinamica di flusso. L'intervento di ricarica controllata incide su tale dinamica, ma in quale misura?

L'acqua ricaricata artificialmente rimane effettivamente a disposizione all'interno dell'immagazzinamento del sistema?

Esempio 1

Situazioni idrogeologiche particolarmente complesse possono incidere sull'efficienza dell'intervento di ricarica controllata.

Nel nostro caso l'interazione falda/lago/fiume può assumere un ruolo rilevante.

Esempio 2

Tutte le possibili valutazioni dipendono da:

Particolari situazioni idrogeologiche della falda

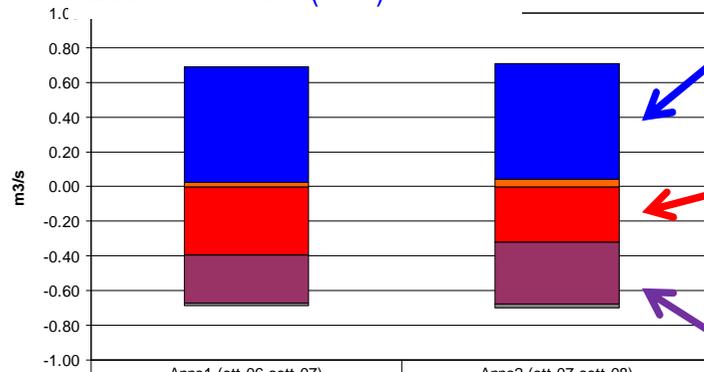
Periodi di disponibilità della risorsa idrica superficiale da poter utilizzare

ESEMPIO 1: Incidenza della ricarica controllata sulla dinamica di flusso della conoide

Caso 1: presenza di ricarica (MAR) da ottobre a maggio per due anni consecutivi. Portata di infiltrazione ipotizzata 1 m³/s.

Caso 0: assenza della ricarica (MAR)

Bilancio annuale (m³/s)



Acqua in ingresso con la ricarica controllata: 0.67 m³/s (da gen a dic)

Variazione immagazzinamenti: 0.36 m³/s (/0.67 m³/s da gen a dic)

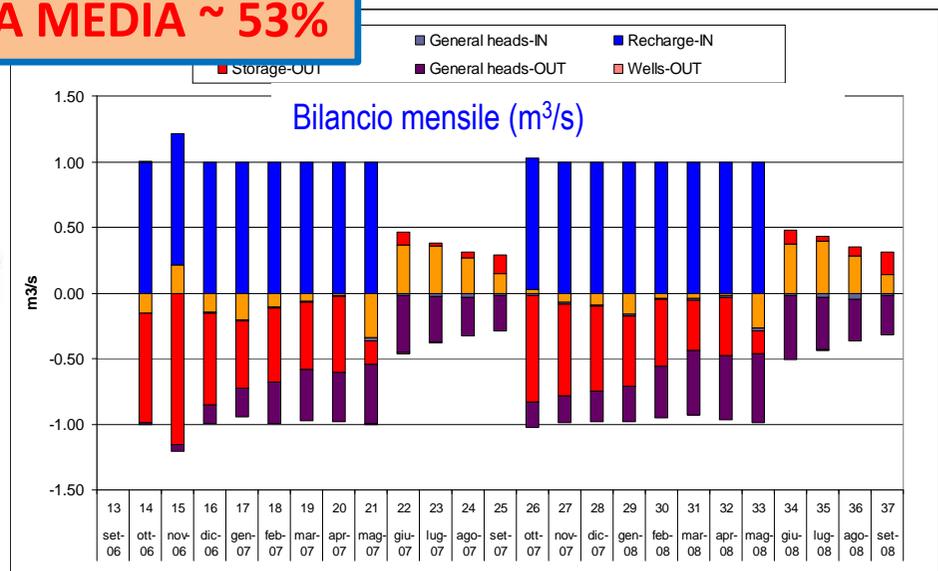
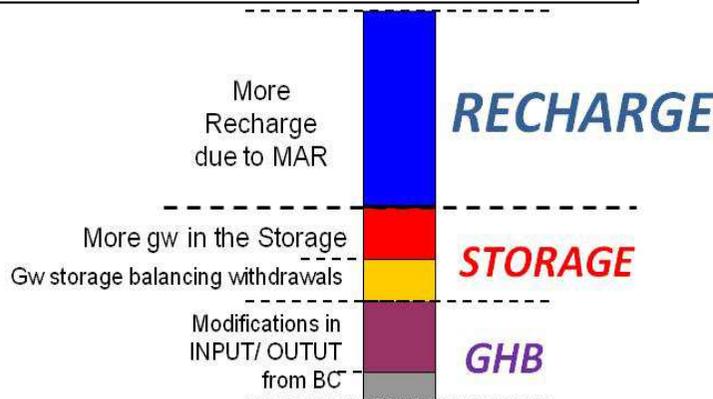
Variazione flussi laterali: 0.32 m³/s (/0.67 m³/s da gen a dic)

	Anno1 (ott-06-sett-07)	Anno2 (ott-07-sett-08)
■ Recharge-IN	0.67	0.67
■ Storage-IN	0.03	0.04
■ General heads-IN	-0.01	
■ Wells-OUT	0.00	
■ General heads-OUT	-0.28	
■ Storage-OUT	-0.39	

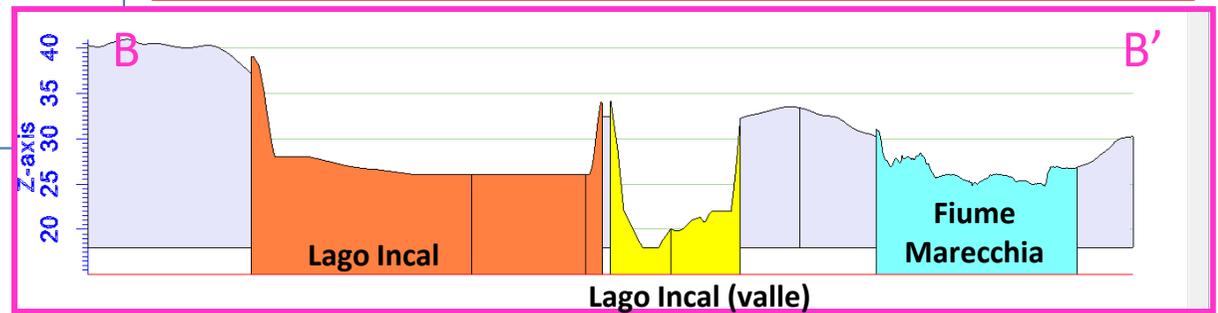
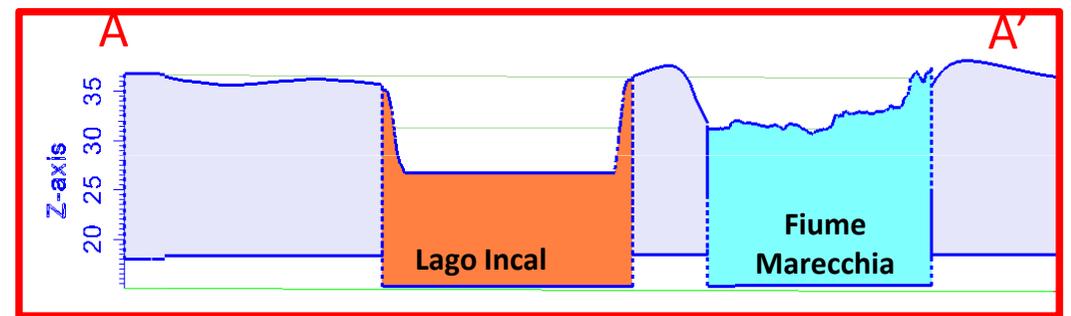
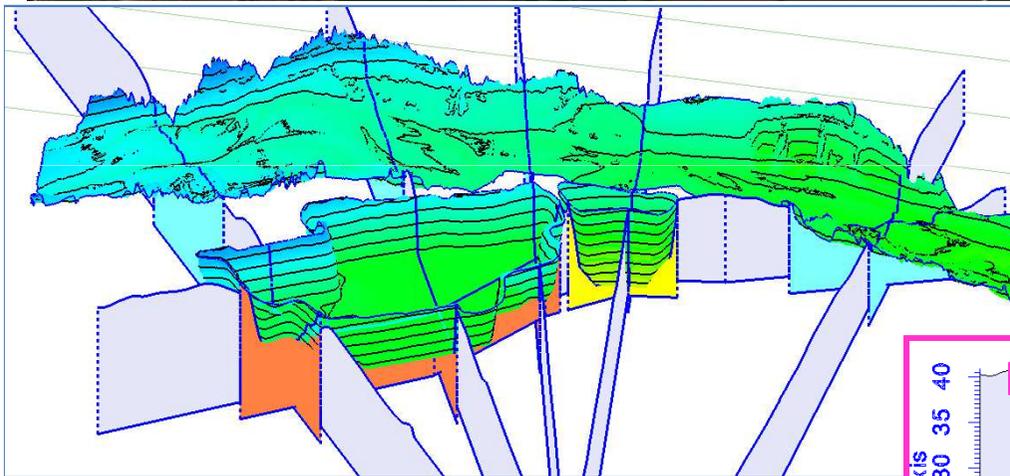
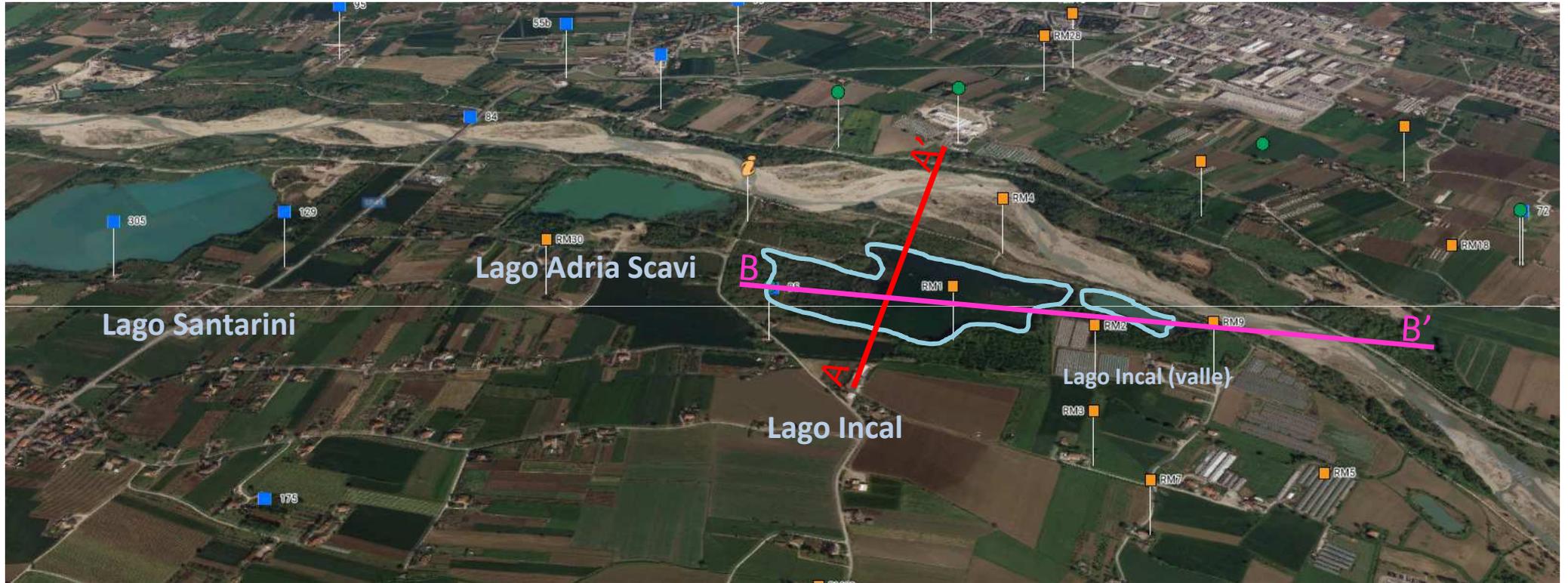
STIMA EFFICIENZA MEDIA ~ 53%

Periodo di riferimento: anni 2007-2008

LEGENDA

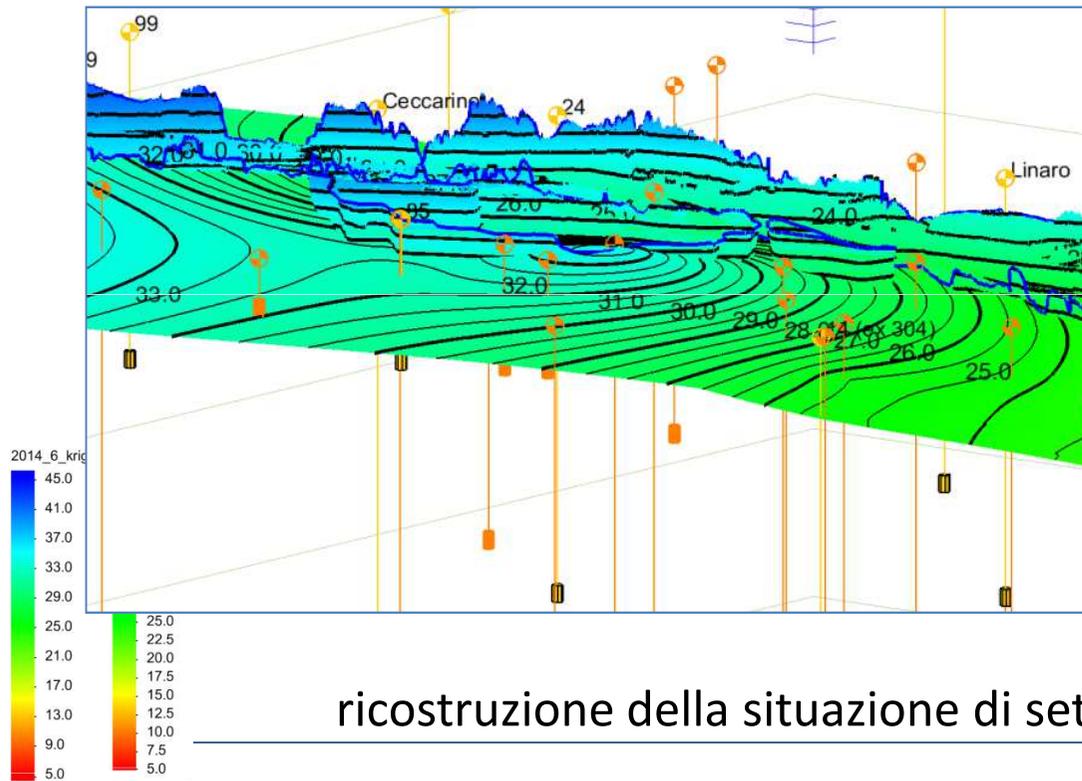


ESEMPIO 2: Interazione falda-lago-fiume

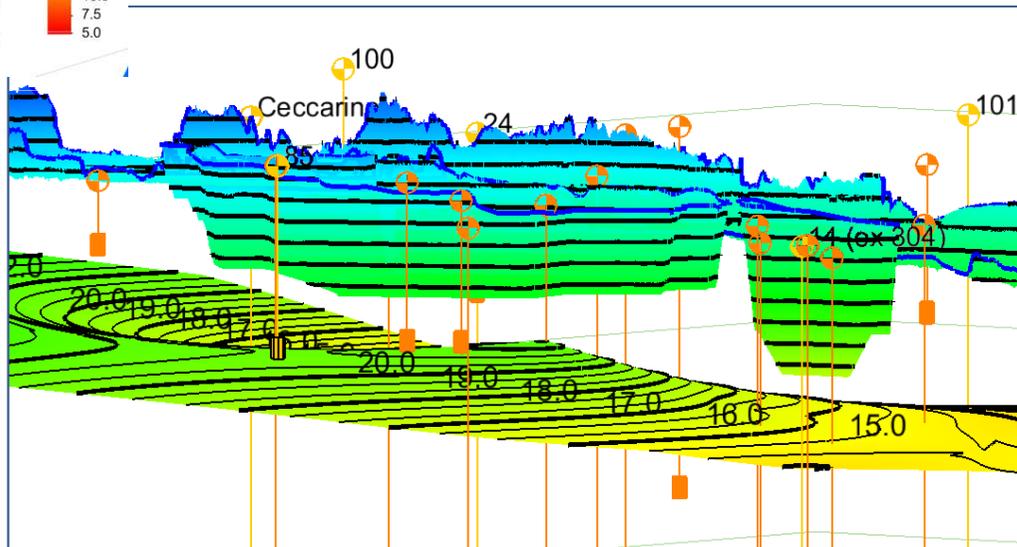


Interazione falda-lago-fiume

ricostruzione della situazione di giugno 2014 – **alto piezometrico**



ricostruzione della situazione di settembre 2017 – **basso piezometrico**

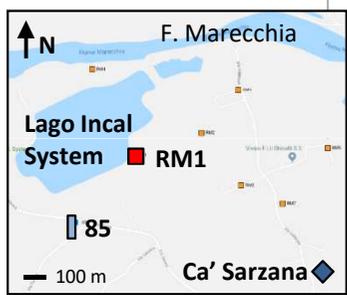
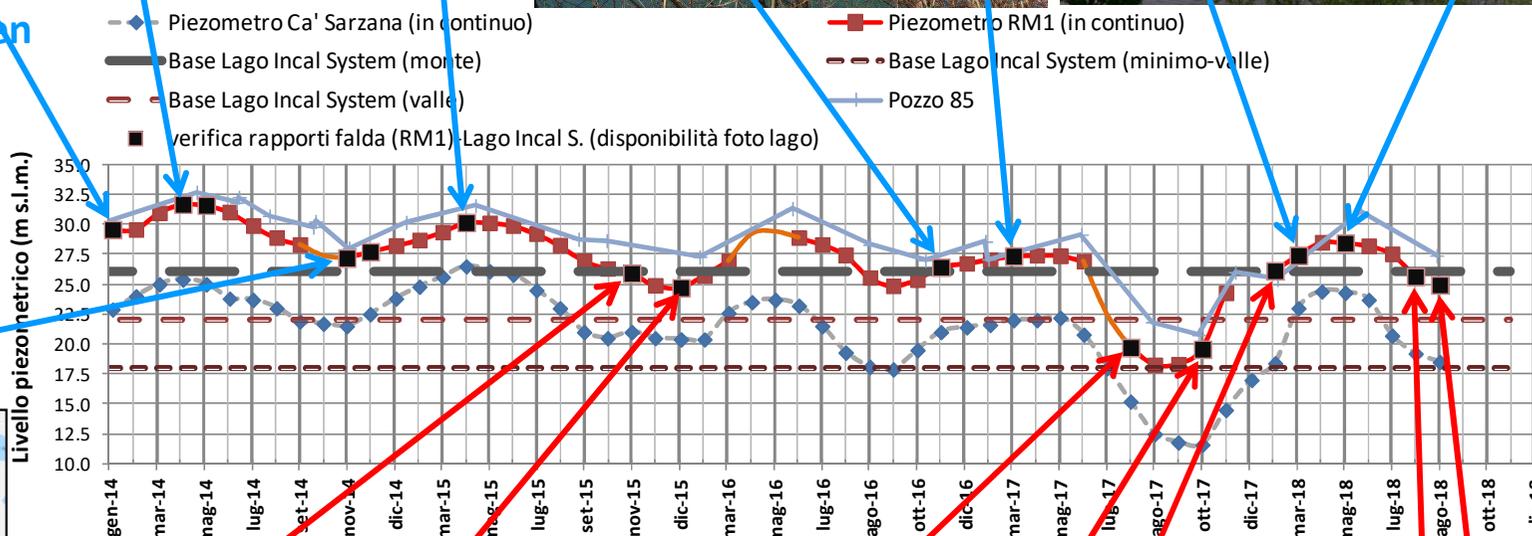


ESEMPIO 2: Interazione falda-lago

Foto SGSS e Foto ARPAE



casi lago con falda ben affiorante



casi lago secco

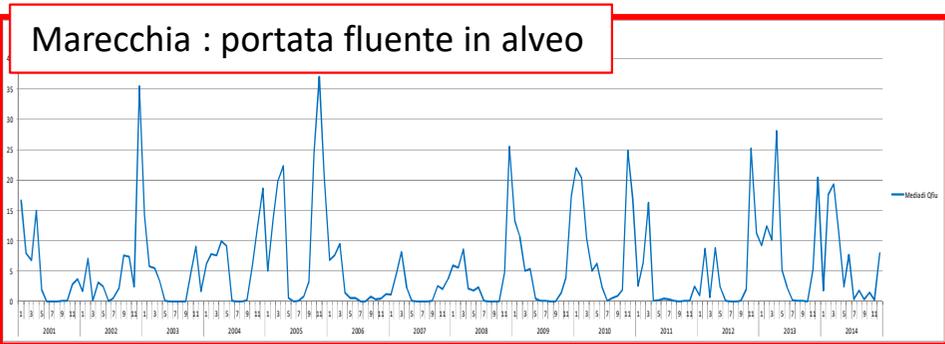
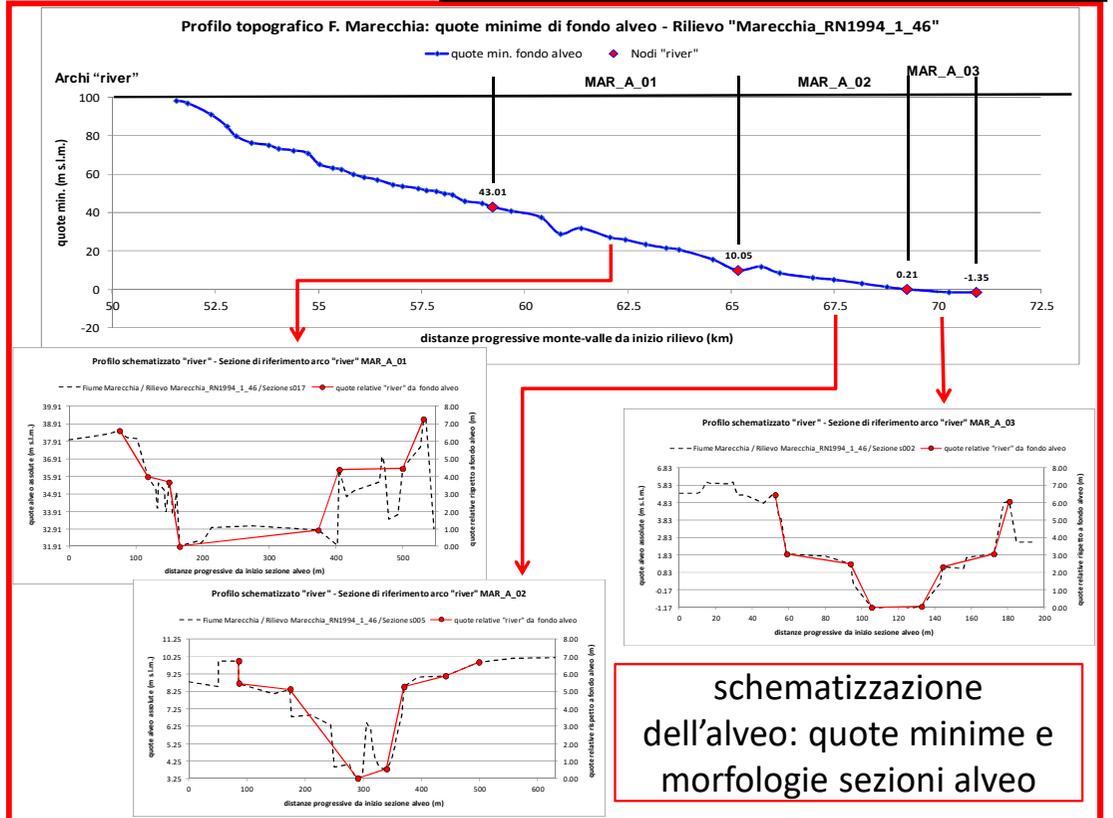
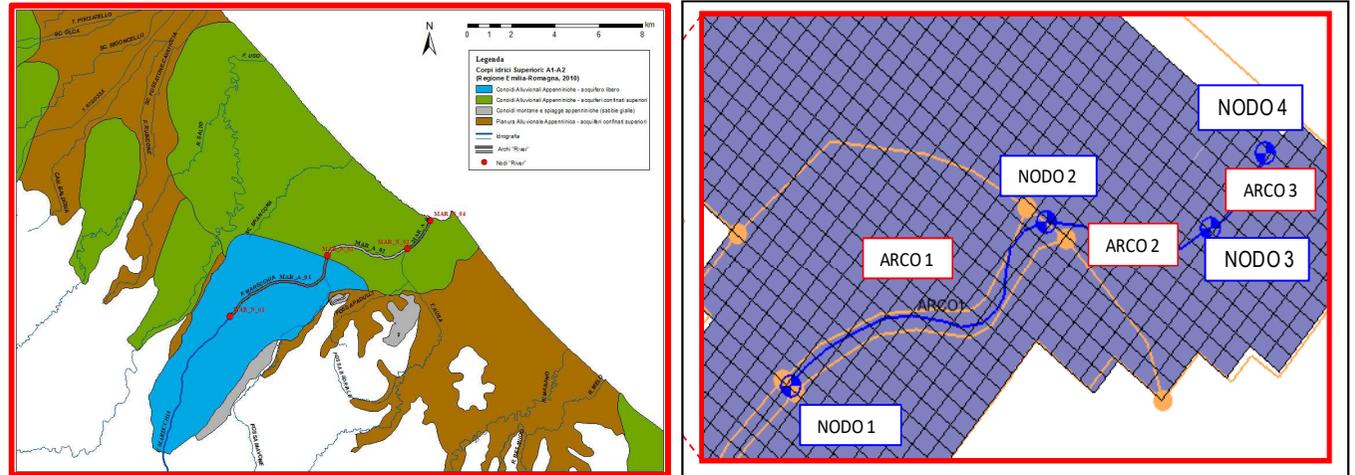


Utilizzo di un nuovo modulo dedicato per la simulazione specifica della interazione falda-fiume

Modellazione esplicita dell'interazione falda-fiume : **Modflow SFR2, (Stream-flow routing package)**

Il modulo SFR2 tiene conto della portata fluente in alveo, di eventuali apporti e/o diversioni (split) e della direzione del flusso

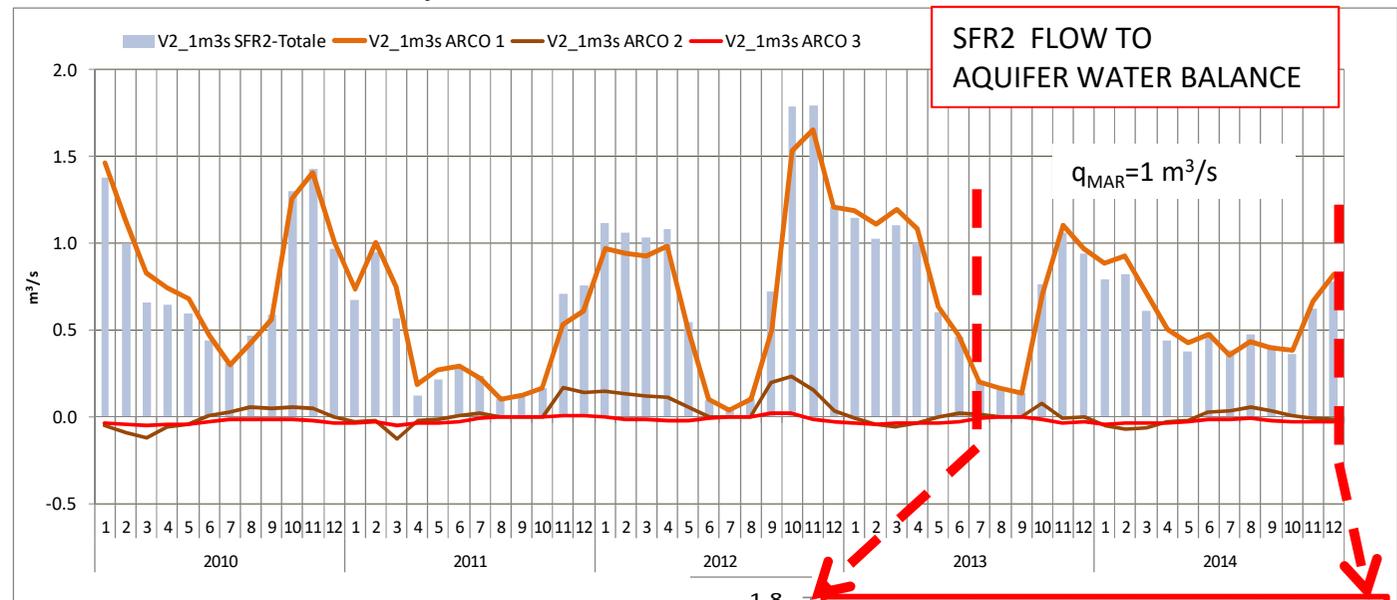
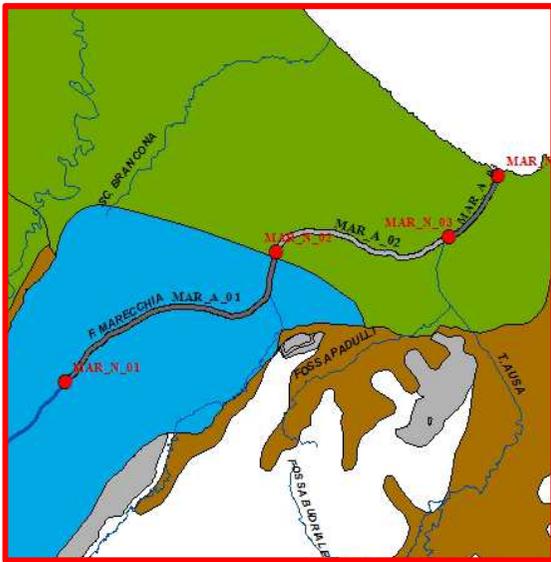
Il tirante idraulico è calcolato a partire dalla portata fluente in alveo ed in funzione della morfologia dell'alveo (perimetro bagnato)



schematizzazione dell'alveo: quote minime e morfologie sezioni alveo

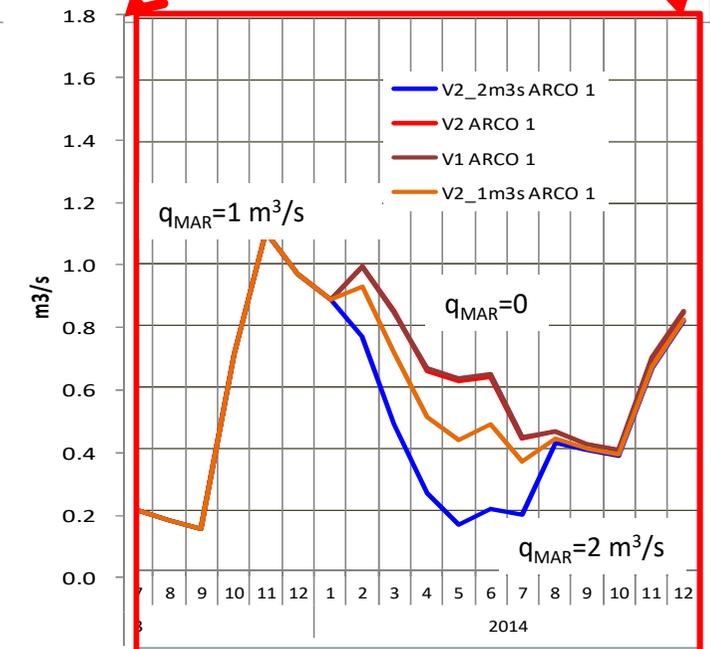
Risultati: analisi del comportamento del fiume al variare della portata di ricarica controllata della falda

Analisi del bilancio del modulo SFR2: ricarica operata dai diversi tratti del fiume.



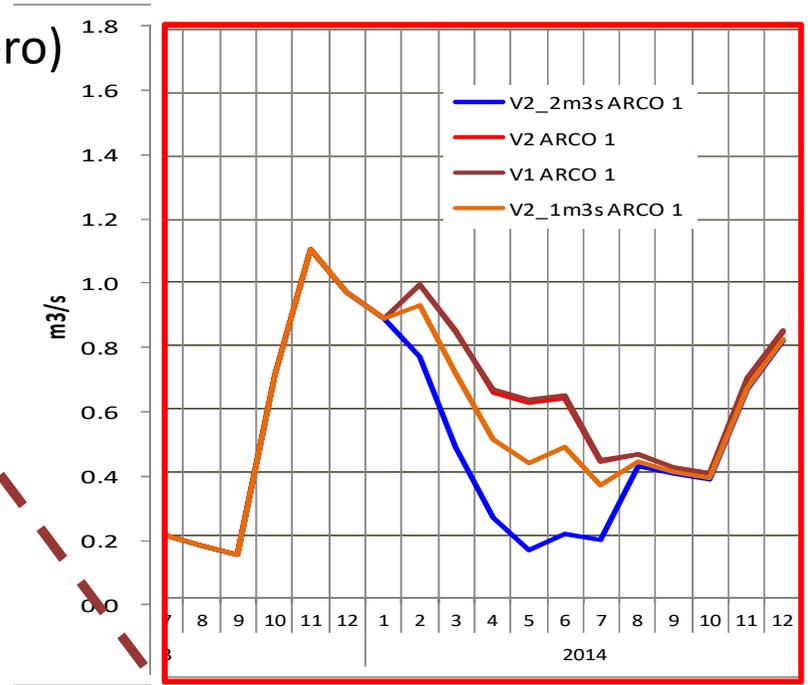
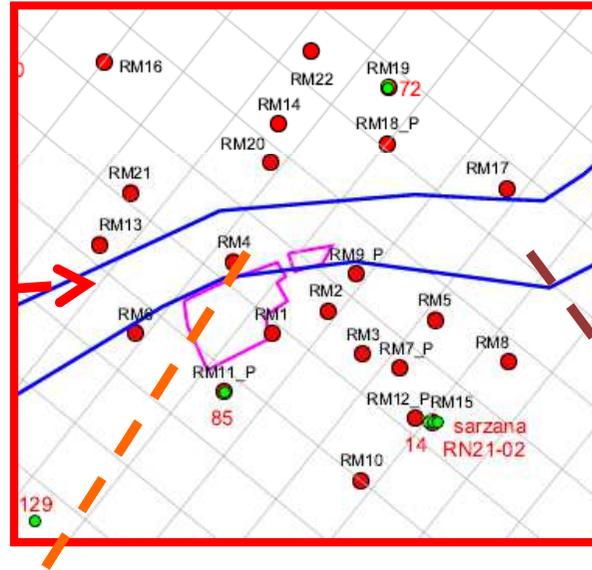
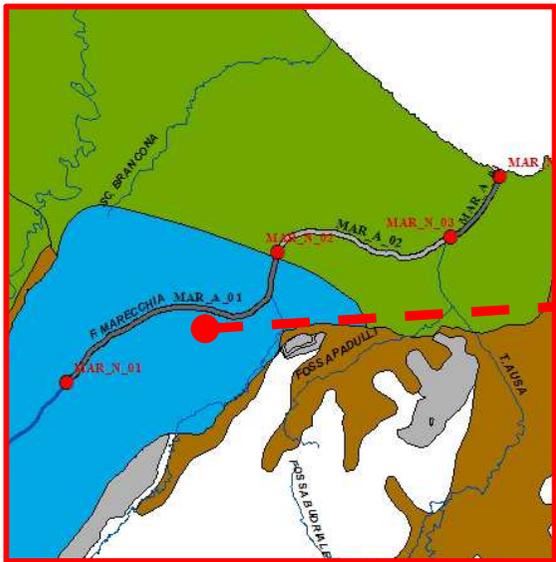
Incidenza di una diversa ricarica controllata operata dal lago sulla ricarica naturale operata dal fiume

- Analisi di dettaglio del bilancio dell'arco 1 (acquifero libero)
- Al crescere della portata di alimentazione del lago cala l'alimentazione operata dal fiume
- Valutazione valida per lo specifico contesto idrogeologico (anno 2014)
- L'analisi può essere ulteriormente sviluppata

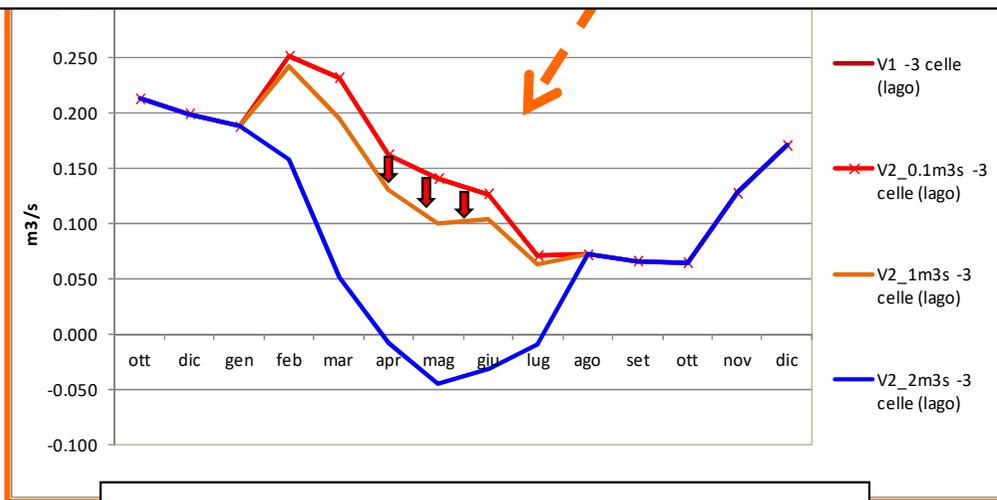


Risultati: analisi del comportamento del fiume al variare della portata di ricarica controllata della falda

Analisi di dettaglio del bilancio dell'arco 1 (acquifero libero)

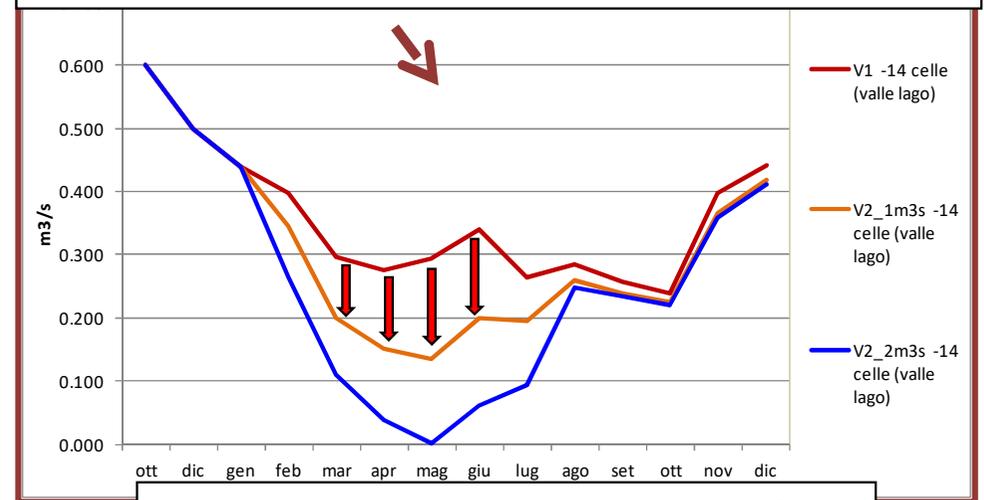


Ricarica operata dal fiume nel tratto in prossimità del lago



Celle del fiume adiacenti al lago (3/22)

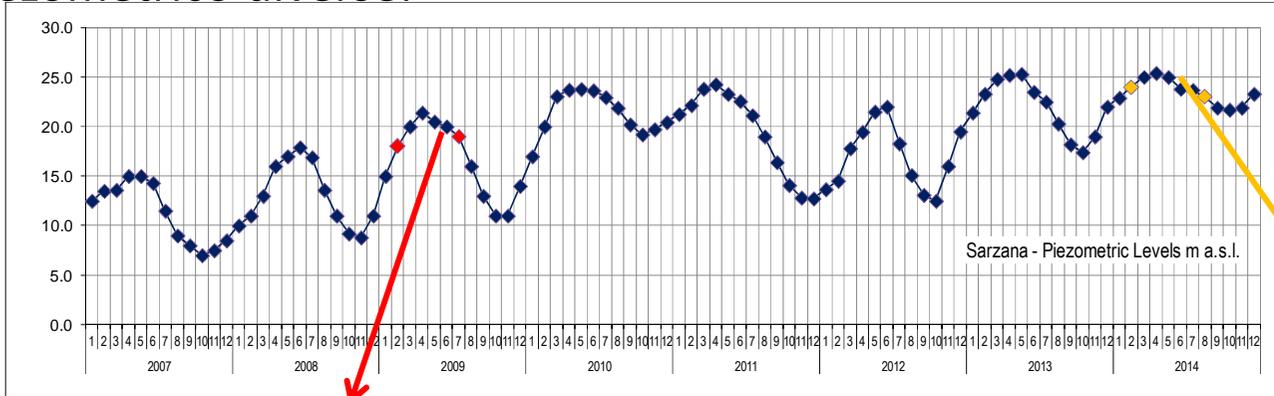
Ricarica operata dal fiume nel tratto a valle del lago



Celle del fiume a valle del lago (14/22)

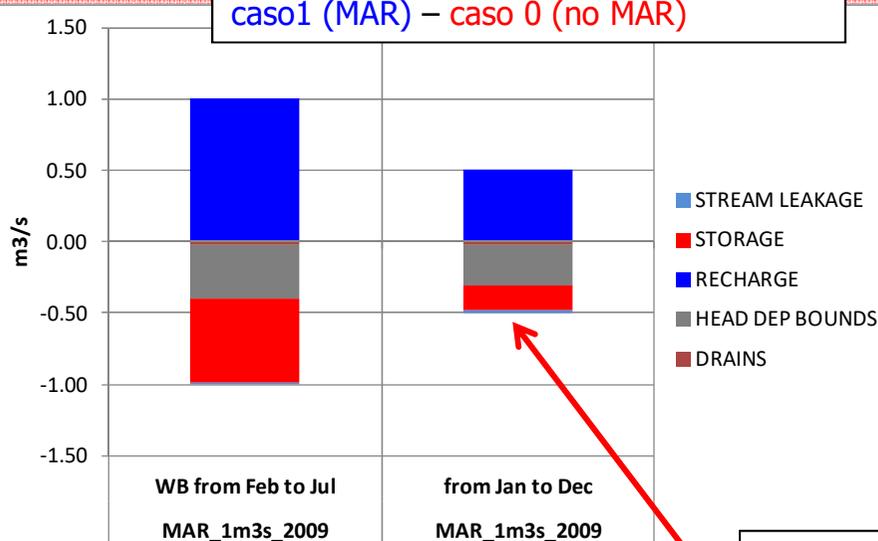
Risultati: esempio di MAR in condizioni diverse di altezza della falda

Confronto tra due simulazioni di scenario in due situazioni di alto piezometrico diverse:



MAR attiva (piezometria relativamente bassa)

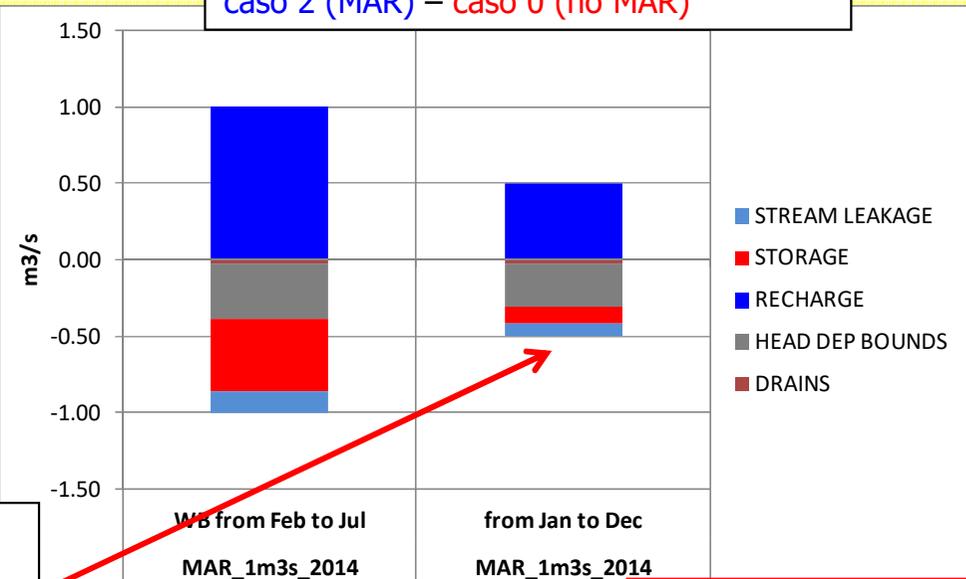
caso1 (MAR) – caso 0 (no MAR)



EFFICIENZA ~ 35%

MAR attiva (piezometria relativamente alta)

caso 2 (MAR) – caso 0 (no MAR)



EFFICIENZA ~ 23%

Effetti sul SFR2 water budget

Utilizzo di un nuovo modulo dedicato per la simulazione specifica della interazione falda-Lago

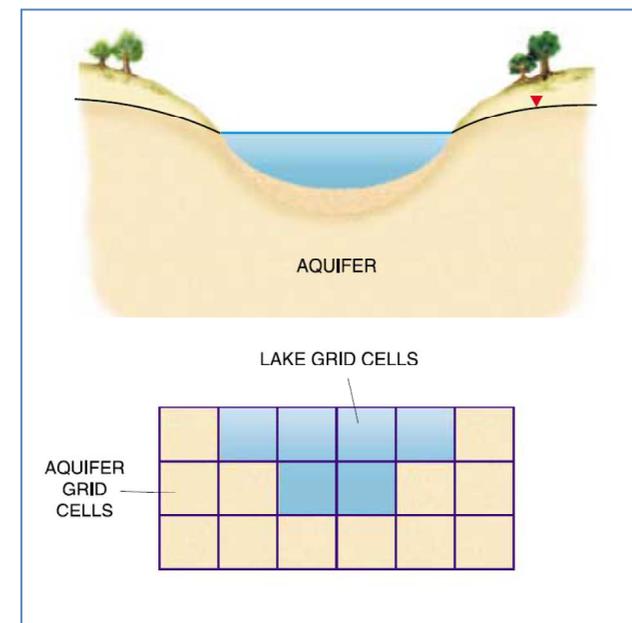
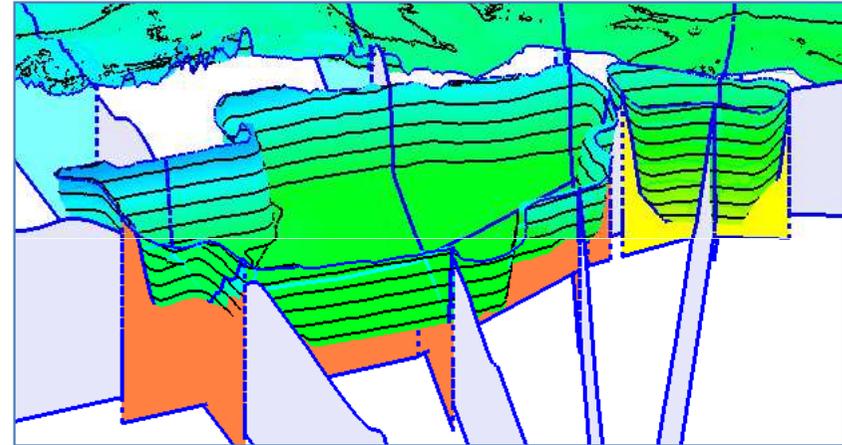
Modellazione esplicita dell'interazione falda-lago Inca: **Modflow LAKE**

Il modulo LAKE tiene conto del volume dell'acqua all'interno del lago, della sua morfologia e di eventuali apporti e/o sottrazioni.

Il livello dell'acqua nel lago è calcolato a partire dal volume invasato e dalla morfologia del lago.

Necessità di mantenere una diversa permeabilità fondo lago/sponde.

Necessità di adeguamento del modello rispetto ai lavori di risistemazione del fondo del lago.



Conclusioni

- ❑ Sin dalla prime fasi dello studio di fattibilità la modellistica matematica ha supportato il progetto sulla ricarica controllata della Conoide del Marecchia e successivamente ne ha affiancato la fase di sperimentazione;
- ❑ Oggi si appresta ad ulteriori approfondimenti e implementazioni di dettaglio per meglio seguire le particolari dinamiche locali nella zona dei laghetti sede del progetto di ricarica controllata della falda;
- ❑ Occorre aggiornare/verificare in maniera continua i modelli numerici e mantenere attivo il processo di acquisizione dei dati che ne determinano il funzionamento: livelli piezometrici, prelievi e ricariche;
- ❑ L'utilizzo delle simulazioni di scenario permette di confrontare i livelli piezometrici e i dati del bilancio tra situazioni differenti (situazione in atto, scenari in ipotesi);
- ❑ La valutazione **dell'efficienza dell'impianto di ricarica controllata** è perseguibile attraverso l'elaborazione dei risultati delle simulazioni così ottenute;
- ❑ Sforzi devono essere dedicati alla comunicazione dei risultati in maniera semplice ed efficace;
- ❑ Il modello matematico può infine proporsi come supporto anche nelle fasi di gestione dell'impianto di ricarica.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



LIFE REWAT cofinanziato da :