

# LA MODELLISTICA PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE IDRICHE

LA MODELLISTICA MATEMATICA PER LE ACQUE SOTTERRANEE HA AVUTO NEGLI ULTIMI ANNI UN FORTE IMPULSO ANCHE NELL'UTILIZZO APPLICATIVO E OPERATIVO. CIÒ LA RENDE UN VALIDO STRUMENTO DI VALUTAZIONE DELLO STATO QUANTITATIVO DELLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA E UN ADEGUATO SUPPORTO ALLE AZIONI DI GESTIONE E PIANIFICAZIONE.

La modellistica matematica applicata al flusso delle acque sotterranee porta a sistema e rende funzionali tutte le informazioni che governano e descrivono il comportamento di un sistema idrogeologico. Il modello ricostruisce quindi, in un rapporto di causa-effetto, la complessa dinamica del moto delle acque sotterranee. L'esperienza condotta da Arpa Emilia-Romagna ha portato a un utilizzo operativo del modello per valutare l'evoluzione quantitativa dello stato della risorsa idrica sotterranea. L'esempio riportato riguarda il territorio della Romagna, il cui fabbisogno idropotabile (dell'ordine dei 100 milioni di m<sup>3</sup> annui) è soddisfatto da una forte integrazione tra prelievi da fonti superficiali e sotterranee (Romagna Acque, 2012). Tra queste ultime il contributo rilevante (mediamente oltre i 24 milioni di m<sup>3</sup>, dato 2003-2007) è fornito dalla conoide alluvionale del fiume Marecchia. La riconosciuta importanza strategica di questa risorsa per il territorio, ha promosso la realizzazione di uno studio, condiviso tra i vari enti preposti alla pianificazione e gestione delle acque, che si ponesse come adeguato supporto all'uso sostenibile di tale risorsa. È proprio nell'ambito di questo studio che nel 2006 nasce il modello di flusso delle acque sotterranee della conoide del Marecchia, il cui ripetuto utilizzo negli anni successivi ha portato oggi alla definizione della metodologia di analisi di seguito descritta.

## Il contesto territoriale

La figura 1 riporta la delimitazione del territorio della Romagna (province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini) unitamente all'ubicazione delle principali fonti di approvvigionamento idropotabile. Le fonti sotterranee fanno riferimento alle conoidi riminesi e a quelle forlivesi-cesenati. Per le fonti superficiali il

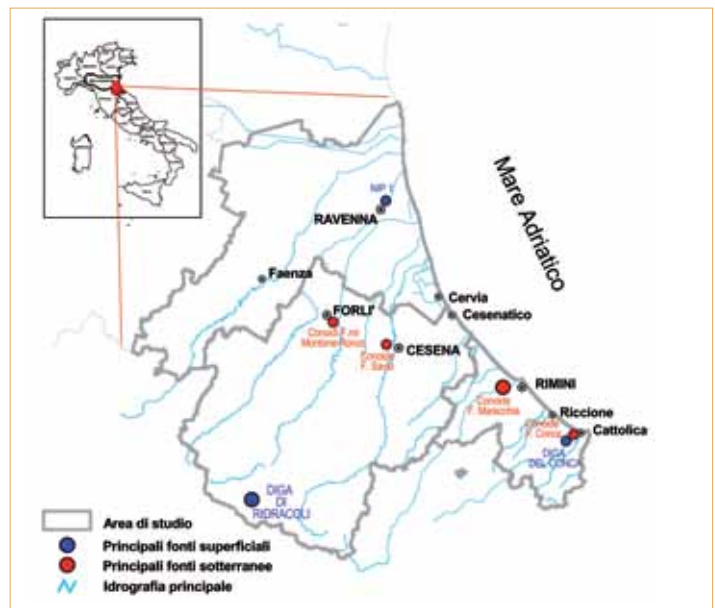


FIG. 1  
ACQUE SOTTERRANEE

Principali fonti di approvvigionamento idropotabile del territorio romagnolo.



contributo principale è a carico della diga di Ridracoli (volume d'invaso 33 milioni di m<sup>3</sup>), seguito dall'impianto di potabilizzazione NIP 1 (a nord di Ravenna), e infine dall'invaso del Conca (1,5 milioni di m<sup>3</sup>). In figura 2 è riportata la ripartizione dei consumi acquedottistici della Romagna, suddivisi per fonte. L'analisi dei dati evidenzia che particolari condizioni siccitose (2003, 2007 e 2011) possono portare a una maggior richiesta di prelievo di acque dal sottosuolo. Ciò può risultare particolarmente critico nell'imminenza della stagione estiva, storicamente caratterizzata da un forte aumento della richiesta idropotabile dell'intero territorio.

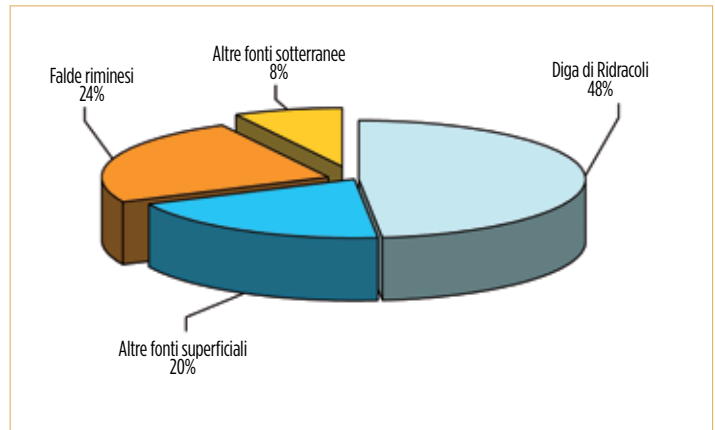
### Metodologia di analisi

La metodologia di valutazione dello stato quantitativo della risorsa idrica sotterranea della conoide del Marecchia è basata sulla realizzazione di aggiornamenti periodici del modello numerico e di simulazioni di scenario e/o previsionali per la valutazione dello

FIG. 2  
ACQUE SOTTERRANEE

Consumi acquedottistici della Romagna, dato medio 2003-2007.

Fonte: Hera Rimini.



stato corrente e dello stato previsto della risorsa idrica sotterranea. La periodicità nel ciclo di aggiornamento del modello agisce sui due livelli schematizzati in figura 3:  
 1. il livello superiore con ciclicità annuale, nell'esempio coincidente con l'anno solare 2011, prevede prima l'aggiornamento del modello fino al termine dell'anno precedente (fine dicembre 2010) e poi la costruzione di simulazioni di scenario per i dodici mesi successivi (scenari di riferimento)

2. il livello inferiore, interno al precedente, prevede invece ripetuti aggiornamenti del modello nell'anno in corso (nell'esempio coincidente con il mese di maggio 2011) e la costruzione di simulazioni previsionali per i 3 mesi successivi (scenari previsionali). Gli scenari di riferimento sono regolati da 6 diverse combinazioni di ricariche e prelievi. Le ricariche corrispondenti ai principali percentili dell'analisi storica dei dati pluviometrici 1971-2000 (percentile

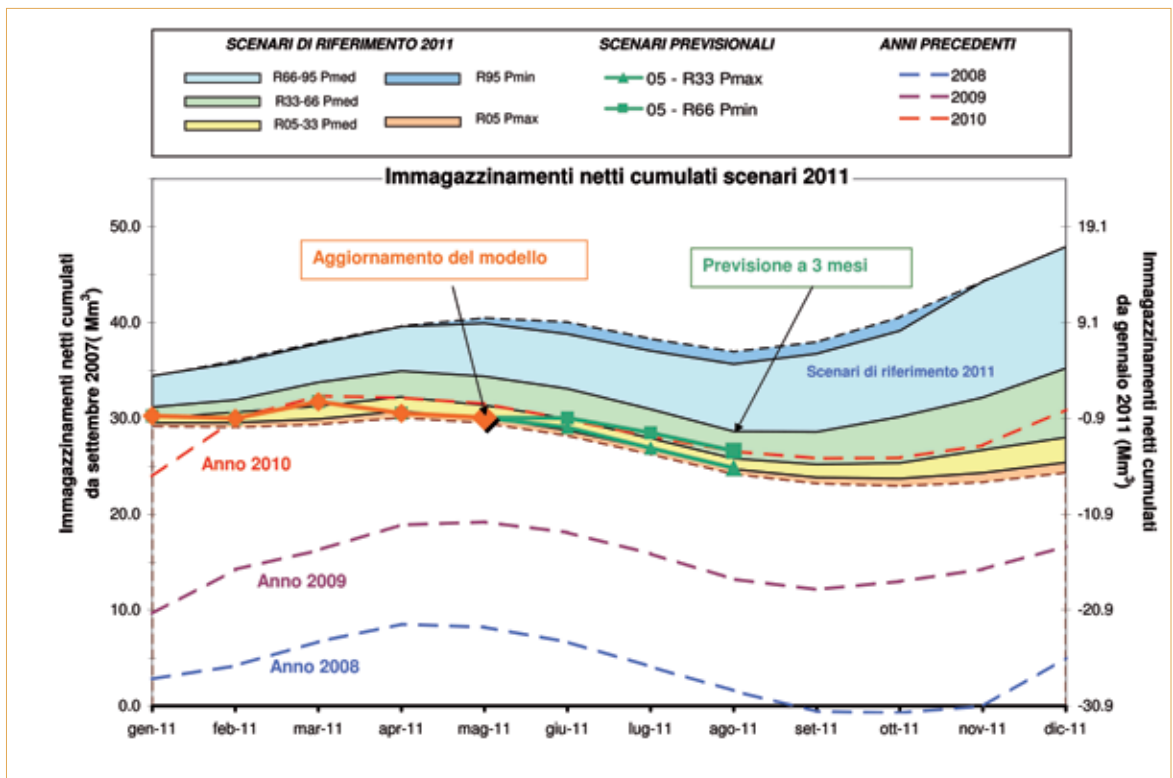
FIG. 3  
ACQUE SOTTERRANEE

Esempio di esecuzione di un ciclo di aggiornamento periodico del modello e relativa simulazione di scenario.

2010					2011											
set	ott	nov	dic		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
					Simulazioni di scenario 12 mesi 2011											
					gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago				
Aggiornamento del modello					Aggiornamento del modello						Simulazione/previsione					

FIG. 4  
ACQUE SOTTERRANEE

Valutazione dello stato quantitativo della risorsa idrica sotterranea mediante analisi del bilancio idrogeologico da modello matematico. Valutazione degli immagazzinamenti netti (milioni di m<sup>3</sup>).



5°, 33°, 66°, 95°) vengono associate a un prelievo medio, a formare i 4 *scenari centrali*. Gli altri 2 *scenari estremi* sono ottenuti associando un prelievo minimo e massimo rispettivamente alle situazioni meteorologiche più o meno favorevoli (95° e 5° percentile). I prelievi minimi, medi e massimi sono individuati sulla base dei dati disponibili per l'ultimo decennio. Gli scenari previsionali a 3 mesi sono elaborati sulla base delle previsioni meteorologiche stagionali mensilmente prodotte dal Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpa Emilia-Romagna (Pavan et al. 2008), individuando il range di precipitazione più probabile e associando ai relativi estremi i due livelli di prelievo minimo e massimo.

## Indicatore sintetico e risultati

Tutti gli output generati dal modello numerico devono essere portati a sintesi generando così un *indicatore sintetico* dello stato quantitativo della risorsa idrica sotterranea.

A tal fine viene utilizzato il bilancio idrogeologico calcolato dal modello, e in particolare i quantitativi di acqua che il bilancio assegna in ingresso o in uscita in corrispondenza degli innalzamenti o abbassamenti dei livelli piezometrici (*storage*) e che rappresentano la variazione del volume di risorsa immagazzinata all'interno del sistema. L'analisi dello *storage* è condotta in termini cumulativi e a partire da un istante di riferimento assunto in corrispondenza del minimo piezometrico dell'anno 2007 (*emergenza idrica*). Viene così quantificata una grandezza, l'*immagazzinamento netto*, che valuta direttamente la maggiore o minore presenza di risorsa idrica sotterranea all'interno del sistema rispetto alla situazione critica di riferimento e rispetto alla quale ne viene misurata la distanza. Gli immagazzinamenti netti calcolati per tutte le simulazioni effettuate con



il modello numerico, sono riportati nella *figura 4*. Per ogni punto del grafico l'asse di sinistra misura il volume di risorsa disponibile rispetto al minimo di riferimento (settembre 2007), l'asse di destra la parte di questa riferibile al solo anno in corso (2011).

Le 5 bande colorate centrali che si sviluppano per tutti i 12 mesi dell'anno rappresentano le soluzioni delle simulazioni di riferimento introdotte al precedente punto 1. Queste costituiscono una griglia di riferimento cui rapportare via via i risultati dell'aggiornamento del modello (curva in arancione, nell'esempio aggiornamento di maggio 2011), sia quelli degli scenari previsionali descritti al precedente punto 2 (curve in verde, nell'esempio per i successivi 3 mesi, da giugno ad agosto). In tal modo un'immediata valutazione dello stato corrente e/o previsto della risorsa idrica sotterranea può essere effettuata sia in termini assoluti (immagazzinamento netto) sia in termini relativi per confronto con gli scenari di riferimento o con la situazione relativa agli anni precedenti. La particolare efficacia del metodo appena descritto risiede nel fatto che il ciclo di aggiornamento/simulazioni può essere ripetuto nel tempo (Chahoud et

al. 2012) e che ogni volta lo stato della risorsa idrica sotterranea descritto può essere considerato rappresentativo della situazione effettivamente in atto. Tutto ciò rende il modello matematico delle acque sotterranee un vero e proprio strumento operativo a supporto della previsione e gestione di una emergenza idrica (Chahoud et al. 2012b).

## Conclusioni

L'esempio di applicazione della modellistica matematica delle acque sotterranee appena descritto, mette in evidenza come questa possa essere utilizzata, in maniera sistematica e strutturata, per la valutazione della disponibilità nel tempo della risorsa idrica sotterranea e della sua possibile evoluzione.

L'esempio proposto riguarda la conoide del Marecchia, i cui acquiferi sono mantenuti costantemente sotto controllo sia dal monitoraggio piezometrico, sia dal modello numerico che viene costantemente aggiornato. La metodologia presentata può essere di supporto tecnico-decisionale per i vari enti nel perseguimento dei propri obiettivi di prevenzione e gestione di una emergenza idrica. Gli ambiti applicativi dei modelli possono comunque essere anche altri, dalla progettazione alla pianificazione e gestione ordinaria della risorsa, adattando al caso specifico la metodologia di analisi. In ogni caso è sempre fondamentale rendere sintetici ed efficaci i risultati costituenti l'output del modello numerico.

**Andrea Chahoud, Luca Gelati,  
Giacomo Zaccanti**

Arpa Emilia-Romagna

## BIBLIOGRAFIA

- Pavan V., Grazzini F. & Cacciamani C. (2008), *Scarsità idrica e siccità verso previsioni meteo stagionali*. Arpa Rivista 6/08.
- Romagna Acque (2012), <http://www.romagnacque.it> (ultimo accesso 18/10/2012)
- Chahoud A., Gelati L., Zaccanti G. (2012), *Groundwater Modelling Application: an Operating Tool in Groundwater Resource Evaluation*. Proc. of FLOWPATH 2012, Percorsi di idrogeologia. Bologna, 20-22 giugno 2012.
- Chahoud A., Di Lorenzo M., Grazzini F., Zaccanti G. (2012b), *Numerical Modelling Tools for Water Crisis Prediction and Management*, Proc. of 7th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems; Bologna, 12-15 giugno 2012.