



CASE STORY

STUDIO E MODELLAZIONE DEL FLUSSO IDRICO NEL SISTEMA ACQUIFERO MILANESE

Le complesse interazioni tra acque superficiali e sotterranee, il loro utilizzo e gestione

Dai primi anni '90, per effetto della definitiva chiusura di numerose industrie pesanti che per decenni avevano continuato a emungere grandi quantità di acqua dal sottosuolo, la falda presente al di sotto della città di Milano e del relativo hinterland è stata interessata da un notevole innalzamento del livello freatico, che ha causato rilevanti danni e disagi a varie tipologie di infrastrutture realizzate in sotterraneo, tra le quali, primariamente, la metropolitana. Dal 1998 ad oggi, al di là di oscillazioni cicliche, l'aumento si è ridotto fino a quasi stabilizzarsi. I livelli della falda risultano comunque alquanto sensibili ai trend pluviometrici e ai possibili scenari di gestione della risorsa idrica che possono essere attuati in futuro dagli enti gestori.

Metropolitana Milanese S.p.A., in qualità di gestore del Servizio Idrico Integrato della Città di Milano e in attuazione di un accordo di programma coinvolgente Regione Lombardia, Comune e Provincia di Milano, Autorità di Bacino del Fiume Po e AIPO, ha incaricato HYDRODATA e DHI Italia di mettere a punto un modello numerico di simulazione a scala regionale, ma di elevato dettaglio, con l'obiettivo di studiare il comportamento idrologico/idrodinamico del sistema acquifero milanese.

Il lavoro, di rilevante impegno tecnico-scientifico e operativo, data anche l'estensione (840 km², pari a circa metà del territorio della Provincia di Milano) e complessità del sistema in studio, è stato realizzato utilizzando il codice di calcolo MIKE SHE, un ambiente di simulazione altamente deterministico. Il modello - alle differenze finite - è stato allestito adottando un reticolo di calcolo a maglie quadrate di lato 200 m e passo temporale di integrazione variabile (tra pochi minuti e 1 giorno). La fenomenologia simultaneamente trattata e analizzata in diversi scenari comprende: precipitazioni atmosferiche, evapotraspirazione potenziale e reale, intercettazione superficiale, scorrimento 2D, deflusso nel reticolo idrografico superficiale (mediante accoppiamento con codice MIKE 11), flusso nella zona insatura 1D verticale e in varie tipologie di suoli, flusso nella zona satura rappresentata in 5 strati a spessore variabile, emungimenti (in totale 2038 pozzi), irrigazione e perdite da acquedotti e fognature.

Il territorio in studio comprende l'intera Città di Milano e un'ottantina di comuni dell'hinterland. Il Comune e la Provincia di Milano hanno affiancato MM nella funzione di committenza del lavoro, la cui conclusione ha dato luogo al trasferimento dell'intero patrimonio di conoscenza e tecnologico messo a punto e a un adeguato programma di formazione, rivolto a 19 tecnici degli enti coinvolti.

Numerose simulazioni di scenario, organizzate in schede grafiche standardizzate, hanno permesso di evidenziare e quantificare in maniera oggettiva gli effetti indotti dai vari interventi ipotizzati sul regime idrodinamico degli acquiferi milanesi. Il modello si è confermato un ottimo strumento di analisi del comportamento idrodinamico della risorsa idrica superficiale e sotterranea e un potente mezzo di raccolta e organizzazione dei dati, finalizzato all'interpretazione e simulazione dei complessi fenomeni di deflusso e interscambio di volumi idrici che si verificano all'interno del sistema oggetto di studio.

SOMMARIO

CLIENTI

- Metropolitana Milanese S.p.A.



CONTESTO

- Città di Milano e 85 comuni limitrofi
- Collaborazione tra Enti (Provincia di Milano, AdBPo, Comune di Milano, MM-Servizio Idrico Integrato, consorzi di bonifica e irrigui, gestori acque sotterranee, ARPAL ecc.)
- Simulazione e bilancio idrologico della risorsa idrica sotterranea

APPROCCIO E SOLUZIONI

- Sviluppo di un modello numerico integrato di tipo distribuito superficiale/sotterraneo, in grado di tenere conto delle interazioni tra i vari comparti che caratterizzano il ciclo dell'acqua e di simulare gli effetti di qualunque scenario di gestione della risorsa idrica

VANTAGGI

- Simulazione accurata a scala giornaliera del ciclo idrologico della fase terrestre (precipitazione, intercettazione, evapotraspirazione, scorrimento superficiale, deflusso in rete, flusso 1D nell'insatura e flusso 3D nel sistema acquifero)
- Bilancio idrologico su scala spazio/temporale qualsiasi
- Quantificazione degli effetti indotti su medio-lungo termine da progetti di utilizzo delle acque sotterranee
- Previsione degli effetti di scenari idrologici caratterizzati da lunghi periodi di scarsità o abbondanza di apporti meteorici
- Possibilità di estrarre in modo accurato condizioni al contorno per modelli di dettaglio a piccola scala

I GRANDI NUMERI DEL SISTEMA MODELLISTICO

Per risolvere la complessità del sistema e delle variabili in gioco, è stato necessario approntare un modello numerico a scala regionale con il massimo grado di dettaglio offerto dai dati sperimentali disponibili, considerato il grado di discretizzazione imposto e gli obiettivi di analisi perseguibili. Il sistema modellistico è caratterizzato in sintesi dalle seguenti componenti:

- input pluviometrico a passo temporale giornaliero relativo a 14 stazioni di misura
- input di evapotraspirazione potenziale a passo temporale decadico (3 valori al mese)
- apporti irrigui (138 serie a passo temporale giornaliero)
- perdite da acquedotto/fognature (116 serie di valori medi annui)
- copertura vegetale (distribuzione spaziale e serie media temporale dello sviluppo fogliare e radicale)
- caratterizzazione del piano campagna in termini di quote, scabrezza e capacità di invaso al suolo
- accoppiamento dinamico con modello MIKE 11 (reticolo idrografico superficiale composto da 40 corsi d'acqua, 450 sezioni d'alveo, serie temporali di portata a passo temporale giornaliero ricostruite con modello afflussi-deflussi messo a punto e tarato allo scopo)
- distribuzione spaziale di 4 diverse tipologie di suolo per la simulazione dell'insaturo (*Gravity Flow*)

- discretizzazione geologica in 5 strati: 3 acquiferi (complesso "A" freatico e complessi "B" e "C" semiconfinati profondi) e relativi acquitardi di separazione
- 2038 pozzi di emungimento con serie temporali dei volumi sollevati a passo temporale mensile o annuo
- 43 fontanili caratterizzati dalle rispettive quote di drenaggio
- 127 piezometri selezionati per la taratura del modello con relative serie storiche di misura.

I VANTAGGI DELL'APPROCCIO ADOTTATO

L'utilizzo di un modello deterministico che simula l'intero ciclo idrologico della fase terrestre a scala temporale giornaliera ha reso possibile:

- l'impiego di tutte le informazioni disponibili alla scala spazio/temporale di dettaglio originaria;
- una taratura del modello particolarmente affidabile nelle aree maggiormente ricche di dati di misura (Città di Milano);
- la simulazione semplice e corretta di scenari alquanto diversificati: aumento/riduzione dei pompaggi attuali, realizzazione di nuovi campi pozzi, irrigazioni invernali artificiali con immissione distribuita o concentrata, aumento/riduzione dei volumi irrigui attuali, impermeabilizzazione di tratti di canali, effetti di trend climatici ecc.;
- l'esecuzione di bilanci idrologici su aree distinte.

