

NOTIZIE da IAH ITALIA

not peer reviewed

Innovation and the Future of Hydrogeology: the point of view of ECHN-Italy

Innovazione e Futuro dell'Idrogeologia: il punto di vista di ECHN-Italy

Andrea Citrini - Biosphere Sciences and Engineering, Carnegie Institution for Science, Stanford, Stati Uniti d'America - acitrini@carnegiescience.eduDaniele Lepore - Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università di Napoli Federico II, Napoli, Italia - daniele.lepore@unina.itDavide Sartirana - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia - davide.sartirana@unimib.it

Con il 2024 ormai concluso, è tempo di tirare le somme di un anno di transizione e preparazione per la comunità di ECHN-Italy (*Early Career Hydrogeologists' Network*). Nonostante l'assenza del Flowpath, previsto per il giugno 2025 a Torino, l'anno appena trascorso è stato caratterizzato da importanti attività di consolidamento e dal continuo impegno dei nostri membri nella crescita del *network*.

Come ogni anno, questa rubrica si conferma uno strumento essenziale per raccontare i progressi e le attività del gruppo, offrendo una panoramica sugli eventi chiave, le collaborazioni e le prospettive per il futuro. Il 2024 ha visto la partecipazione di alcuni membri all'organizzazione di sessioni e convegni, contribuendo alla diffusione della ricerca idrogeologica e al rafforzamento delle sinergie tra giovani professionisti e accademici. L'ampio coinvolgimento attivo di ECHN ha permesso di mettere in luce non solo le criticità che il settore deve affrontare, ma anche le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie e metodologie emergenti. È proprio attraverso queste esperienze che diventa possibile delineare le sfide e le opportunità che caratterizzeranno il futuro prossimo dell'idrogeologia. Il supporto all'organizzazione del Convegno GIT-SI ha rappresentato la sfida principale dell'anno appena passato, ma non sono mancate altre occasioni in cui altri ECHN si sono distinti.

XVIII Convegno Nazionale GIT-SI

Dal 16 al 19 Giugno, l'ex centrale idroelettrica "A. Pitter" di Malnisio (PN) ha ospitato i lavori del XVIII Convegno Nazionale della Sezione GIT (*Geosciences and Information Technology*) e della Sezione Idrogeologia della Società Geologica Italiana. Come nelle precedenti edizioni, ECHN ha collaborato attivamente all'organizzazione, coinvolgendo in qualità di convener almeno un rappresentante del gruppo in ciascuna delle sessioni a tema idrogeologico (Fig. 1). Claudio Arras e Pietro Mazzon, insieme a Francesca Lotti, hanno presieduto la sessione plenaria "Modellazione delle acque sotterranee: dal modello concettuale alle applicazioni pratiche"; la sessione, preceduta dalla *keynote lecture* del Dott. Thomas Reimann (TU – Dresden), dal titolo "*Demand-driven application of groundwater models – challenges and solutions*" ha raccolto sei contributi principalmente incentrati sull'impiego dei modelli numerici per la gestione di siti contaminati e il dimensionamento degli impianti geotermici. Maria Chiara Porru, insieme agli ECH Sara Barbieri, Martina Gizzi e Federico Vagnon, ha organizzato la sessione "Evoluzione delle tecnologie legate agli acquiferi superficiali: sostenibilità attraverso innovazione e gestione efficace", raccogliendo sei contributi incentrati, tra le varie tematiche, sull'identificazione dei principali processi che governano la zona insatura e sui sistemi di ricarica artificiale degli acquiferi. Nico Dalla Libera e Chiara Zanotti, insieme all' ECH Federica Meloni, hanno moderato la sessione "Gestione integrata della risorsa idrica a scala di bacino". Quattro dei cinque contributi presentati sono inerenti ad alcuni progetti attualmente in corso presso tre Autorità di Bacino (Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, Autorità di Bacino del Distretto delle Alpi Orientali, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale), con lo scopo di effettuare, anche tramite modelli di flusso delle acque sotterranee, una stima del bilancio idrogeologico. Infine, Francesco Maria De Filippi, Diego Di Curzio e Davide Sartirana, con il supporto di Matia Menichini, si sono occupati di organizzare la sessione "Valutazione degli aspetti quali-quantitativi e gestione della risorsa idrica sotterranea mediante tecniche *data-driven*". Tramite sette contributi gli speaker hanno mostrato come l'analisi delle serie storiche, l'utilizzo di reti neurali ed i modelli machine learning trovino un impiego crescente nell'individuare i principali processi idrogeologici in atto all'interno degli acquiferi, supportando così i decisori nella gestione della risorsa idrica.



Fig. 1 - Il gruppo ECHN-Italy al XVIII Convegno Nazionale GIT-SI della Società Geologica Italiana (foto di Chiara Zanotti).

Fig. 1 - The ECHN-Italy group at the XVIII National Congress GIT-SI of the Italian Geological Society (credits for picture: Chiara Zanotti).

Quali temi per il futuro?

Disuniformità dei database a scala nazionale:

Durante il Convegno è emersa l'importanza crescente di alcune tematiche che hanno stimolato il dibattito e che rappresentano sfide cruciali per il futuro della disciplina, specialmente a livello nazionale. Tra queste, la disuniformità dei database italiani a scala di bacino è stata individuata come un ostacolo significativo alla gestione integrata delle risorse idriche, evidenziando la necessità di standardizzazione e armonizzazione dei dati per una più efficace pianificazione e gestione delle acque sotterranee.

Può essere preso come esempio il parere di Nico Dalla Libera, idrogeologo presso l'Autorità di Bacino del Distretto delle Alpi Orientali, il quale evidenzia le principali criticità legate alla gestione dei geodatabase. La sua esperienza offre un'analisi approfondita sulle difficoltà di integrazione dei dati e sulle soluzioni che potrebbero favorire una gestione più efficace e condivisa delle informazioni.

“La gestione dei geodatabase in Italia varia a seconda degli enti e delle strutture competenti, con criteri di archiviazione e accesso ai dati spesso differenti. Questa diversità non riguarda solo la quantità di dati disponibili e la tipologia di variabili fornite, ma anche i formati con cui vengono immagazzinati, rendendo complessa l'integrazione di informazioni provenienti da diverse fonti. In particolare, la gestione dei dati temporali (dati termo-pluviometrici, di portata ecc.) presenta sfide significative: le differenze di copertura e l'assenza di alcuni dati possono generare database disomogenei, costringendo chi li utilizza ad adottare criteri di riduzione per garantire una coerenza spaziale e temporale. Inoltre, spesso è necessario fare richieste separate per ogni anno e per ogni stazione, con conseguenti lunghe tempistiche di acquisizione. Infine, la presenza di reti di monitoraggio con frequenze di campionamento e criteri di archiviazione differenti sullo stesso territorio complica ulteriormente la gestione delle serie temporali. La creazione di standard condivisi e una maggiore collaborazione tra enti potrebbero migliorare la qualità e l'accessibilità dei dati senza compromettere le specificità dei singoli sistemi, favorendo un utilizzo più efficiente delle informazioni a livello nazionale. Alcuni enti hanno sviluppato buone pratiche per rendere i dati più accessibili e standardizzati, e un approccio cooperativo tra strutture che operano su territori limitrofi potrebbe facilitare la creazione di un *network* condiviso e più funzionale. Un obiettivo a lungo termine potrebbe essere quello di sviluppare un database centrale, magari anche nazionale, strutturato con criteri condivisi, anche per quanto concerne i file di metadatozione, riducendo così i tempi di accesso e processamento delle informazioni. In questa direzione si muove il Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM), promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, che mira a creare un repository nazionale in cui i dati siano organizzati e resi disponibili in formati univoci.”

Ruolo dell'Intelligenza Artificiale nell'Idrogeologia:

Anche il crescente impiego in ambito idrogeologico dell'intelligenza artificiale (AI) e dei modelli *data-driven* ha stimolato la discussione. L'adozione di queste tecnologie sta trasformando il modo in cui vengono analizzati e interpretati i dati idrogeologici, aprendo la strada a soluzioni innovative per la modellizzazione e la previsione dei cambiamenti legati alle acque sotterranee.

Come discusso nel paragrafo precedente, la frammentazione e la disomogeneità dei geo-database rappresentano una sfida per la gestione delle risorse idriche. In questo contesto, l'AI rappresenta una soluzione promettente per superare le difficoltà legate all'integrazione e all'interpretazione dei dati, consentendo di sviluppare modelli predittivi accurati e di supportare la gestione sostenibile delle acque sotterranee.

Negli ultimi anni, numerosi studi hanno evidenziato il crescente impiego dell'AI nell'idrogeologia a livello globale. Nordin et al. (2021) sottolineano come le tecniche di AI, in particolare le reti neurali artificiali, i sistemi adattivi *neuro-fuzzy* e gli algoritmi evolutivi, siano sempre più utilizzate per la previsione della qualità delle acque sotterranee, dimostrando prestazioni superiori rispetto ai modelli tradizionali nella gestione di sistemi idrici complessi. Rajae et al. (2019) evidenziano come le reti neurali e altri approcci di AI stiano rivoluzionando la modellazione del livello della falda, migliorando la capacità di prevedere variazioni nel tempo con elevata precisione, anche in presenza di dati limitati. Inoltre, Zaresefat & Derakhshani (2023) discutono l'applicazione di modelli ibridi di AI, che combinano tecniche di *machine learning* con modelli fisico-matematici, permettendo una gestione efficace e dinamica delle risorse idriche sotterranee, specialmente in scenari di crescente stress idrico e cambiamento climatico.

A livello nazionale, seppur l'adozione dell'AI sia in crescita, un impiego sistematico nella gestione delle acque sotterranee richiede un maggiore coordinamento tra enti di ricerca, istituzioni pubbliche e professionisti del settore. Per comprendere come l'AI sia attualmente utilizzata in ambito idrogeologico a livello nazionale, è stato predisposto un questionario, liberamente accessibile al link <https://forms.gle/8yFwbvdpdRXe6T89> ed al QR code (Fig. 2). Invitiamo i membri della comunità IAH Italy e tutti i lettori a compilare e a condividere il questionario con colleghi e altri professionisti, così da delineare strategie efficaci per l'integrazione delle nuove tecnologie nella gestione delle risorse idriche del nostro Paese.

L'impiego dell'AI non è più una possibilità remota, ma una realtà concreta che offre strumenti innovativi per la gestione delle acque sotterranee. Il futuro del settore dipenderà dalla nostra capacità di adottare e adattare queste tecnologie in modo efficace, sfruttando il potenziale dei modelli predittivi e delle analisi automatizzate.



Fig. 2 - QR code per la compilazione del questionario sul ruolo dell'AI nell'idrogeologia italiana.

Fig. 2 - QR code to compile the form on the role of AI in the Italian hydrogeology.

Ringraziamenti: Un sentito ringraziamento a Nico Dalla Libera per aver contribuito alla stesura di questo lavoro, raccontando la sua esperienza in ambito lavorativo.

BIBLIOGRAFIA

Nordin, N. F. C., Mohd, N. S., Koting, S., Ismail, Z., Sherif, M., & El-Shafie, A. (2021). Groundwater quality forecasting modelling using artificial intelligence: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100643.

Rajae, T., Ebrahimi, H., & Nourani, V. (2019). A review of the artificial intelligence methods in groundwater level modeling. *Journal of hydrology*, 572, 336-351.

Zaresefat, M., & Derakhshani, R. (2023). Revolutionizing groundwater management with hybrid AI models: A practical review. *Water*, 15(9), 1750.