

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana
n. 11 | luglio 2023

MOUNT MELBOURNE E MOUNT RITTMANN: due vulcani attivi nella northern Victoria Land (Antartide)

LA PICCOLA ERA GLACIALE
e il suo clima tra mare, terra e arte

LE ACQUE SOTTERRANEE:
uso sostenibile di una risorsa invisibile

TOURinSTONE,
una App per la divulgazione
e la didattica della geodiversità



SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA

FONDATA 1858 - RICONFERMATO IL 10 OTTOBRE 1925



Direzione generale
Educazione, ricerca
e istituti culturali

Le attività sono realizzate grazie al contributo concesso dalla Direzione generale Educazione, ricerca e istituti culturali del Ministero della Cultura

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

CONTRIBUTI

- P. 10** MOUNT MELBOURNE
E MOUNT RITTMANN:
*due vulcani attivi nella
northern Victoria Land
(Antartide)*
- P. 20** LA PICCOLA
ERA GLACIALE
*e il suo clima
tra mare, terra e arte*
- P. 30** LE ACQUE
SOTTERRANEE:
*uso sostenibile
di una risorsa invisibile*
- P. 40** TOURinSTONE,
*una App per la divulgazione
e la didattica della
geodiversità*

SEZIONI

- P. 50** GEOLOGIA
Strutturale
- P. 51** GEOLOGIA
Planetaria
- P. 52** GEOsed
- P. 53** GEOLOGIA
Himalayana
- P. 54** GEOLOGIA
Marina
- P. 55** GEOSCIENZE
e Tecnologie Informatiche
- P. 56** GEOSCIENZE
Ambientale
- P. 57** GEOETICA
e Cultura Geologica
- P. 58** *Storia delle
GEOSCIENZE*

ASSOCIAZIONI

- P. 59** Società
GEOCHIMICA
Italiana
- P. 60** Associazione
PALEONTOLOGICA
PALEOARTISTICA
Italiana
- P. 62** Associazione Italiana
PER LO STUDIO DEL
QUATERNARIO
- P. 64** Associazione Nazionale
INSEGNANTI
SCIENZE NATURALI
- P. 66** Associazione Italiana
DI VULCANOLOGIA
- P. 68** Società
PALEONTOLOGICA
Italiana

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 11 | luglio 2023 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | www.socgeol.it | Tel: +39 06 83939366
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 34/2020 del Registro stampa del 24 marzo 2020

DIRETTORE EDITORIALE Enrico Capezuoli

COMITATO EDITORIALE Fabio Massimo Petti, Elena Bonaccorsi, Francesca Cifelli, Alessandro Danesi, Riccardo Fanti, Giulia Innamorati, Susanna Occhipinti, Domenico Sessa, Marco Chiari, Anna Giamborino, Eugenio Nicotra, Eleonora Regattieri e Orlando Vaselli

COORDINAMENTO SCIENTIFICO Sandro Conticelli, Domenico Cosentino, Elisabetta Erba e Vincenzo Morra

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari

NEWS

P. 72 AGGIORNAMENTO SUL
CONGRESSO NAZIONALE
SIMP-SGI-SOGEI-AIV
*The Geoscience paradigm:
Resources, Risks
and future perspectives*

P. 76 LA DIVISIONE
EQUITÀ, DIVERSITÀ
E INCLUSIONE
*“PanGEA” alla
General Assembly
EGU 2023*

P. 74 IL RAPPORTO
DELLA SOCIETÀ
GEOLOGICA ITALIANA
*“Le Scienze della Terra
oggi in Italia”*



VISITA IL SITO
DELLA RIVISTA



P. 7 EDITORIALE

P. 77 RECENSIONI

P. 78 NUNTIUM *de Lapidibus*

P. 80 NEWS *in pillote*

P. 81 INCONTRA GLI AUTORI

P. 82 450 MILIONI DI ANNI DA LEGGERE:
*il Museo Geologico della Carnia
di Ampezzo*

GRAFICA, IMPAGINAZIONE E PUBBLICITÀ Agicom srl | Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 - Castelnuovo di Porto (RM) | Tel. 06 90 78 285 - Fax 06 90 79 256
comunicazione@agicom.it | www.agicom.it

STAMPA Spadamedia | Viale del Lavoro, 31 - 00143 - Ciampino (RM)

Distribuzione ai soci della Società Geologica Italiana e delle società scientifiche associate e agli Enti e Amministrazioni interessati.

Gli articoli e le note firmate esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano la Società Geologica Italiana né la Redazione del periodico.

Foto in copertina: "La base italiana Stazione Mario Zucchelli sul mare ghiacciato di Baia Terra Nova (Mare di Ross). Sullo sfondo, a circa 40 km di distanza, il vulcano Mount Melbourne (2732 m.)". Foto di P. Del Carlo © PNRA.

Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 5 luglio 2023.

LE ACQUE SOTTERRANEE:

*uso sostenibile
di una risorsa invisibile*

a cura di Stefania Da Pelo, Manuela Lasagna, Vincenzo Piscopo e Sergio Rusi



Le risorse idriche sotterranee assicurano in Italia circa l'84% delle acque potabili, originano acque minerali e termali, e contribuiscono all'approvvigionamento dei fabbisogni irrigui e industriali. La ricchezza quantitativa e qualitativa delle acque sotterranee del nostro Paese è funzione del suo assetto geologico. Questa risorsa generalmente invisibile, ma resa visibile da studi ed indagini idrogeologiche, è strategica per la vita del pianeta e quindi per assicurare il futuro dell'umanità e degli ecosistemi. In questa nota viene fornita una panoramica sulla disponibilità delle risorse idriche sotterranee in Italia, confrontandola con il fabbisogno idrico per gli usi antropici e discutendo la sostenibilità dei prelievi di acque sotterranee.

Lago dell'Orsa, acque sotterranee nella Grotta Grande del Vento (Frasassi, Genga, Ancona) (foto del Gruppo Speleologico CAI Fabriano).



Stefania Da Pelo

Comitato Italiano IAH - Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche,
Università degli Studi di Cagliari.

Keywords

- ▶ Acque sotterranee
- ▶ Idrogeologia
- ▶ Acquiferi
- ▶ Siccità
- ▶ Sostenibilità

Manuela Lasagna

Comitato Italiano IAH - Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino.

Vincenzo Piscopo

Sezione Idrogeologia della SGI - Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche, Università degli Studi della Toscana.

Sergio Rusi

Comitato Italiano IAH - Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti.

INTRODUZIONE

Tra i 17 obiettivi dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals*), il Goal 6 recita che bisogna garantire a tutti la disponibilità e la gestione dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie. Al tema dell'acqua, in realtà, sono in parte anche dedicati altri *Goals* dell'Agenda 2030 nella consapevolezza che l'accessibilità e la sicurezza dell'acqua sono presupposti fondamentali per il benessere umano e per la salvaguardia degli ecosistemi, anche in considerazione dell'influenza dei cambiamenti climatici sulla disponibilità della risorsa per le generazioni future.

Prendendo spunto da queste tematiche

ed avendo a mente la recente crisi siccitosa del 2022 che fa seguito ad altre crisi precedenti, si rendono necessarie alcune riflessioni sulle risorse idriche sotterranee della Penisola, una risorsa di cui si ha una minore percezione rispetto alle acque superficiali ma fondamentale per il fabbisogno di acque potabili in Italia.

Le acque sotterranee sono estremamente pregiate per la loro qualità se confrontate con le acque superficiali, grazie all'interazione acqua-roccia ed essendo più protette rispetto all'inquinamento per l'effetto depurativo dei suoli. Inoltre, differentemente da fiumi e torrenti, gli acquiferi sono caratterizzati da una minore velocità di trasmissione

dell'acqua e dalla esclusiva capacità di

immagazzinamento, pertanto essi sono dotati di risorse e riserve. Le prime sono rinnovabili annualmente a seguito della ricarica, le seconde costituiscono una riserva immagazzinata negli acquiferi ed in parte utilizzabile nei periodi siccitosi.

La conformazione geologica dell'Italia determina la natura degli acquiferi e di conseguenza la disponibilità delle risorse idriche sotterranee e delle riserve in essi immagazzinate. La conoscenza di questi sistemi è dunque fondamentale per una gestione efficace delle risorse idriche, essendo riconosciuto anche alla scala planetaria che la vita dell'uomo dipende dalle acque sotterranee e che la futura crescita della popolazione richiederà una ancora maggiore quantità di risorse idriche (Poeter et al. 2020; UNESCO 2022).

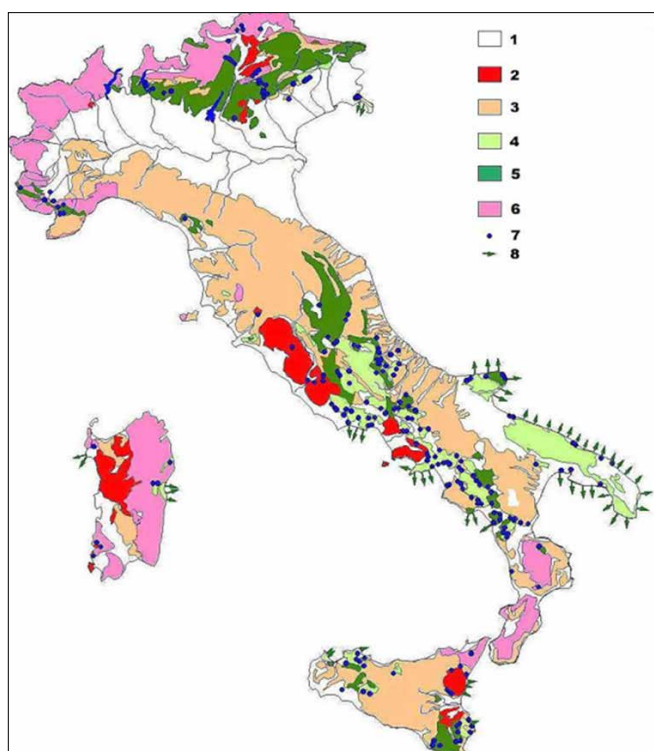


Fig. 1 - Carta idrogeologica schematica dell'Italia: **1**) sequenze idrogeologiche sedimentarie recenti; **2**) sequenze idrogeologiche vulcaniche e piroclastiche; **3**) sequenze idrogeologiche prevalentemente terrigene cenozoiche; **4**) sequenze idrogeologiche carbonatiche continue; **5**) sequenze idrogeologiche compartimentate verticalmente; **6**) sequenze idrogeologiche cristalline; **7**) principali manifestazioni sorgive; **8**) principali recapiti e/o perdite dagli acquiferi in mare (da Civita 2005).

PROFILO IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA

La varietà di acquiferi che caratterizza l'Italia è conseguenza del suo complesso assetto geologico-strutturale. Una sintesi dei principali sistemi acquiferi italiani a piccola scala è riportata in Civita (2005; 2008) (**Fig. 1**).

Sulla base degli studi idrogeologici a scala regionale (per esempio, Celico 1983; Boni et al. 1986; Civita 2005; 2008; APAT 2007), nonché delle ricerche a scala di bacino e di acquifero (si veda, per esempio, il sito www.iahitaly.it/pubblicazioni-soci), i principali acquiferi per quantità di acqua sotterranea immagazzinata ed erogabile sono certamente quelli delle pianure alluvionali e quelli delle sequenze carbonatiche.

Gli acquiferi delle pianure alluvionali e costiere (**Fig. 1**), ospitati principalmente nelle sequenze sedimentarie plio-quadernarie, sono caratterizzati da significativi flussi idrici sotterranei in corrispondenza degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi, capacità di immagazzinamento in relazione allo spessore delle sequenze, alimentazione da ricarica meteorica diretta e da flussi sotterranei dai rilievi limitrofi e recapito, in



Fig. 2 - Risorgiva Ulè (Vigone, Torino), affiorante nella pianura alluvionale del Po (foto di Vincenzo Spatola).

condizioni naturali, principalmente nei fiumi, sostenendone spesso il loro deflusso di base, e nel mare. Essendo le pianure sede dei principali insediamenti antropici, gli acquiferi alluvionali sono sottoposti ad una notevole pressione in termini di prelievi idrici per i diversi fabbisogni antropici e sono esposti a fenomeni di contaminazione diffusa, quale quella da nitrati, e locale in corrispondenza dei principali centri industriali, oltre che interessati da fenomeni di ingressione di acqua marina in alcune piane costiere. Tra questi acquiferi

certamente quello più importante per estensione e potenza è quello della Pianura Padana (**Fig. 1**), caratterizzato da un acquifero monostrato nella zona prossimale ai rilievi e da un sistema multifalda nella zona distale; la linea delle risorgive, tipiche sorgenti di pianura presenti in una fascia quasi continua tra il Piemonte e il Veneto, marca generalmente il passaggio tra i due tipi di acquifero (**Fig. 2**). Le sequenze idrogeologiche carbonatiche continue delle piattaforme carbonatiche meso-cenozoiche costituiscono i



principali acquiferi dell'Appennino centrale e meridionale (Fig. 1). Le vicissitudini tettoniche che hanno interessato le piattaforme carbonatiche hanno dato luogo a strutture idrogeologiche generalmente ben delimitate, ai margini e talvolta inferiormente, da complessi poco permeabili e caratterizzate da notevoli tassi di infiltrazione, soprattutto quando costituiscono massicci montuosi, grazie anche alla coltre nevosa che ricopre stagionalmente i rilievi delle Alpi e dell'Appennino. Il flusso idrico sotterraneo è molto attivo e relativamente veloce in conseguenza della sviluppata rete di fratture e di condotti carsici. Dalla circolazione idrica basale di questi acquiferi traggono alimentazione le sorgenti italiane con la più alta portata (da qualche a diversi m^3/s) (Fig. 3).

Ulteriori recapiti della circolazione idrica sotterranea sono rappresentati dai fiumi, nei quali spesso si manifestano come sorgenti lineari, e dal mare. Sorgenti sottomarine e flussi diffusi lungo la linea di costa interessano alcuni acquiferi carbonatici dell'Italia meridionale ed in particolar modo della Puglia, dove gli equilibri tra acqua dolce ed acqua di ingressione marina sono spesso condizionati dai prelievi idrici mediante pozzi. Gli acquiferi carbonatici in relazione allo spessore delle sequenze di piattaforma ed all'assetto strutturale, oltre ad ospitare significative risorse idriche sotterranee, immagazzinano notevoli riserve. Anche se molto vulnerabili, le aree di alimentazione di questi acquiferi ricadono in territori montani poco urbanizzati e pertanto a rischio di contaminazione generalmente contenuto. Le sorgenti di questi acquiferi rappresentano una delle principali fonti di approvvigionamento di acqua potabile dell'Italia centrale e meridionale. Gli stessi acquiferi sono captati anche mediante pozzi, oltre che per il fabbisogno potabile, anche per l'imbottigliamento di acque minerali e per l'uso termale. Si differenziano dai precedenti, gli acquiferi prevalentemente carbonatici meso-cenozoici delle sequenze idrogeologiche compartimentate verticalmente (Fig. 1), che includono frequenti intercalari marnosi, calcareo-marnosi e silicei. Pur vantando una significativa infiltrazione in relazione alla elevata quota dei rilievi montuosi delle Alpi e dell'Appennino centrale dove queste sequenze affiorano, stratigrafia ed assetto strutturale condizionano la circolazione idrica sotterranea rendendola relativamente più frazionata rispetto alle sequenze carbonatiche continue. Sorgenti con portata generalmente

Fig. 3 - Sorgente Verde (Fara S. Martino, Chieti), una delle sorgenti della circolazione basale dall'acquifero carbonatico della Majella affiorante a 410 m s.l.m. con una portata media di circa $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (foto di Sergio Rusi).

non superiore ad alcuni m^3/s traggono alimentazione da questi acquiferi, fratturati e spesso carsificati nelle loro porzioni calcaree. Rappresentano invece locali ostacoli più o meno efficaci al flusso idrico sotterraneo gli intercalari marnosi, calcareo-marnosi e silicei. Anche questi ultimi, tuttavia, in relazione al loro grado di fratturazione, possono ospitare significative risorse e riserve idriche sotterranee non di rado utilizzate per l'approvvigionamento di acque potabili di piccoli centri montani e collinari.

Gli acquiferi delle aree vulcaniche (Fig. 1) sono diversificati in funzione del tipo di vulcano e della storia eruttiva. Lave e piroclastiti da caduta a granulometria grossolana rappresentano gli orizzonti dove è più attivo il flusso idrico sotterraneo, seguono per produttività le ignimbriti fessurate e giovani. Rappresentano invece semipermeabili o impermeabili relativi le cineriti, i tufi cineritici ed i paleosuoli. L'entità della ricarica è funzione dell'altitudine del vulcano, i recapiti della circolazione idrica sotterranea, tanto più frazionata quanto più complessa è stata la storia eruttiva, sono rappresentati, in condizioni naturali, da torrenti, sorgenti di portata generalmente contenuta (non superiore ad alcune centinaia di L/s) ed il mare. Anche questi acquiferi sono utilizzati per il fabbisogno idrico locale sia potabile che irriguo; inoltre, l'ampio spettro del chimismo delle acque



Fig. 4 - Sorgente Olmitello (Barano d'Ischia, Napoli), una delle sorgenti dell'acquifero vulcanico dell'Isola d'Ischia affiorante a 15 m s.l.m. con una portata di circa 1 L/s, temperatura di 26 °C e salinità di circa 2 g/L (foto di Luigi Pianese).



Fig. 5 - Sorgente Preidi (Villagrande Strisaili, Nuoro) affiorante da granitoidi ercinici con una portata di circa 2 L/s (foto di Alessio Sodde).

sotterranee, conseguenza anche dei fenomeni idrotermali, ne permette la captazione per l'utilizzo come acque da imbottigliamento e per le cure termali (**Fig. 4**).

Le rocce cristalline, comprendenti rocce ignee intrusive e metamorfiche (ad esclusione dei marmi), costituiscono acquiferi con rendimento certamente più basso rispetto ai precedenti. Il flusso idrico sotterraneo interessa principalmente l'orizzonte fessurato del substrato cristallino, generalmente di alcune decine di metri di spessore, e la sua copertura sabbioso-limoso; in corrispondenza delle zone di faglia, la fessurazione è più profonda e di conseguenza anche la circolazione idrica sotterranea. Anche i tassi di infiltrazione sono relativamente bassi se confrontati con i precedenti acquiferi, tuttavia possono assumere ruoli significativi nella circolazione idrica locale in funzione delle variabili condizioni climatiche e morfologiche che caratterizzano Alpi, Calabria e Sardegna, dove queste sequenze affiorano più estesamente (**Fig. 1**). Queste acque sono generalmente di ottima qualità. I principali recapiti naturali delle acque sotterranee sono torrenti e fiumi. Le sorgenti sono numerose ma generalmente di limitata portata (non superiore generalmente ad alcuni L/s) (**Fig. 5**); prelievi idrici per l'approvvigionamento idrico locale sono effettuati da sorgenti e da pozzi.

Le sequenze prevalentemente terrigene cenozoiche affioranti principalmente nell'Appennino ed in Sicilia (**Fig. 1**) comprendono unità molto differenziate (alternanze calcareo-marnose, marnoso-arenacee e marnoso-argillose, arenarie, conglomerati, peliti ed argille). Nell'insieme queste sequenze sono caratterizzate da una bassa permeabilità e da scarsi tassi di infiltrazione, costituendo gli impermeabili relativi degli acquiferi citati in precedenza. Tuttavia, gli orizzonti calcarei, arenacei e conglomeratici sono sede di circolazione idrica sotterranea e costituiscono acquiferi di limitata potenza e continuità che alimentano sorgenti di ridotta portata (generalmente non superiore ad alcuni L/s) e corsi d'acqua. Anche queste risorse sono utilizzate per l'approvvigionamento idrico locale in territori montani e rurali. Un riscontro diretto dei flussi idrici e delle potenzialità di tali corpi idrici sotterranei deriva dalle osservazioni e rilievi effettuati durante lo scavo delle gallerie TAV (Gargini et al. 2008).

POTENZIALITÀ DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

Stime del bilancio idrologico dell'Italia sono state elaborate recentemente dall'ISPRA (Braca et al. 2021; 2022). I termini valutati o stimati sono gli apporti meteorici, l'evapotraspirazione, l'infiltrazione efficace ed il ruscellamento. Le precipitazioni in fase liquida e solida rappresentano gli afflussi. L'infiltrazione efficace ed il ruscellamento sono equivalenti al deflusso totale, costituiscono le risorse idriche rinnovabili e si distribuiscono tra acque sotterranee e acque superficiali. Le stime medie annue degli afflussi e dei deflussi dell'intera Penisola e dei singoli distretti idrografici (periodo 1951-2019) sono sintetizzate in Fig. 6.

Rapportando il totale dei deflussi alla superficie complessiva dell'Italia, si ottengono circa 139 miliardi di m³ annui ripartiti nel 47% e nel 53% rispettivamente tra infiltrazione e ruscellamento. A livello di distretto, quello delle Alpi orientali è caratterizzato da più alti afflussi e deflussi, Sicilia e

Sardegna da quelli più bassi; il ruscellamento è circa uguale o di poco superiore al 50% nei diversi distretti, ad eccezione di quello delle Alpi orientali dove prevale l'infiltrazione (Fig. 6). La variabilità della disponibilità di risorse idriche sotterranee riscontrata per i diversi distretti idrografici è conseguenza della conformazione geologica ed idrogeologica del nostro Paese, oltre che delle differenti zone climatiche.

Per quanto sia evidente la notevole disponibilità di risorse idriche sotterranee del territorio italiano, stimate complessivamente in media in circa 65 miliardi di m³, occorre tenere a mente che non tutte le acque di infiltrazione costituiscono acque sotterranee disponibili per la captazione, in quanto parte di esse sostengono il deflusso di base dei corsi d'acqua superficiali e rappresentano la ricarica di rocce a bassa permeabilità (quali, per esempio, le sequenze idrogeologiche terrigene cenozoiche).

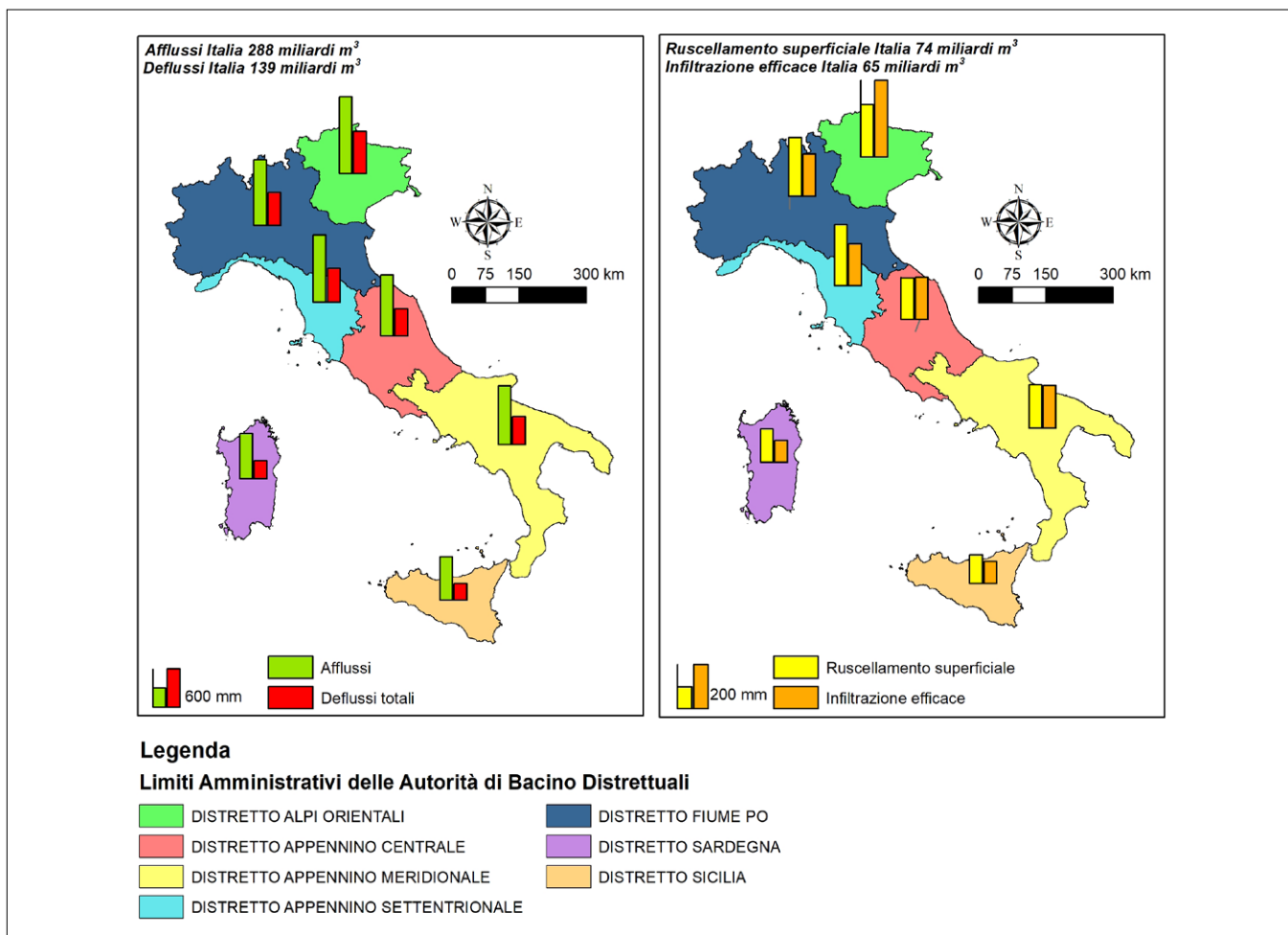


Fig. 6 - Bilancio idrologico medio annuo (1951-2019) (afflussi – deflussi totali) in mm per i distretti idrografici dell'Italia (a sinistra) e raffronto tra ruscellamento e infiltrazione efficace (a destra) (dati da Braca et al. 2021; 2022).

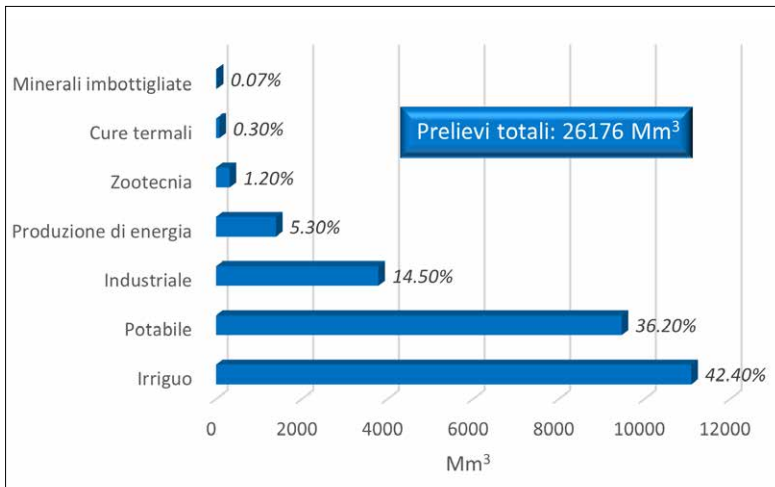


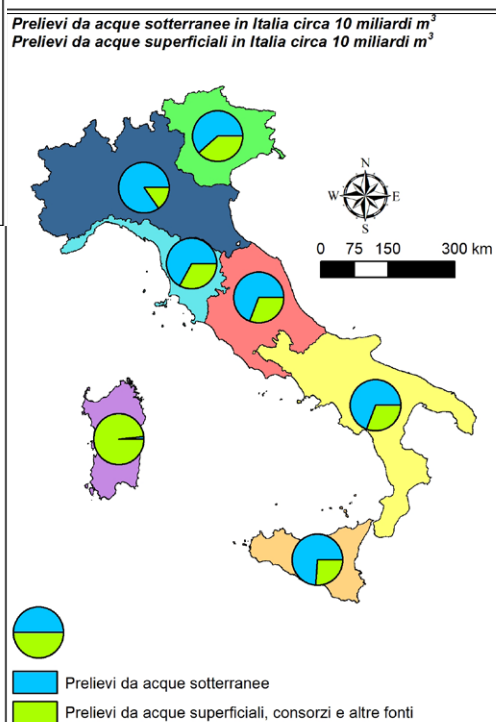
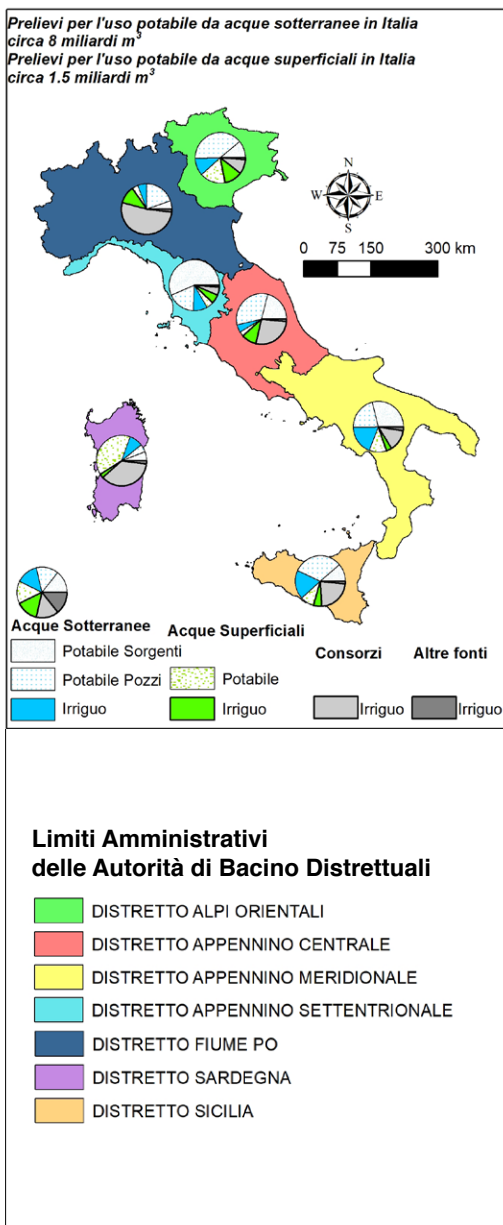
Fig. 7 - Stime dei prelievi da acque superficiali e sotterranee in Italia in Mm³ e in percentuale.

PRELIEVI IDRICI IN ITALIA

Un quadro di sintesi dei prelievi idrici da acque superficiali e sotterranee in Italia è riportato in Fig. 7 sulla base, principalmente, delle stime dell'ISTAT (ISTAT 2014, 2019, 2022, MEF 2015). Complessivamente circa 26 miliardi di m³ annui vengono prelevati dalle acque superficiali (fiumi e laghi) e dalle acque sotterranee (sorgenti e pozzi). I prelievi per l'uso irriguo (42,4%) e l'uso potabile (36,2%) rappresentano quelli più consistenti (78,6%).

Le acque potabili e per uso civile sono prelevate da circa 1800 enti gestori da acque sotterranee (sorgenti e pozzi) e superficiali (percentuali minime sono derivate da acque marine). Il prelievo complessivo corrisponde a 428 L per abitante al giorno nel 2015, il più alto d'Europa. Nel 2015, un terzo dei volumi di acqua prelevati per uso potabile ha subito un trattamento più complesso della semplice disinfezione e clorazione; il trattamento ha riguardato tutte le acque superficiali e solo in minima parte quelle sotterranee. Le perdite della rete idrica sono state stimate in circa il 41% nel 2015 come media nazionale (ISTAT 2019).

Relativamente ai prelievi irrigui (ISTAT 2014), le fonti di prelievo sono catalogate come da acque sotterranee, da fiumi e laghi (naturali e artificiali), da consorzi irrigui (di cui non è specificata la fonte dei prelievi) e da altre fonti.



In Fig. 8 è riportato il dettaglio dei prelievi di acque per gli usi potabile ed irriguo con riferimento ai diversi distretti idrografici della Penisola. I volumi annui prelevati sono stati distinti in funzione della fonte di provenienza. A livello italiano, i prelievi da acque sotterranee sono

Fig. 8 - Stime dei prelievi idrici per uso potabile e irriguo in Italia e nei distretti idrografici (a sinistra) e confronto tra i prelievi da acque sotterranee e superficiali (a destra) (da ISTAT 2014, 2019).

notevoli ed ammontano ad almeno 9,981 miliardi di m³ annui, dei quali il 34,5% e il 45,6% sono derivati rispettivamente da sorgenti e da pozzi per l'uso potabile, ed il 19,9% per l'uso irriguo. A questi volumi bisognerebbe aggiungere i prelievi per uso industriale e quelli prelevati dai consorzi di irrigazione dei quali però non si conosce l'aliquota derivata da acque sotterranee rispetto a quella da acque superficiali.

Anche se incompleta, questa stima permette di avere un primo quadro dell'incidenza dei prelievi da acque sotterranee nei diversi distretti idrografici rispetto al totale dei prelievi idrici per gli usi potabile e irriguo. A scala nazionale, dunque, si può concludere che le acque potabili sono derivate principalmente da acque sotterranee (circa l'84%). È da notare inoltre che nei distretti dell'Appennino centrale e meridionale le aliquote più consistenti di prelievi per l'uso potabile da acque sotterranee derivano da sorgenti, mentre per il distretto Padano derivano principalmente da pozzi.

SOSTENIBILITÀ DEI PRELIEVI DALLE ACQUE SOTTERRANEE

Da questa panoramica sulle acque sotterranee a scala nazionale, è evidente che disponiamo in Italia di ingenti risorse idriche sotterranee e ciò è funzione delle caratteristiche geologiche, morfologiche e climatiche del nostro Paese. Pur considerando che solo una parte dei circa 65 miliardi di m³ che mediamente si infiltrano ogni anno sono effettivamente disponibili per la captazione, è significativo che le acque potabili e le acque minerali da imbottigliamento sono derivate quasi esclusivamente da acque sotterranee e rappresentano appena il 15% delle acque di infiltrazione. Inoltre, pur considerata l'elevata percentuale di perdite idriche dalla rete di distribuzione delle acque potabili, la disponibilità di acqua per abitante rimane elevata. Si può quindi concludere che la quantità di risorse idriche sotterranee in Italia è nettamente superiore al fabbisogno idropotabile. Ne è ulteriore conferma l'utilizzo delle acque sotterranee per sopperire in parte il fabbisogno irriguo e quello industriale (anche se di quest'ultimo uso non si hanno specifici riferimenti quantitativi), che richiedono standard qualitativi certamente più bassi dell'uso potabile.

La distribuzione delle risorse idriche sotterranee non è omogenea in Italia, dipendendo dal tipo di acquifero e dalle zone climatiche. Ad esempio in Sardegna il ridotto prelievo da acque sotterranee (circa il 19%) si spiegherebbe con la presenza di numerosi invasi costruiti a partire dall'ottocento che, grazie all'efficiente sistema di governance ed alla bassa popolazione residente, soddisfa oggi la quasi totalità dei fabbisogni. Anche nel distretto Padano, la notevole disponibilità di acque superficiali riduce la necessità di



prelevare le acque sotterranee. Nonostante ciò, il prelievo di acque sotterranee risulta superiore a quello di tutti gli altri distretti, a causa della ingente richiesta di risorse idriche per i diversi utilizzi. Nei distretti delle Alpi orientali e dell'Appennino centrale e meridionale, invece, si ha una notevole disponibilità e conseguente abbondante uso di acque sotterranee giustificata dalla presenza di acquiferi con elevato rendimento che alimentano le importanti sorgenti per l'approvvigionamento potabile.

A queste considerazioni sulla disponibilità di acque sotterranee in Italia bisogna aggiungere anche altri due argomenti.

Il primo riguarda le serie idrogeologiche a basso rendimento, quali le rocce cristalline ed in parte le sequenze prevalentemente terrigene cenozoiche, ritenute comunemente di scarso interesse per l'approvvigionamento potabile ma che possono costituire, se opportunamente studiate ed approfondite, una fonte di alimentazione per le piccole comunità italiane, come già avviene in altri paesi del mondo "idrogeologicamente meno fortunati", dove questi acquiferi sono ampiamente utilizzati. Occorre infatti considerare che circa il 45% dei 7900 comuni italiani hanno meno di 2000 abitanti e quindi un modesto fabbisogno idropotabile.

Il secondo argomento è che, oltre alle risorse rinnovabili connesse ai ritmi stagionali della ricarica, gli acquiferi sono dotati anche di riserve tanto più ingenti quanto più spesso ed esteso è il sistema e più alta è la capacità di immagazzinamento delle rocce che lo costituiscono. Tali riserve contenute nel "magazzino" sotterraneo possono sopperire al fabbisogno idrico in annate particolarmente siccitose, avendo però cura di considerare l'equilibrio generale del sistema a lungo termine e la qualità delle acque da captare. Mentre lo stato delle conoscenze delle risorse dei diversi acquiferi italiani è generalmente avanzato, un indirizzo futuro della ricerca e della esplorazione idrogeologica è proprio quello di valutare potenzialità e qualità delle riserve idriche sotterranee.

Va sottolineato che i dati riportati si riferiscono a stime

generali e riguardano l'intera nazione. Come è evidente dal bilancio idrologico e dai prelievi nei diversi distretti idrografici, la più volte menzionata variabilità geologica e climatica dell'Italia fa sì che esistano aree caratterizzate da una minore potenzialità in acque sotterranee. Su tali territori si fa maggiormente sentire il cambiamento climatico avvertito a scala globale che sta determinando e determinerà nel prossimo futuro variazioni significative nella disponibilità idrica, anche a fronte di una crescente richiesta della risorsa. Inoltre, pur essendo le acque sotterranee una risorsa che presenta di base una buona qualità, problematiche connesse alla contaminazione e al sovrasfruttamento portano sempre più frequentemente a limitazioni nella possibilità di utilizzo della risorsa.

Per rispondere a questi problemi è necessario, oltre all'educazione al risparmio, alla riduzione delle perdite dalla rete di distribuzione ed all'uso congiunto delle acque sotterranee e superficiali, adattare le strategie dei prelievi idrici a quelle che sono le disponibilità delle risorse, tenendo conto dello specifico contesto geologico, idrogeologico e climatico. Come declinato nell'Agenda 2030, è evidente che il prelievo delle acque sotterranee deve avvenire in modo sostenibile e cioè in modo da essere mantenuto per un tempo indefinito senza causare conseguenze ambientali, economiche o sociali inaccettabili (Alley et al. 1999). Ne deriva che la gestione delle acque sotterranee basata sul concetto di sostenibilità richiede un approccio multidisciplinare, vale a dire idrogeologico, ecologico, economico e sociale. Senza dubbio le conoscenze del sistema idrogeologico, quali l'entità della ricarica, le capacità di immagazzinamento, la velocità del flusso, l'entità dei deflussi, ed il monitoraggio quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee, sono la base per arrivare ad una gestione partecipata di questo importante patrimonio che, pur essendo nascosto nei meati intergranulari, fessure, fratture e condotti carsici delle rocce, è ben visibile ai geologi.

BIBLIOGRAFIA

- Alley W.M., Reilly T.E. & Franke O.L. (1999). *Sustainability of groundwater resources*. U.S. Geol. Surv. Circ., 1186, 1 - 79.
- APAT (2007). *Carta idrogeologica dell'Italia meridionale*. Poligrafico dello Stato, Roma.
- Boni C.F., Bono P. & Capelli G. (1986). *Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 35 (2), 991 - 1012.
- Braça G., Bussetini M., Gafà R.M., Monti G.M., Martarelli L., Silvi A. & La Vigna F. (2022). *The nationwide water budget estimation in the light of the new permeability map of Italy*. Italian Journal of Groudwater, 11 (3), 31 - 39.
- Braça G., Bussetini M., Lastoria B., Mariani S. & Piva F. (2021). *Il Bilancio Idrologico Gis Based a scala Nazionale su Griglia regolare - BIGBANG: metodologia e stime*. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. ISPRA, Rapporti 339/21, Roma.
- Celico P. (1983). *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4/2, Roma.
- Civita M. (2005). *Idrogeologia Applicata e Ambientale*. CEA, Milano.
- Civita M.V. (2008). *L'assetto idrogeologico del territorio italiano: risorse e problematiche*. Quaderni della Società Geologica Italiana, 3, Roma.
- Gargini A., Vincenzi V., Piccinini L., Zuppi G.M. & Canuti P. (2008). *Groundwater flow systems in turbidites of the Northern Apennines (Italy): Natural discharge and high speed railway tunnel drainage*. Hydrogeology Journal, 16(8), 1577 - 1599.
- ISTAT (2014). *6° Censimento Generale dell'Agricoltura. Utilizzo della risorsa idrica ai fini irrigui in agricoltura*. ISTAT, Roma.
- ISTAT (2019). *Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia*. ISTAT, Roma.
- ISTAT (2022). *Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua. Anni 2018-2020*. Report ISTAT, Roma.
- ISTAT (2022). *Giornata mondiale dell'acqua 2022. Le statistiche Istat sull'acqua. Anni 2019-2021*. Comunicato stampa ISTAT, Roma.
- MEF (2015). *Le concessioni delle acque minerali e termali. Dati 2015*. Ministero dell'Economia e Finanze, Roma. www.dt.mef.gov.it/fit/
- Poeter E., Fan Y., Cherry J., Wood W. & Mackay D. (2020). *Groundwater in our cycle*. The Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada. <https://gw-project.org>
- UNESCO (2022). *The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater: Making the invisible visible*. UNESCO, Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>