

Il clima e la disponibilità di acque sotterranee in Puglia: effetti recenti e novità in tema di ricarica controllata

Climate and groundwater availability in Apulia: recent effects and new opportunities for managed aquifer recharge

Parole chiave: risorse idriche sotterranee, acquiferi costieri, cambiamento climatico, ricarica delle falde in condizioni controllate, Puglia

Key words: groundwater resources, coastal aquifer, climate change, managed aquifer recharge, Apulia

Domenico Casarano
Tecnologo, CNR-IRPI, Bari
E-mail: d.casarano@ba.irpi.cnr.it

Vittoria Dragone
CTER, CNR-IRPI, Bari
E-mail: v.dragone@ba.irpi.cnr.it

Maurizio Polemio
Ricercatore, CNR-IRPI, Bari
E-mail: m.polemio@ba.irpi.cnr.it

Le acque sotterranee pugliesi costituiscono la risorsa idrica preminente per lo sviluppo socio-economico regionale in virtù della scarsa presenza di risorse superficiali, disponibili solo nel Tavoliere. La penuria idrica, sin da epoca storica, ha fortemente condizionato la vita umana, ad esempio favorendo l'ubicazione di villaggi, oggi prosperose città, soprattutto lontano dalla costa, in luoghi in cui le di acque sotterranee risultavano facilmente estraibili (si veda, ad esempio, il caso di Acquaviva delle Fonti).

Se lo sviluppo possente degli acquedotti ha progressivamente soddisfatto, a partire dall'inizio del secolo scorso, la domanda idrica potabile, molto resta da fare per chiudere il bilancio idrico regionale in modo che risultino soddisfatte le esigenze produttive, in specie quelle agricole, e la sostenibilità dei prelievi (Cotecchia e Polemio 1997, Polemio *et al.* 2010, 2011).

Nel corso del tempo, soprattutto a causa delle modificazioni climatiche, osservate in particolare dal 1980 in poi in tutta l'Italia meridionale (Cotecchia *et al.* 2004), si è registrato un importante calo della ricarica che, posto in relazione al crescente utilizzo delle risorse, ha determinato condizioni di sovrasfruttamento (2011).

La natura costiera dei principali acquiferi pugliesi (Polemio 2005), in quanto tali naturalmente esposti all'intrusione marina, determina rischi di degradazione qualitativa per salinizzazione conseguenti al sovrasfruttamento delle relative falde idriche sotterranee (Polemio e Dragone 1999), il cui concretizzarsi per intrusione laterale e/o per *upconing*, a sua volta comporta ulteriore

degradazione quantitativa, qualora si faccia riferimento alle risorse idriche di alta qualità. Uno degli effetti più rilevanti è stato l'incremento della salinità delle acque sotterranee pugliesi, un fenomeno ad oggi, ben conosciuto (Cotecchia e Polemio, 1997, 1999 e relative bibliografie). Nonostante le conoscenze scientifiche acquisite, i criteri di gestione applicati non hanno impedito una progressiva degradazione qualitativa (Polemio *et al.* 2006).

Alla luce di queste premesse, il presente contributo analizza le più recenti modificazioni climatiche in termini di piovosità e temperatura atmosferica, discusse sulla base delle misure acquisi-

te negli ultimi 95 anni, delle variazioni tendenziali della disponibilità di risorse idriche sotterranee e di come queste potrebbero essere migliorate grazie alla ricarica controllata degli acquiferi.

DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA SINTETICA DELLA PUGLIA

In Puglia si possono distinguere quattro principali strutture idrogeologiche (SI): Gargano, Tavoliere, Murgia e Salento (*Fig. 1*) (Polemio 2005). Il Tavoliere è un acquifero poroso superficiale, potente al più alcune decine di metri, in cui la circolazione idrica sotterranea, a

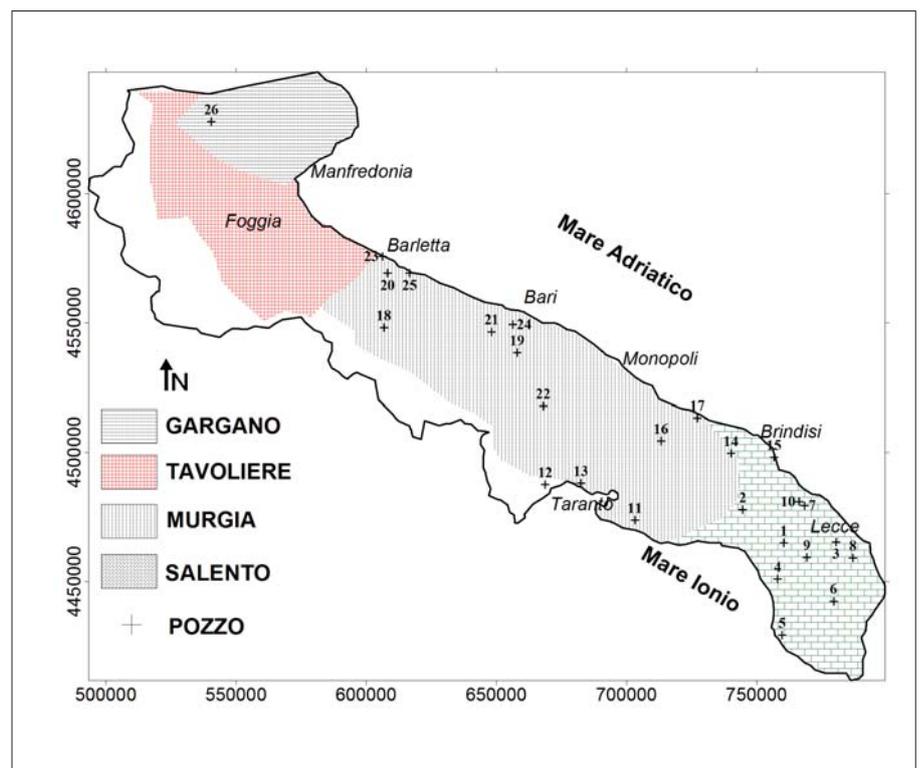


Figura 1. Principali strutture idrogeologiche pugliesi e ubicazione dei pozzi di monitoraggio piezometrico

letto limitata da una formazione argillosa potente centinaia di metri, avviene in condizioni freatiche nella porzione più interna o di monte e in pressione più a valle, fino alla costa. La qualità delle acque sotterranee in genere non consente l'uso potabile mentre il rilevante sovrasfruttamento ha fatto sì che già dal 2007 il Piano Regionale di Tutela preveda un regime differenziato e restrittivo di autorizzazioni al prelievo, motivi per i quali tale SI è di minore interesse applicativo (Polemio *et al.* 2006, Polemio *et al.* 2010).

Risorse idriche sotterranee di alta qualità si rinvencono nelle restanti SI, il Gargano, la Murgia e il Salento. Queste SI hanno in comune alcuni aspetti: sono costituite da rocce calcaree e/o calcareo-dolomitiche del Mesozoico; costituiscono potenti e profondi acquiferi costieri; la permeabilità, disomogenea e anisotropa per effetto del carsismo e della fratturazione, a luoghi è elevata o più elevata, come diffusamente osservato in Salento. La circolazione idrica sotterranea è in prevalenza in pressione nelle aree interne, a differenza di quanto osservato in prossimità delle coste; tra Murgia e Salento si estende un corpo idrico sotterraneo con caratteristiche di continuità (Cotecchia *et al.* 2005). Le tre SI carbonatiche, con effetti molto diversi, in genere più gravi per il Salento, sono interessate dal fenomeno dell'intrusione marina (Sanford *et al.* 2007, Polemio *et al.* 2006).

DATI E METODI

Lo studio si inserisce in una attività di ricerca del Gruppo di Idrogeologia (<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>) di lunga durata, basata principalmente sull'applicazione di metodi di analisi geostatistici di serie temporali climatiche, idrologiche e geochimiche, a supporto della caratterizzazione degli acquiferi, lo studio delle relazioni con i corpi idrici superficiali e la stima dei trend quali-quantitativi delle acque sotterranee (Polemio *et al.* 1999a, Chiaudani *et al.* 2017).

Nel caso in esame si opera su dati termo-pluviometrici e piezometrici, di regola a cadenza mensile, acquisiti considerando diverse fonti. I dati provengono da ricerche storiche, da reti di monitoraggio che hanno cambiato gestione (Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori pubblici, Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia, Lucania ed Irpinia) o attive (Centro Funzionale Regionale del Servizio di Protezione Civile), da campagne di misurazione e

ammmodernamento della rete di monitoraggio finanziate o gestite dalla Regione Puglia, come il "Progetto Tiziano" (2006- 2011) e il successivo "Progetto Maggiore", tuttora in corso, oltre a sporadiche campagne di rilievo svolte dal Gruppo di Idrogeologia, limitatamente alle acque sotterranee.

Per descrivere gli andamenti di temperatura e precipitazioni nell'area di studio sono state selezionate 27 stazioni pluviometriche, di cui 16 termometriche, scelte in base a criteri di durata e comple-

ti valori annuali di fossero i maggiori, generalmente oltre 0, 7). Individuato il gruppo di stazioni meglio correlate, si sono interpolati i dati lacunosi, sia su base mensile che su base annuale, calcolando la media degli scarti dei valori delle stazioni adiacenti, ciascuno rispetto al valore medio della stazione e rapportato alla deviazione standard della serie storica. La media degli scarti normalizzati è stata quindi moltiplicata per la deviazione standard della serie da integrare e sommata al valore medio.

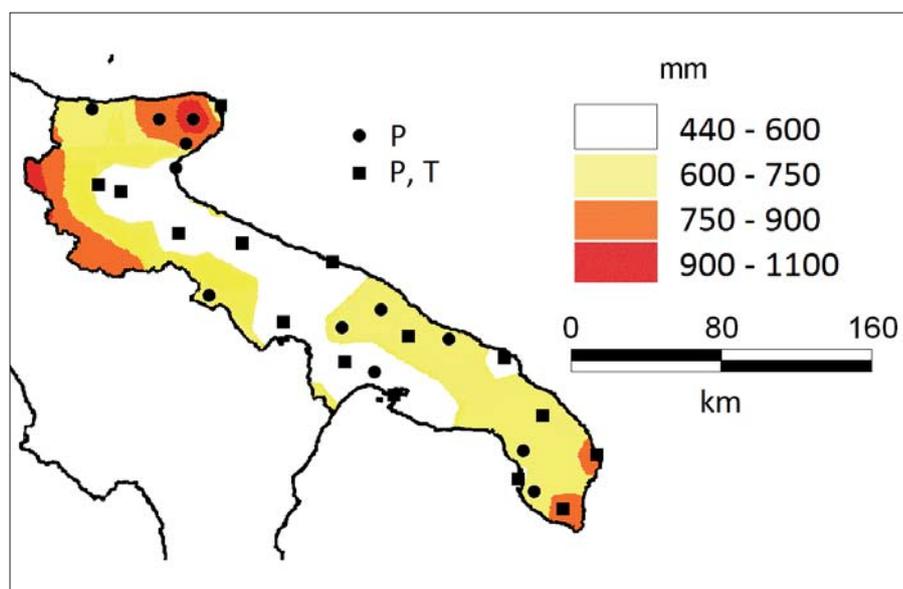


Figura 2. Ubicazione delle stazioni pluviometriche (P) e termometriche (T) selezionate e mappa della piovosità media annua

tezza delle serie temporali, con particolare e prioritario riferimento alla disponibilità di dati negli ultimi due decenni, fino al 2016 (Fig. 2). Per quanto vi siano alcune serie storiche con inizio antecedente, sono state considerate serie storiche pluviometriche a partire dal 1921 e dal 1924 rispettivamente per piovosità e temperatura, per conseguire la migliore omogeneità nella continuità delle serie.

Per l'analisi delle serie temporali piezometriche sono stati selezionati 26 pozzi da un ampio database, dando priorità nuovamente alla disponibilità di dati recenti e secondariamente alla minore incidenza delle lacune, con riferimento al periodo 1965-2016 (Fig. 1), lacune comunque molto più elevate rispetto alle serie termopluiometriche.

Le serie termopluiometriche selezionate sono, proprio per il criterio di selezione, poco lacunose. I dati mancanti sono stati interpolati partendo dalle misure acquisite dalle stazioni più vicine e meglio correlate (per ogni stazione sono state individuate le stazioni, rivelatesi sempre le più vicine, e appartenenti allo stesso versante nel caso delle piogge, per cui i coefficienti di correlazione tra

Per le stazioni termometriche la stessa procedura è stata seguita raggruppando le stazioni per aree geografiche. Le serie piezometriche sono state discusse senza colmare le lacune.

Il trend di ciascuna serie storica è stato quantificato mediante il coefficiente angolare (CA) della retta di regressione ed è stato statisticamente validato mediante il test di Mann-Kendall (livello di significatività 95%).

ANDAMENTI TERMOPLUIOMETRICI E TREND PIEZOMETRICI

Lo studio ha considerato i valori mensili di entrambe le variabili termopluiometriche. La discussione della piovosità si è basata sui valori annuali e trimestrali corrispondenti alle stagioni meteorologiche (settembre-novembre, dicembre-febbraio, marzo-maggio, giugno-agosto). Per i dati termometrici sono stati analizzati i valori di ciascun mese dell'anno e le relative medie annuali.

Fatta eccezione per le stazioni poste in quota sul Gargano, con piovosità media annua da 800 a quasi 1200 mm, la piovosità varia grossomodo tra 450

mm, di parte del Tavoliere, della costa garganica, e della costa ionica tarantina, fino a 700 mm, di aree collinari tra Subbappennino Dauno (con un massimo di circa 800 mm in prossimità del confine regionale), Murgia, e Valle d'Itria. Solo in alcune aree del Salento meridionale si riscontrano valori fino a circa 800 mm (Fig. 2). Generalmente almeno i 2/3 della piovosità media annua, in media sull'intera regione pari a circa 640 mm,

sensibilmente e pressoché stabilmente superiori alla media. Se si considerano le tendenze sull'intero periodo studiato (96 anni per i dati pluviometrici), si osserva come la tendenza al calo pluviometrico osservata nel periodo 1921-2001, peraltro di entità più contenuta sul territorio pugliese rispetto alle altre regioni meridionali (era stato stimato un calo tendenziale sull'intero periodo di 65 mm, pari al 10% della piovosità

pure mostravano una accresciuta occorrenza di annate più calde a partire dagli anni '80, senza che però questo individuasse una tendenza generalizzata e significativa sull'intero periodo fino al 2001, negli ultimi 15 anni hanno maturato invece una tendenza netta e statisticamente significativa al rialzo termico, con una crescita tendenziale che in molti casi è intorno a 1,5 °C sui 92 anni del periodo di studio (Tab. 2).

Tabella 1. Tendenzia delle precipitazioni su base annuale, calcolata sulle 27 stazioni in esame, calcolata sui periodi di riferimento 1921-2001 e 1921-2016

Periodo	Trend medio (CA, mm/anno)	Stazioni con trend positivi (di cui significativi)	Stazioni con trend negativi (di cui significativi)
1921-2001	-0,658	7 (0)	20 (4)
1921-2016	0,192	17 (3)	10 (0)

sono concentrati nel periodo autunno-inverno, mentre le precipitazioni complessive dei tre mesi estivi superano mediamente i 100 mm solo nelle località più piovose del Gargano.

La temperatura media annua delle stazioni poste a quote basse (minori di 200 m s.l.m.) varia circa da 16 a 17,5

media annua regionale), sia stata compensata dalla piovosità degli ultimi 15 anni (2002-2016), neutralizzando quindi la tendenza negativa sull'intero periodo manifestatasi al termine del 2001 (Tab. 1), coerentemente con quanto segnalato da Doglioni e Simeone (2019). Al contrario, i dati termometrici, che

Tale situazione è evidente e statisticamente significativo sia in termini complessivi che discutendo le singole serie storiche, come nell'esempio di Taranto (Fig. 3). Dal punto di vista geografico, la tendenza all'incremento delle temperature risulta attenuata muovendosi verso il basso Salento.

Tabella 2. Tendenzia delle temperature su base annuale, calcolata per aree geografiche, sui periodi di riferimento 1924-2001 e 1924-2016

Provincia o regione	Trend (CA, °C/anno) medio e numero di serie con trend positivo o negativo (tra parentesi il serie con trend significativo)					
	1924-2016			1924-2001		
	CA	Positivo	Negativo	CA	positivo	negativo
Foggia	0.0145	4 (4)	-	0.0073	4 (2)	-
Bari- BAT	0.0141	4 (4)	-	0.0062	4 (2)	-
Taranto	0.0112	3 (3)	-	0.0017	2 (1)	1 (0)
Brindisi-Lecce	0.0047	5 (1)	-	-0.0041	1 (0)	4 (2)
Puglia	0.0107	16 (12)	-	0.0024	11 (5)	5 (2)

°C. I valori medi del mese più freddo, gennaio, sono compresi tra 7,5 e 10,7 °C, quelli del mese più caldo (generalmente luglio, in alcune località del Salento agosto), variano tra poco meno di 25 e 26,4 °C.

Lo studio ha considerato le tendenze termopluviometriche sull'intero periodo per cui sono presenti i dati, aggiornando i risultati di lavori svolti in precedenza (Cotecchia *et al.* 2004) sui dati fino al 2001, ed estesi a 4 regioni dell'Italia meridionale. Gli anni successivi al 2001 sono stati complessivamente piuttosto piovosi, contrariamente ai 20 anni precedenti, caratterizzati da ricorrenti periodi siccitosi. Diversamente da quanto spesso è accaduto (all'aumento della piovosità si associa un calo delle temperature), gli anni successivi al 2001 hanno mostrato anche temperature

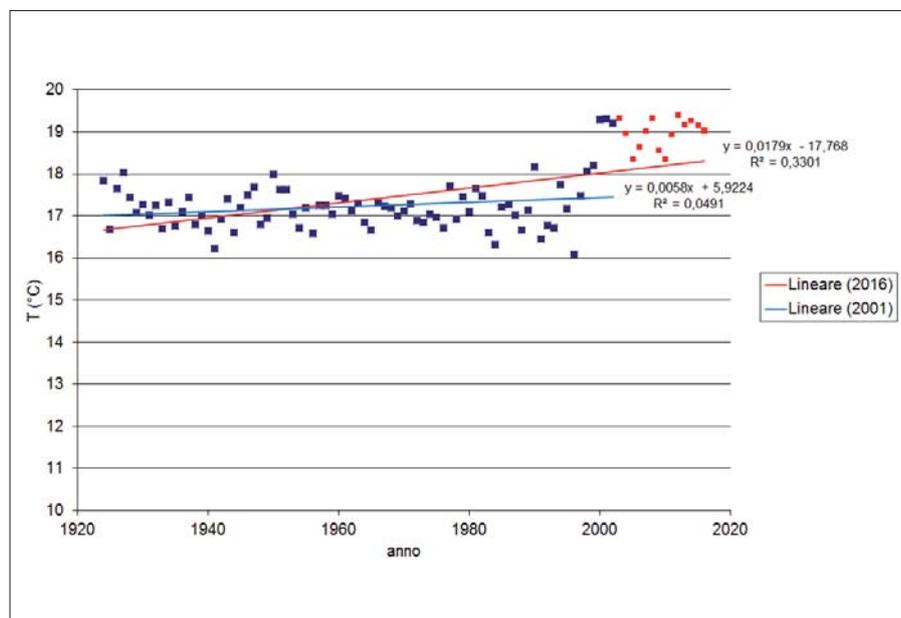


Figura 3. Andamento della temperatura media annua a Taranto e confronto della tendenza dal 1924 al 2001 e al 2016

Va osservato inoltre come la tendenza pluviometrica non sia comunque univoca qualora si passi alla durata stagionale: per la stagione invernale, dove la tendenza al calo pluviometrico era apparsa in passato maggiormente evidente, l'andamento non risulta nettamente modificato rimanendo quindi perlopiù negativo (Tab. 3). Al contrario, per le altre stagioni l'analisi sull'intero periodo indica generalmente una tendenza all'incremento della piovosità, con l'autunno che in molti casi diviene tendenzialmente più piovoso dell'inverno. La tendenza all'incremento delle precipitazioni nel periodo primaverile ed estivo, anche dove assume significatività statistica, si traduce comunque in valori in assoluto non rilevanti rispetto alla piovosità annuale complessiva.

Come già osservato in passato (Polemio *et al.* 2011), l'effetto combinato di modificazioni termopluviometriche annuali e stagionali si combina in modo da tale da determinare un netto incremento tendenziale dell'evapotraspirazione reale, circostanza questa che sia riduce la ricarica naturale degli acquiferi regionale sia enfatizza il deficit idrico delle colture, incoraggiando l'incremento dei prelievi irrigui.

Delle 26 serie piezometriche selezionate, prevalentemente per la disponibilità di dati recenti, 18 presentano trend negativi ovvero tendenze al calo della disponibilità, pari a circa il 70% delle serie (Tab. 4). Se si considerano i trend statisticamente significativi, soltanto 17 serie hanno questa caratteristica, dei quali 12 hanno tendenza negativa, sempre circa pari al 70% delle serie. Tralasciando l'unica serie relativa al Gargano, se si focalizza l'attenzione

sulle 4 serie dal trend significativo positivo, l'unica associata al Salento (pozzo 15, Fig. 1) si pone in un'area in cui forte è l'influenza delle perdite della Murgia verso il Salento; i tre casi statisticamente positivi della Murgia invece si pongono in piena area di ricarica della stessa o in prossimità di questa (pozzi 18, 21 e 22), dove minimo è l'effetto diretto dei prelievi.

Questo risultato conferma l'ipotesi relativa al pozzo 15 (nel senso dell'influenza murgiana) e lascia pensare che le minori caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero murgiano rispetto a quello salentino (Cotecchia *et al.* 2005) permettano un più rapido recupero in termini potenziometrici. Infine, come già emerso in passato, i valori estremi delle tendenze si confermano più accentuati nel caso della Murgia rispetto al Salento (Tab. 3) (Polemio *et al.* 2011).

I suddetti risultati sono coerenti con quanto emerso da studi svolti nel medesimo territorio ma con diverse metodologie e diversi dati (Doglioni e Simeone 2014). In particolare, emerge che gli effetti più recenti del cessato peggioramento in termini di calo della ricarica si avvertano fattivamente laddove minori sono le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, ancora una volta a scapito delle risorse idriche sotterranee del Salento (Doglioni e Simeone 2019).

La tendenza piezometrica è risultata quindi generalmente negativa al 2016 pur se in miglioramento rispetto a valutazioni precedenti. Vi è quindi una conferma di una prevalente tendenza al decremento piezometrico e quindi al calo della disponibilità della risorsa, pur se il cambiamento climatico in atto ha offerto una tregua, tuttora in corso.

LA RICARICA CONTROLLATA DELLE FALDE

La ricarica artificiale ha senso qualora si voglia: migliorare il trend della disponibilità, migliorando il bilancio idrologico dell'acquifero fino incrementare le riserve idriche; contrastare l'intrusione marina o la subsidenza dovuta all'estrazione artificiale di fluidi e/o contribuire alla tutela degli ecosistemi, in particolare delle zone umide.

A tale scopo, si possono utilizzare acque superficiali dolci, desalinizzate, o acque depurate. In particolare, per ricarica controllata (RCF) si intende un intervento, in genere un'opera di ingegneria idraulica o ambientale, che abbia lo scopo di incrementare artificialmente l'alimentazione di un acquifero, controllandone gli effetti durante e successivamente l'esercizio dell'opera. Aggiungendosi alla ricarica naturale in termini di bilancio idrologico, si distingue da quella naturale per essere artificiale; si distingue dagli interventi che abbiano effetti indiretti di ricarica, quali quelli legati alle perdite da reti idriche, agli eccessi irrigui o agli scarichi di acque reflue in corsi d'acqua effimeri o zone endoreiche permeabili (come accade in taluni casi in Puglia), per essere intenzionale e controllata.

A questo ultimo scopo, l'intervento deve includere soluzioni che assicurino, fin dal progetto, che non ci siano effetti negativi sulla salute umana, sull'ambiente e sulle opere esistenti.

La RCF è una tecnica utilizzata in pochi casi in Italia mentre ha già trovato ampia utilizzazione in paesi quali USA, Australia, e Israele o, in Europa, in Slovacchia o in Olanda (Dillon *et al.* 2018).

Tabella 3. Tendenza media stagionale della piovosità (tutte le 27 stazioni selezionate)

Periodo	Trend medio (CA, mm/anno) 1921-2018	Stazioni con trend positivi (di cui significativi)	Stazioni con trend negativi (di cui significativi)
Primavera	0.218	25 (2)	2 (0)
Estate	0.190	24 (2)	3 (0)
Autunno	0.209	19 (4)	8 (0)
Inverno	-0.416	3 (0)	24 (4)

Tabella 4. Trend piezometrici dal 1965 al 2016

Struttura Idro-geologica	osservazioni		pozzi n.	Trend positivi (significativi)	Trend negativi (significativi)	CA (m/mese) minimo
	da	a				
Salento	1965	2016	12	3 (1)	9 (5)	-0.005
Murgia	1965	2016	13	4 (3)	9 (7)	-0.022
Gargano	1975	2016	1	1 (1)	-	-

Il limitato utilizzo in Italia si deve in gran parte alle forti limitazioni normative, finora vigenti allo scopo, nobile ma evidentemente eccessivo se non controproducente, di proteggere le risorse idriche più pregiate, appunto quelle sotterranee. Il decreto n. 100/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha attenuato tali restrizioni, prevedendo che si possa realizzare un intervento di RAC laddove siano stati individuati un corpo idrico donatore e uno sotterraneo bisognoso, definito ricevente. Tali corpi idrici (donatore e ricevente) devono essere preventivamente classificati tali a carico di ciascuna Regione, secondo specifici criteri. In pratica, la legislazione vigente in Italia tuttora esclude che si possano utilizzare per la ricarica acque reflue adeguatamente trattate.

Visto quanto riassunto in merito all'idrogeologia della Puglia, non vi è dubbio che la legislazione vigente, ancora una volta, non tiene conto delle peculiarità di un territorio regionale prevalentemente carsico, in quanto tale con marginali possibilità di individuare corpi idrici donatori, essendo diffusamente assenti quelli superficiali e pochi nonché coincidenti con i riceventi quelli sotterranei. L'unica eccezione potrebbe associarsi alla SI del Tavoliere, la meno interessante ai fini pratici, per quanto già riassunto. Allo stesso tempo, vi sono enormi difficoltà sia a smaltire le acque reflue ordinariamente trattate, per la natura più che effimera dei corsi d'acqua nelle tre SI carbonatiche e per il pregio ambientale e turistico delle coste, sia a riutilizzare quelle trattate fin quasi alla potabilità.

Una soluzione transitoria, in attesa che la legislazione contempli adeguatamente il caso Puglia, soluzione porposta da questa nota, sarebbe quella di creare corpi idrici superficiali, evidentemente almeno in parte artificiali, stabilmente alimentati da adeguati impianti di depurazione, da cui effettuare la RAC diretta in falda, operando così in "punta di diritto".

CONCLUSIONI

L'articolo evidenzia che gli effetti del cambiamento climatico si traducono in Puglia in un perdurante contesto di progressivo aumento dell'evapotraspirazione reale e diminuzione della ricarica naturale. Il primo di questi due effetti non può che comportare un progressivo aumento della domanda idrica, in particolare quella diffusa sul territorio, tipicamente legata all'agricoltura.

Queste tendenze, innescatesi con particolare evidenza a partire dagli anni ottanta, mostrano una lieve attenuazione negli ultimi 15 anni.

Le risorse idriche sotterranee regionali hanno beneficiato di questa attenuazione, una sorta di tregua, recuperando solo in modesta parte la disponibilità idrica persa.

Il miglior modo per utilizzare questa tregua climatica dovrebbe essere quello di prepararsi per le prossimi siccità, anche dando seguito a ogni iniziativa che migliori il bilancio idrologico degli acquiferi pugliesi, tra cui di certo operando per realizzare interventi di RAC.

BIBLIOGRAFIA

- CHIAUDANI A., DI CURZIO D., PALMUCCI W., PASCULLI A., POLEMIO M., RUSI, S. (2017), *Statistical and Fractal Approaches on Long Time-Series to Surface-Water/Groundwater Relationship Assessment: A Central Italy Alluvial Plain Case Study*. Water, v. 9, no. 11, p. 28.
- COTECCHIA V., POLEMIO M. (1997), *L'inquinamento e il sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee pugliesi*, in Proceedings VI Workshop del Progetto Strategico "Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno", Taormina, 13-15 Dicembre 1995, Volume I, Consiglio Nazionale delle Ricerche, p. 447-484.
- COTECCHIA V., POLEMIO M. (1999), *Apulian groundwater (Southern Italy) salt pollution monitoring network*, *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift (Flemish Journal of Natural Science)*, v. 79, no. Special Issue for 15th SWIM Meeting, p. 197-204.
- COTECCHIA V., CASARANO D., POLEMIO M. (2004), *Characterization of rainfall trend and drought periods in Southern Italy from 1821 to 2001*, in Proceedings 1st Italian-Russian Workshop "New Trends in Hydrology", Rende (CS), 2004, Edibios, p. 139-150.
- COTECCHIA V., GRASSI D., POLEMIO M. (2005), *Carbonate aquifers in Apulia and seawater intrusion*, *Giornale di Geologia Applicata*, v. 1, no. Some Engineering Geology case histories in Italy, Special Issue for 32nd IGC, Florence, 2004, p. 219-231.
- DILLON P., STUYFZAND P., GRISCHEK T., LLURIA M., PYNE R.D.G., JAIN R.C., BEAR J., SCHWARZ J., WANG W., FERNANDEZ E., STEFAN C., PETTENATI M., VAN DER GU, J., SPRENGER C., MASSMANN G., SCANLON B.R., XANKE J., JOKELA P., ZHENG Y., ROSSETTO R., SHAMRUKH M., PAVELIC P., MURRAY E., ROSS A., BONILLA VALVERDE J.P., PALMA NAVA A., ANSEMS N., POSAVEC K., HA K., MARTIN R., SAPIANO M. (2018), *Sixty years of global progress in managed aquifer recharge*, *Hydrogeology Journal*, Article in Press. DOI: 10.1007/s10040-018-1841-z
- DOGLIONI A., SIMEONE V. (2014), *Data-driven modeling of the dynamic response of a large deep karst aquifer*, *Procedia Engineering*, vol. 89, p. 1254-1259, ISSN: 1877-7058, doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.430.
- DOGLIONI A., SIMEONE V. (2019), "Effects of Climatic Changes on Groundwater Availability in a Semi-arid Mediterranean Region", In: Shakoob A., Cato K. (eds) IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, San Francisco, California, 2018 - Volume 4 p. 105-110, doi: 10.1007/978-3-319-93133-3_14.
- POLEMIO M., DRAGONE V. (1999), *Serie storiche piezometriche delle unità idrogeologiche pugliesi: regime piezometrico, effetti climatici ed antropici*, Pubbl. GNDCI n. 2015, Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna, 1999, 4, 143-152.
- POLEMIO M., DRAGONE V., DI CAGNO M. (1999a), Effetti antropici e naturali sul degrado quantitativo delle acque sotterranee del Tavoliere, *Quaderni di Geologia Applicata*, v. 4, p. 143-152.
- POLEMIO, M. (2005), *Seawater intrusion and groundwater quality in the Southern Italy region of Apulia: a multi-methodological approach to the protection*. UNESCO, IHP 77, 171-178, Paris.
- POLEMIO M., LIMONI P.P., MITOLO D., VIRGA R. (2006), *Il degrado qualitativo delle acque sotterranee pugliesi*, *Giornale di Geologia Applicata* 3, 25-31.
- POLEMIO M., CASARANO D., LIMONI P.P. (2010), *Apulian coastal aquifers and management criteria*, SWIM 21 - 21st Salt Water Intrusion Meeting, Azores, 203-206.
- POLEMIO M., DRAGONE V., LIMONI P.P. (2011), *La disponibilità di acque sotterranee in puglia negli ultimi 80 anni*, *Atti delle Giornate di Studio "Impatto delle modificazioni climatiche su rischi e risorse naturali. Strategie e criteri d'intervento per l'adattamento e la mitigazione"*, 10-11 Marzo 2011, Bari.
- SANFORD W., LANGEVIN C., POLEMIO M., POVINEC P. (2007), Background and summary a new focus on groundwater-seawater interactions, in Sanford, W., Langevin, C., Polemio, M., and Povinec, P., eds., *New focus on groundwater-seawater interactions*, Volume 312, IAHS, p. 3-10.