

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

204

GIORNATA MONDIALE DELL'ACQUA

LA SICCIÀ IN ITALIA

(Roma, 21 marzo 2003)



ROMA
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
2004

MAURIZIO POLEMIO^(a), VITTORIA DRAGONE^(a)

LA SICCATÀ E LA DISPONIBILITÀ DI ACQUE SOTTERRANEE IN PUGLIA^(*)

1. INTRODUZIONE

Le acque sotterranee della Puglia costituiscono un riferimento importante per lo sviluppo regionale in campo civile, agricolo, ed industriale in conseguenza della modestissima disponibilità regionale di risorse idriche superficiali.

L'inquinamento salino delle risorse idriche sotterranee della Puglia, dovuto al fenomeno dell'intrusione marina, così come la riduzione progressiva delle disponibilità effettive dell'acquifero dolce, che si manifesta con un diffuso calo piezometrico, fenomeno che a sua volta aggrava l'inquinamento salino, sono conseguenze della scarsa tutela delle risorse idriche sotterranee. Nonostante il gran numero di pozzi già presenti nella Regione, la cui stima, nel 1992, era di circa 90.000, i consumi idrici, di qualsiasi tipo, continuano a crescere ben oltre la ricarica naturale. Su tali stime pesa molto la difficoltà di valutazione dei prelievi, in particolare per uso irriguo: si risente l'effetto particolarmente grave del problema dell'abusivismo da parte dei privati, che regola da decenni la trivellazione di nuovi pozzi e l'utilizzazione di quelli esistenti.

Il pregio delle risorse idriche sotterranee regionali è peraltro elevato, almeno per quanto attiene a quelle di migliore qualità, oggi ancora rinvenibili lontano dalla costa, tanto che si ritiene debbano costituire una risorsa strategica, destinata a fornire acqua di qualità, da gestire in vista di fabbisogni futuri di emergenza, in particolare in relazione al rischio di nuove siccità, rischi concreti così come dimostrato dalle ri-

^(a) CNR-IRPI, Sezione di Bari – Politecnico di Bari – Via E. Orabona, 4 – 70100 Bari.

^(*) Pubblicazione redatta dalla U.O.4.14 nell'ambito dell'attività del GNDICI-CNR.

cerche di cui questo contributo è parte integrante (Polemio 2000; Polemio-Casarano 2004).

Il presente studio si basa sull'analisi di serie cronologiche di dati principalmente piezometrici ma anche pluviometrici e termometrici. Le numerose serie storiche, di dati idrologici mensili, derivano da un complesso di stazioni piezometriche (Regione Puglia 1983) e termopluviometriche del SIMN (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale). L'analisi dei dati storici, eseguita mediante tecniche dedicate, ha permesso di evidenziare alcuni caratteri degli acquiferi, il regime piezometrico, i rapporti intercorrenti tra piogge e variazioni piezometriche nonché gli aspetti tendenziali, negli ultimi 30 anni, delle variazioni piezometriche, seguendo ed ampliando un approccio positivamente sperimentato in acquiferi porosi.

Le unità idrogeologiche della regione Puglia sono quattro: Gargano, Tavoliere, Murgia e Salento, in figura 1 sono rappresentate così come definite dal Piano di Risanamento delle Acque (Regione Puglia 1983).

Eccetto il Tavoliere, le restanti unità idrogeologiche hanno in comune alcuni aspetti. Sono caratterizzate da ampi e potenti acquiferi con sede nelle rocce calcaree e/o calcareo-dolomitiche del Mesozoico. L'unità idrogeologica del Tavoliere è caratterizzata da un acquifero poroso la cui circolazione idrica sotterranea, a letto limitata da una formazione

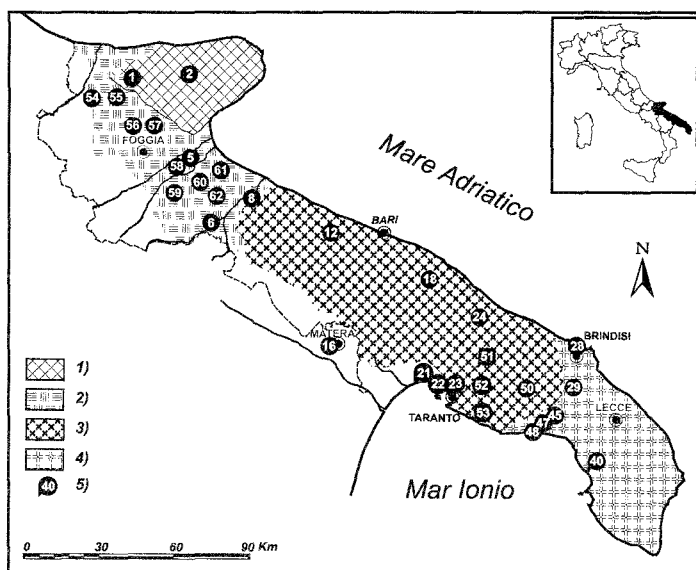


Fig. 1 – Unità idrogeologiche e pozzi (Regione Puglia 1983). 1) Gargano, 2) Tavoliere, 3) Murgia, 4) Salento, 5) pozzi considerati.

argillosa potente alcune centinaia di metri, avviene in condizioni freatiche nella parte più interna del territorio e in pressione più a valle, fino alla costa. Tutte le unità idrogeologiche, con effetti molto diversi, sono interessate dal fenomeno dell'intrusione marina. Una più dettagliata caratterizzazione delle unità idrogeologiche, che esula dalle finalità di questa nota, è descritta da Polemio (2000) e dalla relativa bibliografia.

2. ANALISI DEI DATI

Lo studio condotto si è basato sull'analisi di lunghe serie di rilievi piezometrici. I rilievi sono relativi a 62 pozzi, selezionati tra quelli citati dal Piano di Risanamento delle Acque (Regione Puglia 1983) e dal Servizio Idrografico, Sezione di Bari (Polemio-Dragone 1999; Polemio *et al.* 1999).

TABELLA 1

Pozzi selezionati, distinti per unità idrogeologica di appartenenza e disponibilità temporale. Tendenza osservata espressa dal minimo CA (m/mese) osservato.

Unità idrogeologica	N. pozzi	Dati disponibili		CA minimo	Tendenza più Probabile al 2002
		da	a		
Tavoliere	11	1929	1994	- 0,034	Calo
Gargano	4	1975	1978	- 0,0026	Calo moderato?
Murgia	30	1965	1997	- 0,020	Forte calo
Salento	17	1965	1997	- 0,005	Calo moderato

Alcuni dei pozzi selezionati sono oggi parte integrante della rete di monitoraggio della Regione Puglia, già gestita dall'Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione (Polemio 2000).

Le serie cronologiche piezometriche mensili contengono dati in media per almeno 7 anni solari completi, a partire dal 1965. Le misure sono disponibili regolarmente per il periodo 1973-1978; alcune serie si spingono con regolarità fino al 1991, rilievi sono disponibili brevi serie cronologiche tra il 1996 e il 1997 in Murgia e Salento. Le serie relative ai pozzi del Tavoliere sono disponibili da un minimo di 17 ad un massimo di 55 anni, tra il 1929 e il 1994.

Per caratterizzare il comportamento delle altre variabili significative per il ciclo idrologico, per caratterizzare il trend climatico e valutare la

dipendenza della disponibilità di acque sotterranee da quanto accade all'esterno dell'acquifero, sono state considerate serie storiche di piovosità, temperatura atmosferica e deflusso fluviale, nonché, in modo qualitativo, stante l'indisponibilità di dati, il consumo idrico mediante acque sotterranee e in virtù di risorse esterne addotte dagli acquedotti.

Il regime pluviometrico è risultato simile in ogni unità idrogeologica, con un unico minimo in luglio o agosto e un unico massimo tra novembre o febbraio. Lo stesso può dirsi della temperatura, che descrive ovunque un regime con massimi in luglio o agosto e minimi tra novembre e febbraio.

I regimi delle falde mostrano caratteri differenziabili per unità idrogeologica. Per evidenziare tali differenze, per ciascun pozzo la quota piezometrica mensile è stata riferita alla quota media, in modo da enfatizzare i caratteri della ciclicità stagionale e rimuovere l'effetto della differente quota media (Fig. 2).

In particolare, i pozzi della Murgia descrivono in genere un regime simile, fondamentalmente con un solo massimo in febbraio o marzo e un solo minimo tra luglio e settembre, ma con variazioni piezometriche mensili notevolmente diverse da pozzo a pozzo. Più omogeneo è risultato il regime della falda salentina, le cui curve possono ricondursi, con l'unica eccezione del pozzo 42, del tutto anomalo, ad un unico andamento, con massimi tra novembre e marzo e minimi in corrispondenza dei mesi di luglio e agosto.

Nel Tavoliere si osserva che i regimi piezometrici sono differenziabili secondo l'ubicazione delle stazioni, in aree urbane o in aree agricole;

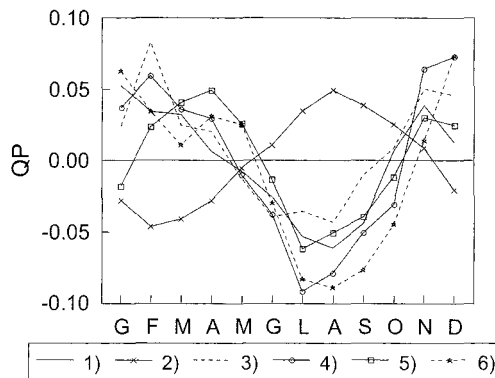


Fig. 2 - Regime della falda idrica sotterranea dei pozzi del Salento QP = quota piezometrica riferita alla media (m). Pozzo 1) 34, 2) 42, dal 1965 al 1979, 3) 43, 4) 44, 5) 49, 6) 42, dal 1980 al 1991.

tale suddivisione non muta se si dividono i pozzi in pressione da quelli freatici. I regimi relativi alle quattro stazioni “urbane” mostrano variazioni delle altezze piezometriche molto contenute ed irregolari, che non è possibile ricondurre ad un unico andamento, evidentemente a causa delle perdite di acquedotto e fognatura (Polemio-Dragone 1999). Al contrario, le stazioni ubicate nelle aree agricole presentano un regime piezometrico molto simile e regolare, con un solo massimo, tra febbraio e marzo, e un solo minimo, relativo al mese di settembre.

Poco può dirsi per il Gargano, per lo scarso numero di stazioni e per la breve durata delle serie.

Il carattere tendenziale delle serie storiche piezometriche è stato individuato, mediante il coefficiente angolare CA della retta di regressione, la cui significatività è stata valutata con il test di Mann-Kendall (Tab. 1) (Dietz-Kileen 1981).

I risultati hanno evidenziato, per la maggior parte dei pozzi, un valore negativo, identificando una tendenza diffusa, sia pure lentissima in alcuni casi, al calo piezometrico. I minori decrementi piezometrici tendenziali si osservano in Salento, a cui si associa generalmente un coefficiente angolare CA maggiore di $-0,001$ m/mese. I CA più gravi, cioè i valori minimi di CA, si osservano nell'interno della Murgia e del Tavoliere, con valori minori di $-0,02$ e di $-0,03$ m/mese rispettivamente. Si noti, a questo proposito, che CA pari a $-0,02$ m/mese equivale a un calo piezometrico di 12 m in 50 anni. Nella Murgia, come anche per le altre unità idrogeologiche, il CA si approssima a zero, come naturale, procedendo dall'interno verso la costa.

Sulla base delle conoscenze in tema di trend piezometrico, termopluviometrico e di deflusso fluviale, nonché delle relazioni statisticamente esistenti tra tali variabili, di cui si dirà nel seguito, ed effettuate alcune misure dirette recenti, la tendenza piezometrica più probabile durante l'attuale siccità è risultata ovunque grave (Tab. 1).

In campo idrologico e idrogeologico è molto importante valutare la capacità di una variabile di assumere valori nel tempo poco diversi dai precedenti e l'influenza da variabili ad essa correlate, le quali possono produrre effetti con diversi intervalli di tempo (lag). Tali caratteristiche possono essere quantificate mediante indicatori statistici quali i coefficienti di autocorrelazione e crosscorrelazione (Maione-Moisello 1993).

I coefficienti piezometrici di autocorrelazione mostrano un andamento progressivamente decrescente, a partire da valori prossimi all'unità. Ciò comporta che le falde idriche pugliesi manifestano un rilevante effetto memoria, cioè la quota piezometrica di un dato mese dipende fortemente da quella dei mesi precedenti, in modo significativo e decre-

scente all'aumentare del ritardo, in genere non meno di 3 mesi, ciò costituisce una peculiare caratteristica degli acquiferi, di notevole importanza soprattutto in periodi siccitosi. Più duraturo e accentuato l'effetto memoria di Salento e Tavoliere, a riprova delle ottime caratteristiche di queste unità idrogeologiche.

Le relazioni tra le variabili piezometriche e quelle climatiche con sfasamenti temporali da 1 a 12 mesi hanno registrato valori di crosscorrelazione significativi per un ritardo di 1-4 mesi. L'effetto delle precipitazioni si risente fino a un massimo di 2-3 mesi, mentre la migliore correlazione con la temperatura si registra con un ritardo di 4 mesi. La circostanza che anche le variazioni termiche risultino significative, a luoghi più della piovosità, come nel caso del Tavoliere, è dovuta alla natura del clima, diffusamente semiarido. In tale clima, la temperatura è significativa per due diversi fenomeni: il primo, assolutamente naturale, è l'evapotraspirazione, che "regola" la disponibilità di piogge efficaci ai fini dell'infiltrazione, l'altro, di natura antropica, è legato al deficit idrico estivo, dovuto principalmente alle alte temperature, che, in virtù delle prevalenti attività agricole, viene compensato mediante diffusi emungimenti dalla falda. Il confronto tra piovosità e temperatura mostra che le due variabili sono tra loro correlabili, e che tale correlazione si inverte circa ogni sei mesi, con notevole regolarità.

3. CONCLUSIONI

Mediante l'utilizzo di metodi di statistica delle serie storiche è stato possibile evidenziare alcuni caratteri degli acquiferi pugliesi, quali il regime piezometrico, i rapporti intercorrenti tra precipitazioni meteoriche, temperatura atmosferica e variazioni piezometriche.

Lo studio del regime della falda idrica sotterranea ha evidenziato una diversità di comportamento tra le diverse unità idrogeologiche.

Tutti gli acquiferi considerati mostrano un effetto memoria notevole, in alcuni casi molto rilevante, effetto imputabile alle buone caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi considerati, che modulano notevolmente qualsiasi impulso esterno.

La ricostruzione degli aspetti tendenziali, negli ultimi 30 anni, delle variazioni piezometriche ha mostrato un abbassamento considerevole della quota piezometrica in tutte le unità idrogeologiche, con valori più accentuati per le aree interne della Murgia e del Tavoliere.

Gli elementi raccolti segnalano un progressivo depauperamento delle falde idriche proprio dove si concentrano le acque sotterranee di miglio-

re qualità. Le porzioni più pregiate delle falde idriche pugliesi dovrebbero essere viste, al contrario, come una potenziale riserva idrica da utilizzare quale risorsa integrativa in particolari condizioni di emergenza, così come verificatosi, in modo caotico e disorganizzato, sul finire degli anni '80, per fronteggiare l'emergenza idrica per siccità. Si rende necessaria, quindi, una politica gestionale delle risorse idriche sotterranee che consenta agli acquiferi di accumulare acque sotterranee nei periodi umidi, in cui abbondano le acque di superficie, per restituirle nei periodi aridi, svolgendo una funzione di compenso pluriennale.

BIBLIOGRAFIA

- DIETZ E.J., KILEEN A., 1981. *A Nonparametric Multivariate Test for Monotone Trend with Pharmaceutical Applications*. Journal of the American Statistical Association, 76: 169-174.
- MAIONE U., MOISELLO U., 1993. *Statistica per l'Idrogeologia*. La Goliardica Pavese.
- POLEMIO M., 2000. *Degradation risk owing to contamination and overdraft for Apulian groundwater resources (Southern Italy)*. Water resources management in a vulnerable environment for sustainable development, UNESCO-IHP, Grifo Publishers, Perugia: 185-194.
- POLEMIO M., CASARANO D., 2004. *Piovosità e recenti siccità in Italia meridionale*. In: *La siccità in Italia*. Accademia dei Lincei, Roma.
- POLEMIO M., DI CAGNO M, DRAGONE V., 1999. *Effetti antropici e naturali sul degrado quantitativo delle acque sotterranee del Tavoliere*. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna, 4: 153-162.
- POLEMIO M., DRAGONE V., 1999. *Serie storiche piezometriche delle unità idrogeologiche pugliesi: regime piezometrico, effetti climatici ed antropici*. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna, 4: 143-152.
- POLEMIO M., DRAGONE V., 2003. *Gli effetti antropici e climatici sulla disponibilità delle acque sotterranee della piana Ionico-Lucana*. 1° Congresso Nazionale AIGA, Chieti, febbraio.
- REGIONE PUGLIA, 1983. Piano di risanamento delle acque. BUR n. 132/83, L.R. del 19/12/83 n. 24.