

## Eutrofizzazione degli invasi destinati alla produzione di acqua potabile

di Anna Abita, Paola Aiello, Viviana Buscaglia e Antonino Granata dell'ARPA Sicilia

ARPA Sicilia effettua il monitoraggio delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, ai sensi dell'Allegato 2 della Parte III del D.Lgs. 152/06. Nella tabella 1 sono riportate gli invasi destinati alla produzione di acqua potabile della Sicilia, previste nel Piano di Gestione delle Acque del distretto idrografico della Sicilia (PdG), con la relativa classificazione ove definita. Dalla categoria di classificazione dipende il tipo di trattamento a cui le acque devono essere sottoposte (A2: trattamento fisico e chimico normale e disinfezione; A3: trattamento fisico e chimico spinto, affinamento e disinfezione). Le acque che presentano caratteristiche inferiori alla categoria A3 possono essere utilizzate, in via eccezionale, solo qualora non sia possibile ricorrere ad altre fonti di approvvigionamento.

TABELLA 1

Fonti Superficiali	Opera di Presa (Località)	Provincia	Classificazione	Potabilizzatore
Invaso Poma	Partinico	PA	A2	Cicala
Invaso Scanzano	Madonna delle Grazie (Marineo)	PA	A2	Risalaimi
Invaso Piana degli Albanesi	Piana degli Albanesi	PA	A2	Risalaimi, Gabriele
Invaso Rosamarina	Caccamo	PA	A2	Risalaimi, Imera
Invaso Garcia	Roccamena	PA	A2	Sambuca
Invaso Prizzi	Prizzi	PA	In via di classificazione	Corleone
Invaso Fanaco	Castronovo di Sicilia	PA	A2	Piano Amata
Invaso Castello	Bivona	AG	In via di classificazione	S. Stefano di Quisquinia
Invaso Ancipa	Troina	EN	A2	Ancipa
Invaso S. Rosalia	Ragusa	RG	A2 in via di classificazione	Acquedotto rurale S. Rosalia

Nella tabella 2 sono riassunti i risultati del 2011 e del 2012, esplicitando la percentuale dei superamenti dei valori guida (VG) e dei valori imperativi (VI) previsti nella Tabella 1/A dell'allegato 2 del D.Lgs. 152/06, indicando in parentesi i parametri che hanno rilevato i superamenti.

Si evidenzia la permanenza della non conformità alla classificazione dal 2011 al 2012 per Poma, Scanzano, Rosamarina, Garcia e Santa Rosalia. Gli invasi Fanaco e Ancipa presentano invece un lieve peggioramento (rispettivamente un superamento per la temperatura e per l'azoto totale), visto che nel 2012 si registra una non conformità alla classificazione prevista. L'invaso di Piana degli Albanesi conferma invece la conformità alla classificazione A2.

A causa delle esigue risorse umane di ARPA Sicilia non è stato possibile attuare il monitoraggio di sorveglianza e/o operativo, previsto ai sensi del DM260/2010, in nessuno dei corpi idrici riportati nella tabella 2 e monitorati invece ai sensi dell'art. 80 del D.Lgs. 152/06. E' stato inoltre effettuato uno studio, sulla base dei dati disponibili in letteratura, atto a valutare lo stato di eutrofizzazione degli invasi destinati alla produzione di acqua potabile, al fine di completare il quadro conoscitivo in atto disponibile sulle acque degli invasi destinate alla potabilizzazione.

La concentrazione di fosforo naturale in laghi esenti da contaminazione antropica è calcolata sulla base della relazione tra l'indice morfoedafico MEI e la concentrazione di fosforo stessa. Nei laghi sottoposti ad eutrofizzazione culturale, gli apporti di origine antropica determinano un più elevato incremento della concentrazione di sostanze nutrienti e, di conseguenza, della produttività generale, senza peraltro determinare sostanziali alterazioni dei parametri usualmente utilizzati per il calcolo del MEI (solidi disciolti totali, conducibilità, alcalinità). Ne consegue che i valori di MEI possono essere correlati con la produttività solo nei laghi non contaminati, mentre per i laghi nei quali esiste un sensibile carico di nutrienti di origine antropica, le valutazioni basate sul MEI comportano una sottostima dei livelli trofici attuali. In assenza di attività antropiche le valutazioni basate sul MEI consentono una buona stima del

livello trofico naturale e cioè del livello trofico proprio del lago in funzione della sua struttura morfometrica e dei fattori edafici dipendenti dalle caratteristiche del bacino di drenaggio. L'individuazione di una relazione tra il MEI e la concentrazione di fosforo in ambienti esenti da contaminazione antropica, è quindi di notevole utilità nell'individuazione degli ambiti ottimali di gestione dei bacini lacustri, in quanto l'applicazione della suddetta relazione consente la valutazione, negli ambienti soggetti ad eutrofizzazione culturale, della frazione di fosforo dovuta ai soli carichi geochimici. L'analisi dei valori del MEI rappresenta quindi l'approccio più semplice ed ecologicamente più corretto per una classificazione dei laghi basata sulla loro trofia naturale.

Utilizzando il modello di Vollenweider è stato possibile valutare il carico di fosforo naturale. Per tale calcolo sono state utilizzate tre differenti funzioni basate sullo stesso modello, di seguito riportate con i relativi documenti di riferimento:

$$L = P z_m (1 + \sqrt{\tau_w}) / \tau_w \text{ [mg/m}^2\text{anno]}$$

"Analisi e controllo dei corpi ricettori" prof. G. Viviani- corso di "Ingegneria Sanitaria-Ambientale" - Università di Palermo

$$L = P (z_m / \tau_w + 10) \text{ [mg/m}^2\text{anno]}$$

Research of the Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) (<http://www.chebucto.ns.ca/ccn/info/Science/SWCS/TPMODELS/OECD/management.html#1976>)

$$L = (P/1.02)^{1.14} (z_m / \tau_w)(1 + \sqrt{\tau_w}) \text{ [mg/m}^2\text{anno]}$$

Programma di tutela ed uso delle acque - Stato di qualità ed evoluzione trofica dei laghi (Regione Lombardia)

dove P = concentrazione di fosforo (mg/m<sup>3</sup>)  
 $z_m$  = profondità media del lago (m)  
 $\tau_w$  = tempo di ricambio (anno)

I valori di carico calcolati sulla base della concentrazione del fosforo naturale con le tre funzioni sopra indicate, presentano valori differenti. Considerando che la funzione, proposta nel documento della Regione Lombardia, è stata modificata per essere applicata in laghi poco profondi o negli invasi artificiali, si è ritenuto coerente utilizzare questo valore per il confronto con i carichi stimati nel PdG. Sono stati quindi ricavati i rapporti tra l'apporto stimato di carico di fosforo e l'apporto di fosforo naturale, dal loro confronto scaturisce un ulteriore indice della qualità delle acque degli invasi esaminati.

La tabella 3 riporta una sintesi delle principali informazioni relative agli invasi contenute nel Piano di Gestione delle Acque (PdG) e nel Piano di Tutela.

In particolare vengono riportati, secondo quanto previsto nel D.L.vo 152/99, lo stato ecologico (SEL), ottenuto sommando i livelli dei parametri Trasparenza, Clorofilla "a", Ossigeno disciolto e Fosforo totale; e lo stato ambientale (SAL), ricavato dai dati di stato ecologico confrontati con i dati relativi alla presenza di microinquinanti chimici (dati 2005/2006). Questi due indici (SEL e SAL) con il DM 260/2010 sono stati sostituiti con la valutazione del Potenziale Ecologico, che si basa sul rapporto di qualità ecologica (RQE), che comprende l'indice complessivo per il fitoplancton (clorofilla "a", biovolume medio, cianobatteri, PTI), il livello trofico dei laghi per lo stato ecologico (LTLeCo) e la determinazione degli inquinanti non facenti parte delle sostanze prioritarie (tab 1/B). Inoltre, ai sensi del DM 260/2010, deve essere valutato lo Stato chimico sulla base della conformità agli standard di qualità ambientale (SQA) delle sostanze prioritarie indicate in tab. 1/A. Considerando comunque che il SAL possa essere una stima ragionevole e comunque non in difetto del potenziale ecologico e dello stato chimico, ipotizzando che dal 2006 ad oggi non sono state attuate azioni di risanamento degli invasi, e che entro il 2015, ai sensi del D.Lgs. 152/06, i corpi idrici dovrebbero essere riportati ad uno stato di qualità ambientale buono, si può rilevare, dai dati riportati nella tabella 3, che la Regione dovrebbe prevedere ed effettuare opere di risanamento utili al raggiungimento di uno stato di qualità buono in tutti gli invasi, anche in considerazione del fatto che queste acque sono destinate, dopo idoneo trattamento, al consumo umano.

La tabella 3 inoltre riporta gli apporti di BOD5, N e P, stimati nel PdG, che danno delle indicazioni sullo stato di eutrofizzazione dei laghi che può avere effetti negativi (deterioramento delle qualità organolettiche, fenomeni di fioriture fitoplanctoniche, difficoltà nei trattamenti di potabilizzazione) sulla qualità delle acque destinate ad uso potabile.

La tabella 4 riporta l'indice morfoedafico MEI (calcolato come rapporto tra alcalinità e profondità media), la concentrazione di fosforo naturale e i valori di profondità del lago e di tempo di ricambio, tratti dall'Indagine sullo stato trofico dei laghi siciliani finalizzata alla loro caratterizzazione, all'elaborazione di piani di risanamento ed all'indicazione di linee generali per una razionale utilizzazione delle acque" dell'Università di Palermo (1987-1988), e i valori di L calcolati con le tre funzioni.

Dai dati riportati si evidenzia che nessuno degli invasi analizzati è stato classificato come buono. Tutti gli invasi sono in classe sufficiente tranne Piana degli Albanesi e Castello che sono classificati scadenti. Inoltre tutti gli invasi, tranne l'Ancipa, presentano un rapporto tra l'apporto stimato di carico di fosforo e l'apporto di fosforo naturale, compreso tra 5 e 20, evidenziando quindi un notevole impatto antropico nelle acque come carico di fosforo. La relazione tra il carico stimato di fosforo e il carico idraulico restituisce uno stato di eutrofizzazione in tutti gli invasi, tranne che nell'Ancipa e nello Scanzano che risultano in uno stato mesotrofico.

L'Ancipa quindi sembra avere le caratteristiche migliori risultando un corpo idrico non a rischio, sebbene nel 2012 sia risultato non conforme ai sensi dell'art. 80 del D.Lgs. 152/06; inoltre essendo stato classificato sufficiente secondo l'indice SAL, necessiterebbe soltanto di un'azione di risanamento per raggiungere entro il 2015 uno stato di qualità buono.

Lo Scanzano invece, sebbene presenti uno stato mesotrofico, risulta non conforme ai sensi dell'art. 80 del D.Lgs. 152/06 per il superamento di alcuni parametri microbiologici, del manganese nel 2011, dell'ossigeno disciolto nel 2011 e nel 2012 e dell'azoto totale nel 2012.

La non conformità nel 2012, ai sensi dell'art. 80 del D.Lgs. 152/06, degli invasi Poma, Rosamarina, Garcia, Castello, Fanaco e S. Rosalia può ritenersi in accordo con lo stato di qualità (sufficiente o scadente) e con lo stato eutrofico.

Risulta conforme nel 2012, ai sensi dell'art. 80 del D.Lgs. 152/06, solo l'invaso di Piana degli Albanesi, classificato come scadente. Questa incongruenza dovrebbe essere verificata rivalutando la stima dei carichi riportati nel PdG.

Nell'ottica di ridurre lo stato eutrofico delle acque, considerando che tutti gli invasi presentano un rapporto azoto fosforo maggiore di 10, la concentrazione di fosforo risulta quindi essere il fattore limitante nel fenomeno dell'eutrofizzazione, e pertanto si dovrebbe raggiungere, come primo obiettivo di risanamento degli invasi, la riduzione di tale inquinante derivante dai carichi antropici, giungendo almeno a una concentrazione di fosforo pari al doppio di quella naturale, visto che ormai risulta ampiamente consolidato che l'oligotrofia non deve essere considerata in assoluto l'obiettivo da perseguire e da raggiungere in tutti gli ambienti lacustri.

E' evidente quindi che le attività di monitoraggio rilevano la qualità del corpo idrico, ma ciò può risultare un esercizio sterile se la Regione non mette in atto dei programmi per migliorarne la qualità. A tale proposito è importante sottolineare che non avere a tutt'oggi ancora realizzato l'adeguamento e il potenziamento delle reti di monitoraggio di ARPA, previsto per la realizzazione del Piano di Gestione, che ha come punto critico le limitatissime risorse umane in organico all'Agenzia, comporta una limitata conoscenza dello stato di qualità delle nostre acque e quindi un'insufficiente azione di risanamento. Un intervento economico atto a risollevere le risorse umane e finanziarie dell'Agenzia potrebbe permettere di attuare con completezza le attività affidate ad ARPA dal Piano di Gestione, strumento indispensabile per la tutela delle nostre risorse idriche.

Tabella 2

Fonti Superficiali	Provincia	Classificazione	Dati 2011			Dati 2012		
			% superamenti VG	Numero superamenti VI	Conformità (all. 2 D.Lgs. 152/06)	% superamenti VG	Numero superamenti VI	Conformità (all. 2 D.Lgs. 152/06)
Invaso Poma	PA	A2	50% (%O <sub>2</sub> ) - 8% (Cd)	0	NO	10% (T) - 40% (%O <sub>2</sub> ) - 10% (conducibilità) - 10% (N totale) - 10% (coliformi totali) - 10% (coliformi fecali) - 20% (streptococchi fecali)	0	NO
Invaso Scanzano	PA	A2	25% (T <sub>acqua</sub> ) - 17% (%O <sub>2</sub> ) - 25% (Mn) - 17% (coliformi totali) - 8% (coliformi fecali) - 17% (streptococchi fecali) - 30% (salmonella)	0	NO	38% (%O <sub>2</sub> ) - 30% (N totale) - 10% (streptococchi fecali)	0	NO
Invaso Piana degli Albanesi	PA	A2	33% (T <sub>acqua</sub> ) - 8% (%O <sub>2</sub> ) - 8% (Cd)	0	SI	10% (%O <sub>2</sub> ) - 10% (salmonella)	0	SI
Invaso Rosamarina	PA	A2	18% (T <sub>acqua</sub> ) - 9% (%O <sub>2</sub> ) - 33% (Conducibilità) - 8% (coliformi totali) - 8% (streptococchi fecali)	9% (T <sub>acqua</sub> ) - 100% (SO <sub>4</sub> )	NO	20% (T <sub>acqua</sub> ) - 10% (%O <sub>2</sub> ) - 30% (Conducibilità) - 50% (N totale)	100% (SO <sub>4</sub> )	NO
Invaso Garcia	PA	A2	17% (T <sub>acqua</sub> ) - 8% (B) - 10% (streptococchi fecali)	17% (T <sub>acqua</sub> )	NO	20% (T <sub>acqua</sub> ) - 90% (SO <sub>4</sub> ) - 10% (coliformi fecali) - 10% (streptococchi fecali)	10% (T <sub>acqua</sub> )	NO
Invaso Prizzi	PA	In via di classificazione	8% (B) - A1: 8% (Cu) - 8% (N <sub>totale</sub> ) - 8% (coliformi totali) - 50% (coliformi fecali) - 67% (streptococchi fecali) - A2: 8% (Mn) - 8% (streptococchi fecali)	25% (T <sub>acqua</sub> ) - A1 8% (Ba)		8% (T <sub>acqua</sub> ) - A1: 8% (Fe) - 58% (N totale) 8% (NH <sub>3</sub> ) - 50% (coliformi totali) - 17% (coliformi fecali) - 83% (streptococchi fecali) A2: 8% (O <sub>2</sub> ) - streptococchi fecali	25% (T <sub>acqua</sub> ) A1: 25% (Ba) A3: 8% (NH <sub>3</sub> )	
Invaso Fanaco	PA	A2	0	0	SI	11% (T <sub>acqua</sub> )	11% (T <sub>acqua</sub> )	NO
Invaso Castello	AG	In via di classificazione	50% (Conducibilità) - 100% (SO <sub>4</sub> ) - A1: 100% (Colore) - 100% (BOD5) - 100% (N <sub>totale</sub> ) - 50% (NH <sub>3</sub> ) - A3 25% (COD)	0		13% (T <sub>acqua</sub> ) - 50% (Conducibilità) 100% (SO <sub>4</sub> ) A1: 100% (Odore) - 13% (Fe) - 38% (Mn) - 88% (BOD5) - 100% (coliformi totali) - 100% (coliformi fecali) - 33% (streptococchi fecali)	25% (T <sub>acqua</sub> ) - A1: 100% (Colore) - 13% (Fe) - 13% (Ba)	
Invaso Ancipa	EN	A2	8% (Mn) - 8% (BOD5)	0	SI	10% (Mn) - 20% (N <sub>totale</sub> ) - 10% (NH <sub>3</sub> )	0	NO
Invaso S. Rosalia	RG	A2 in via di classificazione	8% (%O <sub>2</sub> ) - 67% (Mn) - 8% (BOD5) - 8% (NH <sub>3</sub> )	17% (NH <sub>3</sub> )	NO	45% (%O <sub>2</sub> ) - 36% (Mn)	9% (T <sub>acqua</sub> )	NO

Tabella 3

Invaso	Classificazione Tipo e Macrotipo	Categorie di rischio (PdG)	Stato Ecologico (SEL)	Stato Ambientale (SAL)	Apporto di BOD5 (t/anno)	Apporto di N (t/anno)	Apporto di P (t/anno) Domestici depurati	Apporto di P (t/anno) Domestici fognati non depurati	Apporto di P (t/anno) Produttivo in fognatura	Apporto di P (t/anno) Produttivo nei corpi idrici	Apporto di P (t/anno) Scaricatori di piena	Apporto di P (t/anno) Fertilizzanti	Apporto di P (t/anno) Dilavamento e deposizioni (suoli non coltivati)	Apporto di P (t/anno) Zootecnia	Apporto di P (t/anno) totale	Rapporto apporti stimati N/P
Poma	Me-4_I1	probabilmente a rischio	3	sufficiente	477,99	456,9	5,39	16,87	0,59	0,56	2,01	13,19	0,78	0,28	39,67	11,52
																fattore limitante P
Scanzano	Me-2_I3	probabilmente a rischio	3	sufficiente	4,65	171,66	0	0	0	0	0,1	5,82	0,41	0,2	6,54	26,25
																fattore limitante P
Piana degli Albanesi	Me-2_I3	a rischio	4	scadente	85,91	132,76	6,5	1,41	0,19	0,22	0,72	3,37	0,32	0,1	12,84	10,34
																fattore limitante P
Rosamarina	Me-4_I1	probabilmente a rischio	3	sufficiente	249,98	1367,23	14,82	2,52	0,47	0,52	1,49	41,86	1,48	1,78	64,95	21,05
																fattore limitante P
Garcia	Me-2_I3	probabilmente a rischio	3	sufficiente	241,04	1051,05	7,00	1,55	0,22	0,21	1,09	33,80	0,80	1,14	45,82	22,94
																fattore limitante P
Prizzi	Me-2_I3	non a rischio	3	sufficiente	3,01	72,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	2,22	0,12	0,09	2,50	29,17
																fattore limitante P
Fanaco	Me-4_I1	non a rischio	3	sufficiente	8,11	418,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	13,82	0,36	0,78	15,00	27,90
																fattore limitante P
Castello	Me-2_I3	a rischio	4	scadente	316,10	244,29	3,97	10,59	0,27	0,36	0,99	6,89	0,42	0,16	23,66	10,33
																fattore limitante P
Ancipa	Me-2_I3	non a rischio	3	sufficiente	11,22	70,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,59	1,27	1,87	37,86
																fattore limitante P
S. Rosalia	Me-4_I1	probabilmente a rischio			52,26	260,74	3,01	0,00	0,08	0,09	0,21	6,89	0,58	1,84	12,69	20,55
																fattore limitante P

Tabella 4

Invaso	Superficie (10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> ) (Calvo)	Apporto di N (t/anno)	Apporto di P (t/anno) totale	Rapporto apporti stimati N/P	Apporto stimato di N (mg/ m2 anno)	Apporto stimato di P (mg/ m <sup>2</sup> anno)	Stato trofico (grafico Vollenweider)	Indice MEI	Concentrazione media naturale di P (mg/ m <sup>3</sup> )	z <sub>m</sub> (m)	t <sub>w</sub> (anno)	Carico idraulico q <sub>s</sub> (m/anno)	L (Vollenweider) di P naturale (mg/ m2 anno) (Viviani)	L (Vollenweider) di P naturale (mg/ m2 anno) (OECD)	L (Vollenweider) di P naturale (mg/ m2 anno) Regione Lombardia	Apporto stimato di P/ L (Vollenweider) di P naturale Regione Lombardia
Poma	6,10	456,9	39,67	11,52	74902	6503	eutrofico	0,273	20,0	12,9	2,0	6,5	311	329,0	458,15	14
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							
Scanzano	1,70	171,66	6,54	26,25	100976	3847	mesotrofia	0,237	19,0	12,0	0,9	13,3	494	443,3	721,17	5
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							
Piana degli Albanesi	3,10	132,76	12,84	10,34	42826	4142	eutrofico	0,24	19,0	10,6	2,1	5,0	235	285,9	343,13	12
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							
Rosamarina	0,49	1367,23	64,95	21,05	2790265	132551										
				fattore limitante P												
Garcia	5,90	1051,05	45,82	22,94	178144	7766	eutrofico	0,329	21,0	10,2	0,9	11,3	464	448,0	686,83	11
				fattore limitante P				m	mesotrofia (OECD)							
Prizzi	0,90	72,92	2,50	29,17	81022	2778	eutrofico	0,337	21,0	10,3	1,9	5,4	271	323,8	400,98	7
				fattore limitante P				m	mesotrofia (OECD)							
Fanaco	1,50	418,57	15,00	27,90	279047	10000	eutrofico	0,203	18,0	16,3	1,5	10,9	435	375,6	631,03	16
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							
Castello	1,80	244,29	23,66	10,33	135717	13144	eutrofico	0,375	22,0	10,0	1,0	10,0	440	440,0	655,75	20
				fattore limitante P				o	mesotrofia (OECD)							
Ancipa	1,10	70,80	1,87	37,86	64364	1700	mesotrofia	0,077	13,0	18,6	0,4	46,5	987	734,5	1368,88	1
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							
S. Rosalia	1,30	260,74	12,69	20,55	200569	9762	eutrofico	0,21	18,0	15,4	1,0	15,4	554	457,2	803,94	12
				fattore limitante P				o-m	mesotrofia (OECD)							