Lo Stagno del Calich"

ASPETTI GENERALI

Lo Stagno del Calich è sito nel comune di Alghero, a nord-ovest della stessa città, nella parte ovest con rispetto all'abitato della borgata di Fertilia.

Lo stagno ha una superficie di circa 88 Ha con una profondità media di circa 1,2 m ed un volume di 1,1 x 10^6 m^3. Lo stagno, nel tempo, rispetto a questi dati di riferimento, ha subito un processo di parziale interramento, tale da determinare, con probabilità, una profondità media inferiore.

I fondali vengono descritti come costituiti prevalentemente da fango che ricopre un substrato roccioso.

Lo stagno comunica con il mare attraverso un canale (Canale di Fertilia) situato nella parte nord-ovest dello stesso, della lunghezza di circa 400 m e largo tra 60 e 80 m e della profondità di 2 m. Nel canale si trova un piccolo porticciolo.

Gli immissari principali sono il Rio Barca, il Rio Calvia ed il canale Oruni. Questi immissari provengono da un bacino imbrifero abbastanza esteso (385 km^2) che copre gran parte della Nurra ed è compreso tra i rilievi di Monte Doglia ad occidente e dai rilievi orientali. Il Rio Barca è l'immissario principale e si origina dalla confluenza di tre rii (Rio Serra, Rio Su Mattone e Rio Filibertu) a poca distanza dalla sua immissione nella laguna. Esso drena circa il 70% del bacino imbrifero. Il canale Oruni drena la parte settentrionale del bacino, apportando le acque della bonifica della Nurra, mentre il Rio Calvia immette in laguna le acque della zona di Valverde, situata a sud-est del bacino idrografico.

Il territorio del bacino idrografico è per la maggior parte pianeggiante con copertura vegetale naturale quasi nulla e utilizzazione agricolo-pastorale rilevante.

Lo stagno ha subito in passato vari interventi al fine di migliorarne la produttività ittica. Un ultimo intervento ha visto la realizzazione di una zona umida di interfaccia tra l'immissario Rio Barca e lo stagno, a cui si legava un'importante funzione di fitodepurazione delle acque immesse. In precedenza è stata realizzata una cassa di espansione per ridurre la torbidità delle acque immissarie allorché le forti precipitazioni determinavano deflussi consistenti con notevole trasporto solido, tanto da ridurre la penetrazione della radiazione solare nelle acque e di conseguenza limitare l'attività fotosintetica delle alghe. Altri interventi sono stati il dragaggio dei fondali e la realizzazione di canali interni atti a migliorare l'ossigenazione dello stagno (intervento ultimato nel 1988). Infine, la recente riconfigurazione dei lavorieri, non ancora conclusa in termini operativi.

Lo stagno è compreso tra le aree sensibili, individuate ai sensi della Direttiva 271/91/CE e dell'Allegato 6 del D.Lgs. 152/99.

Sulla base dei criteri dell'Allegato 7/A-I del D.Lgs. 152/99 nella unità idrografica del Rio Barca è stata riscontrata la presenza di zone vulnerabili ai nitrati. In particolare è stata individuata un'area potenzialmente vulnerabile ai nitrati di origine agricola coincidente con l'Acquifero dei Carbonati Mesozoici della Nurra, per il quale i valori di vulnerabilità da nitrati rientrano nella classe alta.

Lo Stagno del Calich, ai sensi della L.R. 31/89, fa parte del Parco Regionale di Porto Conte. Sulla base della stessa normativa il sito è stato anche identificato come riserva naturale.

Con riferimento alla L.R. n° 23/98 lo stagno è anche oasi permanente di protezione faunistica e di cattura.

Lo stagno rientra anche tra le aree sottoposte a tutela paesistica (Art. 136. D.Lgs 42/2004).

CONOSCENZE ECOLOGICHE

Nello stagno sono state svolte in passato varie indagini di cui alcune di una certa importanza. La gran parte è assai datata e potrebbe non rappresentare più la situazione attuale. I dati pregressi sono però importanti per tentare di costruire un quadro dinamico delle condizioni ambientali della laguna.

Le prima notizie risalgono a Franco et al. (1981), su alcuni descrittori trofici nell'arco di un anno con periodicità mensile. Emergeva una differenziazione tra la parte occidentale e la parte orientale della laguna dovuta alla allora presenza di una barriera organogena costituita da policheti. Era altresì evidente una zonazione tra acque più salmastre ed acque tipicamente marine. Il fosforo e l'azoto evidenziavano variazioni molto consistenti in funzione delle stagioni con valori più alti nei periodi invernale e primaverile con punte massime nelle stazioni attigue agli immissari. Il fosforo solubile si attestava su una media annuale di circa 0,035 mg P l^{-1} nelle stazioni propriamente lagunari, mentre negli immissari arrivava oltre 0,070 mg P l^{-1}. Il fosforo totale andava dai 0,045 mg P l^{-1} nella laguna ai 0,1 mg P l^{-1} negli immissari. Per l'azoto la componente primaria risultava quasi sempre quella dei nitrati, che nella laguna esprimevano una concentrazione tra 0,60 e 0,96 mg N l^{-1}, mentre negli immissari arrivavano a 1,20 mg N l^{-1}, del Rio Barca, fino ai 2,25 mg N l^{-1} dello sbocco dei collettori della Nurra. L'ammoniaca variava da un massimo di 0,12 mg N l^{-1} in corrispondenza del Rio Barca, a 0,073 mg N l^{-1} della bocca a mare. Il pH si attestava attorno alle 8 unità nelle stazioni propriamente lagunari, mentre risultava lievemente inferiore nelle stazioni site allo sbocco dei due immissari su citati. La salinità, espressa in μS cm^{-1}, evidenziava valori più alti nei punti di campionamento più vicini alla bocca a mare rispetto a quelli prossimi agli

immissari. Per l'ossigeno disciolto si riportano medie annuali per stazioni comprese tra il 98 e il 116%.

Sempre nel 1981 Sechi riportava alcuni valori su parametri trofici rilevati a cadenza stagionale. Per il fosforo totale venivano riportati valori compresi tra 40 mg P m^{-3} (in estate) e 120 mg P m^{-3} (in inverno), quindi abbastanza simili a quelli rilevate da Franco et al., mentre per il fosforo reattivo si passava da un minimo di 30 mg P m^{-3} (in estate) ad un massimo di 70 mg P m^{-3} (in inverno). Per le componenti azotate, la forma nitrica variava da un minimo autunnale di 310 mg N m^{-3} ad un massimo invernale di 1.230 mg N m^{-3}, valori anche questi abbastanza simili a quelli rilevati da Franco et al. La componente nitrosa variava da un minimo poco oltre il limite di rilevabilità ad un massimo di 27 mg N m^{-3} nella stagione primaverile. L'azoto ammoniacale esprimeva una concentrazione minima intorno a 50 mg N m^{-3} (in inverno) ed un massimo di 200 mg N m^{-3} (in estate). La clorofilla a mostrava valori abbastanza limitati, con concentrazioni inferiori a 8 mg m^{-3}. Infine si riportava che nello stagno era presente una flora macrofitica "esuberante" e che la biomassa (500 g p.s. m^{-2}) risultava superiore a 200 g m^{-2} , valore che delimita gli ambienti molto produttivi.

Nell'inventario dei Biotopi Presenti nella Fascia Costiera della Sardegna, "Stagno di Calich" della R.A.S. (1994) vengono riportati valori di salinità compresi tra il 20,8‰ ed il 27,7‰, e dati su vari composti nutrizionali pari a 122 μg N l^{-1} per l'ammoniaca, 17 μg N l^{-1} per i nitriti, 760 μg N l^{-1} per i nitrati e 5 μg P l^{-1} per i fosfati nel canale Oruni; 77 μg N l^{-1} per l'ammoniaca, 12 μg N l^{-1} per i nitriti, 779 μg N l^{-1} per i nitrati e 6 μg P l^{-1} per i fosfati nel Rio Barca; 78 μg N l^{-1} per l'ammoniaca, 19 μg N l^{-1} per i nitriti, 543 μg N l^{-1} per i nitrati e 2 μg P l^{1} per i fosfati nel centro della laguna valori. Sulla base di questi dati la laguna veniva classificata come eutrofica. Si riporta anche una stima della produzione primaria fitoplanctonica pari a circa 240 g C m^{-3} a^{-1} e delle alghe bentoniche pari a circa 30 g C m^{-3} a^{-1}. Si evidenziava che la produttività primaria potesse essere

limitata dalla torbidità delle acque superficiali. Del fitoplancton della laguna (limitatamente ad un campionamento estivo) si indicava la prevalenza delle Bacillariophyceae (generi Chaetoceros, Licmophora, Navicula e Cymbella), di Dinophyceae (principalmente Gymnodinium e Peridinium), e di Cyanophyceae (Oscillatoria). Per il fitobenthos si riportavano come specie più abbondanti *Chaetomorpha linum* ed *Enteromorpha intestinalis* nel centro dello stagno, con in più Cladophora nel canale Oruni, *Ruppia cirrhosa* e *Potamogeton pectinatus* nel Rio Barca.

Nel 1997, il Consorzio di Bonifica della Nurra, avviava un'indagine dal titolo "Progetto per la modernizzazione delle produzioni ittiche con opere di regolazione e salvaguardia ambientale nello Stagno di Calich-Alghero"; le indagini sperimentali vennero effettuate dal novembre 1997 all'ottobre 1998 a cadenza mensile in sei stazioni lagunari con i seguenti risultati a livello ecologico: nitrati media di 10,1 mg N m^{-3} e massimo di 23,5 mg N m^{-3}; nitriti media di 1,7 mg N m^{-3} e massimo di 6 mg N m^{-3}; ammoniaca media di 3,6 mg N m^{-3} e massimo di 13 mg N m^{-3}; le analisi del fosforo si riferiscono al solo fosforo reattivo, con una media di 5,9 mg P m^{-3} e un massimo di 14,6 mg P m^{-3}. La clorofilla a esprimeva un valore medio di 4,35 mg m^{-3} con un massimo di 31,1 mg m^{-3}. La densità fitoplanctonica si attestava mediamente su 0,2 x 10^6 cellule l^{-1} con un range compreso tra 0,082 e 0,45 x 10^6 cellule l^{-1}. Lo studio riguardava anche il fitobenthos per il quale si controllarono 20 stazioni lagunari da cui derivò una biomassa media di 122 g m^{-2} in una range tra 0 e 645 g m^{-2}. Il quadro che emerge da questi dati è di tipo mesotrofico anche se la mancanza di dati sul fosforo totale non permettono di definire una trofia in termini stringenti.

Nel 2001 Hydrocontrol riportava i dati di un ciclo annuale di studi, con indicazione di variazioni del pH da 7,53 a 8,32 unità con una media di 8 unità, della salinità tra 4,34 e 38,38‰ con una media del 21,42‰, dell'ossigeno

disciolto tra 3,87 mg l^{-1} e 7,14 mg l^{-1} con media di 6,01 mg l^{-1}, dell'azoto minerale da 2,58 a 9,81 mg N l^{-1} con media di 6,19 mg N l^{-1}, del fosforo totale da 0,05 a 0,13 mg P l^{-1}, con media di 0,07 mg P l^{-1}. A livello biologico si riportavano variazioni del fitoplancton tra 0,21 x 10^6 cellule l^{-1} e 1,1 x 10^6 cellule l^{-1}, con media di 0,72 x 10^6 cellule l^{-1}; la relativa clorofilla a oscillava tra 1 e 21,3 mg m^{-3} con media di 5,9 mg m^{-3}; per le macrofite bentoniche si riportava una situazione da assenza totale autunno-invernale ad un massimo primaverile di 95,1 g p.s. m^{-2} a carico di *Chaetomorpha capillaris*, *Ulva lactuca* ed *Enteromorpha intestinalis*. Hydrocontrol riportava anche la stima del carico nutrizionale, sia teorico che sperimentale: quello teorico pari a 277 t N a^{-1} (di cui 37,0 t N a^{-1} dalle fonti puntiformi, 40,3 t N a^{-1} dagli allevamenti zootecnici e 199,7 t N a^{-1} dal suolo) e 13,6 t P a^{-1} (di cui 1,4 t P a^{-1} dalle fonti puntiformi, 6,6 t P a^{-1} dagli allevamenti zootecnici e 5,6 t P a^{-1} dal suolo) e quello sperimentale di 235,2 t N a^{-1} e di 4,6 t P a^{-1}. In termini conclusivi Hydrocontrol asseriva che il carico ammissibile del fosforo poteva essere stimato in 4,04 t P a^{-1} e che quindi la laguna si trovasse allora in un buono stato di equilibrio "in grado di sostenere elevate produttività primarie senza soffrire di crisi di anossia estive e senza andare incontro a fenomeni di degrado ambientale". Ancor più Hydrocontrol riteneva che la laguna fosse in grado di sopportare carichi addirittura doppi e quadrupli e indicava non opportuno provvedere con interventi mirati a ridurre il carico, considerando, verosimilmente, sia quello stimato che quello calcolato come accettabili.

Di un certo interesse sono i dati riportati nella banca dati CEDOC regionale rilevati dal Presidio Multizonale di Prevenzione dal 2002 al 2005. Si evidenziano le seguenti condizioni: profondità media di 0,93 m, con massimi di 1,5 m e minimo di 0,2 m; trasparenza con valori piuttosto contenuti, di appena 0,48 m; temperatura media delle acque superficiali di 18,4 °C, con un massimo di 30 °C e minimo di 8 °C ripetutamente in diverse campagne; pH da un minimo di 7,2

ad un massimo di 8,8 unità con una media di 8,1 unità; salinità dal 37‰ al 2‰ con media di 19,1‰; ossigeno disciolto con media di 94% e massimo del 160% e minimo del 60%; fosforo reattivo massimo di 80 mg P m^{-3} e minimi genericamente inferiori a 30 o 50 mg P m^{-3}; fosforo totale massimo di 640 mg P m^{-3} e minimi per la grande maggioranza inferiori di 30 o 50 mg P m^{-3}, azoto totale massimo di 4.400 mg N m^{-3} e minimi indicati come inferiori a 100 mg N m^{-3}, azoto nitrico massimo di 6.350 mg N m^{-3} e minimo genericamente inferiore a 20 mg N m^3; azoto ammoniacale massimo di 110 mg N m^{-3} e minimi sotto i 30 mg N m^{-3}; azoto nitroso massimo di 270 mg N m^{-3} e minimi inferiori a 20 mg N m^{-3}; clorofilla a massimo di 84 mg m^{-3} e minimo inferiore a 1 mg m^{-3}. Nel complesso i valori medi annuali dei parametri trofici nella sequenza 2002, 2003 e 2004 sono i seguenti: ossigeno mancante, 74, 86%; nitrati 366, 1.077, 1.314 μg N l^{-1}; ammoniaca 133, 83, 65 μg N l^{-1}; fosforo totale 82, 87, 207 μg P l^{-1}; clorofilla a 21, 3,8, 17,4 mg m^{-3}. Risulterebbe uno stagno che, al maggior livello probabilistico, potrebbe essere classificato come eutrofico spinto, ovvero ipertrofico in netto contrasto con quanto asserito da Hydrocontrol.

Ulteriori dati rilevati nel 2005 dal Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale (DBEV) a cadenza stagionale evidenziavano le seguenti condizioni: pH con valore medio di 8,35 unità; salinità con una media di 32,40‰, massimo del 33,49‰ e minimo del 30,77‰; saturazione dell'ossigeno del 95% con una sola volta fino al 105‰; fosforo totale e fosforo reattivo con medie rispettivamente di 35 mg P m^{-3} e 4 mg P m^{-3}; l'azoto minerale di 435 mg N m^{-3}. Tra le forme azotate prevale l'azoto nitrico, rappresentando circa il 94% dell'azoto minerale, con una media di 407 mg N m^{-3}, massimo di 663 mg N m^3 e minimo di 220 mg N m^{-3}. La silice reattiva mostrava un valore medio di 1,59 mg Si l^{-1} con un massimo di 2,78 mg Si l^{-1}. La densità totale media del fitoplancton risultava di 7,8 x 10^6 cellule l^{-1} con massimo di 1,5 x 10^7 cellule l^{-1} con l'Ultraplancton costituente oltre il 70% del totale con una densità media pari a 5,5 x 10^6 cellule

l^{-1}, e un picco di circa 8,9 x 10^6 cellule l^{-1}; di seguito venivano le Bacillariophyceae, con una media di 2,2 x 10^6 cellule l^{-1} ed un massimo di 5,9 x 10^6 cellule l^{-1}, quasi esclusivamente rappresentate da diverse specie del genere Chaetoceros. La clorofilla a fitoplanctonica si esprimeva con un valore medio di 7,6 mg m^{-3} ed uno massimo di 13,6 mg m^{-3}. La biomassa fitobentonica risultava contenuta e dovuta alla presenza esclusiva della macroalga nitrofila Cladophora sp. con un valore di 85 g m^{-2}.

Il quadro complessivo derivante dall'insieme dei dati è assai contraddittorio e non idoneo per ipotizzare opzioni gestionali: si va da condizioni eutrofiche ed ipertrofiche con proliferazioni algali imponenti, come quella segnalata nel corso del 2008 (ma non valutata in termini scientifici per l'assenza, al momento della proliferazione, di un'attività di ricerca o di monitoraggio in atto), che necessiterebbero interventi di limitazione delle fonti inquinanti, a condizioni quasi mesotrofiche che portano Hydrocontrol a ritenere che la laguna sarebbe in equilibrio e che addirittura potrebbe sostenere ulteriori carichi inquinanti nutrizionali.

In questo quadro il Parco di Porto Conte ha promosso una ulteriore fase conoscitiva anche consequenziale all'avvio del nuovo depuratore di Alghero, posto in zona San Marco, interna al bacino idrografico. I reflui, totalmente o in parte, possono infatti arrivare alla laguna. Quali potranno essere gli effetti? Senza esito dannoso per la trofia, come si dedurrebbe dalla studio Hydrocontrol, o, molto più verosimilmente, dannosi o, probabilmente, dannossissimi, se si assume lo stato eutrofico e ipertrofico come suffragato da altre indagini e testimoniato dalla elevata proliferazione algale del 2008 che può derivare solo da un elevato input inquinante e/o dallo scarso ricambio idrico?

L'indagine di tipo trofico è stata svolta nel 2008-2009 interessando tre stazioni lungo il maggior asse lagunare a cadenza mensile e di essa si riportano gli

elementi nodali per i parametri più significativi in termini trofici, pianificatori e gestionali.

L'ossigeno disciolto, espresso in termini percentuali, ha mostrato una media per l'intero stagno del 93% senza evidenti differenze tra le stazioni. Le variazioni verticali sono state poco pronunciate e non si sono mai riscontrati, neanche in prossimità del fondo, valori minori del 60%..

La salinità oscilla vistosamente con minimi tipici di ambienti di acqua dolce durante i massimi apporti continentali invernali e massimi estivi, fino al 33‰, per effetto evaporativo e mareale.

L'assetto nutrizionale è caratterizzato da valori genericamente molto elevati nel semestre invernale e più contenuti nel periodo estivo.

L'azoto nitrico raggiunge picchi fino a 1.864 mg N m^{-3} con una media assai elevata di 871 mg N m^{-3} ed è stata la forma inorganica prevalente in tutte le stazioni e in tutti i campionamenti, costituendo di norma oltre il 90% del DIN presente. Per questo motivo l'andamento del DIN così come la sua media (915 mg N m^{-3}) hanno pressoché coinciso con quelli dei nitrati. L'azoto nitroso e quello ammoniacale ha mostrato scarsa rilevanza evidenziata da medie inferiori a 20 mg N m^{-3} e da picchi mai superiori ai 50 mg N m^{-3}.

Il fosforo sia nella forma reattiva che totale presenta valori molto elevati, in particolare nel semestre freddo ed in coincidenza con gli afflussi continentali, che sono mediamente di 53 mg P m^{-3} per la reattiva e 132 mg P m^{-3} per la totale. I picchi hanno raggiunto valori ragguardevoli fino a 130 mg P m^{-3} per la reattiva e 322 mg P m^{-3} per la totale.

La clorofilla *a* presenta una media stagnale significativa di 9,4 mg m^{-3} e picchi molto importanti fino a 51 mg m^{-3} con una evidente differenziazione tra le stazione che vede la più interna maggiormente produttiva con una media di 12,8 mg m^{-3}. La densità cellulare presenta una media elevata di 81 x 10^6 cell. l^{-1}

con picco di estremo rilievo fino a 500 x 10^6 cell. l^{-1}. In questo caso la eterogeneità spaziale vede la stazioni più prossima al mare con un valore medio di 113 x 10^6 cell. l^{-1} rispetto a quelli intorno a 63 x 10^6 cell. l^{-1} per le altre due.

Il fitobenthos è risultato caratterizzato da biomasse moderate con valori che nel momento della massima espressione non hanno superato i 150 Le specie responsabili appartengono al genere Chaetomorpha e Cladophora. Nello specifico, la preponderanza della biomassa è stata espressa da, *Chaetomorpha mediterranea* e *Cladophora battersii*. Hanno avuto un ruolo comunque significativo anche *Ulva laetevirens*, *Ulva linza*, *Ulva compressa* e *Cladophora laetevirens*. Nel complesso, nonostante valori di biomassa moderati la composizione appare tipica i situazioni di elevata trofia e di contaminazione azotata

Sintesi dei dati rilevati e confronto con quelli storici.
La tabella 10 mostra i valori medi annuali o i range dei dati rilevati per i principali parametri trofici a partire dal 1981 a confronto con i dati rilevati con la presente indagine.

Tabella 10. Valori medi annuali o range dei principali parametri trofici.

	Azoto nitrico	Fosforo totale	Ammoniaca	Clorofilla	Macrofite
	mg N m^{-3}	mg P m^{-3}	mg N m^{-3}	mg m^{-3}	g ps m^{-2}
Franco 1981	600-960	45	73-120		
Sechi 1981	310-1230	40-120	50-200	6	500
Biotopi	760	-	78		
Consorzio bonifica 1998	10	-	3,6	4,3	122
Hydroconrol 2002	6000	70	-	6	95
CEDOC	1000	80	85	12	
Dbev 2005	435	35	10	8	
Presente indagine 2009	871	132	26	9,4	110

Si evince che l'azoto nitrico con il suo valore medio di 871 mg N m^{-3}, che è da considerarsi molto elevato, si posiziona nel range dei valori rilevati dal 1981

salvo quelli, da considerarsi anomali, del Consorzio di Bonifica (10 mg N m^{-3}) e Idrocontrol (6000 mg N m^{-3}). Appaiono al contrario ridimensionati i valori di concentrazione dell'azoto ammoniacale. E' invece abbastanza indicativo di un cambiamento importante il fosforo totale che nella presente indagine evidenzia il valore medio annuale più elevato in assoluto (132 mg P m^{-3}) rispetto a quelli storici (mai superiori a 80 mg P m^{-3}). A questa variazione non corrisponde una variazione in incremento della clorofilla a anche se la sua concentrazione media di 9,4 mg m^{-3} è comunque tra le più elevate rilevate dal 1981. Ancora meno corrispondente è il valore della biomassa macrofitica (110 g ps m^{-2}) simile a quelli rilevati dal Consorzio di Bonifica e da Hydrocontrol e di molto inferiore a quello rilevato da Sechi nel 1981 (500 g ps m^{-2}). Sembra di intravedere una situazione predisponente all'incremento produttivo dello stagno che però non è stato riscontrato con le indagini come può essere successo nel 2008. Lo stagno comunque presenta sicuramente uno stato eutrofico.

VALUTAZIONE DEL CARICO EUTROFIZZANTE

Al momento attuale, cioè prima dell'entrata in funzione del nuovo depuratore di San Marco, la stima del carico del fosforo e dell'azoto è la seguente

Fonti puntiformi

Sono presenti i centri abitati di Olmedo (3.429 abitanti), Putifigari (733 abitanti), frazioni di Sassari (498 abitanti) e l'agglomerato industriale di Alghero (stimato in 200 addetti) che complessivamente possono liberare 1,49 t P a^{-1} e 9,1 t N a^{-1}.

Fonti diffuse

Territorio. Aree incolte pari 27.841 Ha e aree SAU pari a 10.644 Ha che possono produrre un carico di 9,9 t P a^{-1} e di 231 t N a^{-1}.

Zootecnia. Sono presenti nel bacino idrografico circa 2.435 capi bovini, 1.595 capi suini, 227 equini, 44.177 ovini e 15.141 pollame che complessivamente possono liberare 0,88 t P a^{-1} e 5,2 t N a^{-1}.

Complessivamente le fonti diffuse possono generare un carico di 10 t P a^{-1} e 231 t N a^{-1} che insieme a quello puntiforme determinano un totale di 11,7 t P a^{-1} e 241 t N a^{-1}.

Il carico del fosforo è vicino a quello riportato da Hydrocontrol ma con proporzioni diverse (13,6 t P a^{-1} di cui 1,8 t P a^{-1} dalle fonti puntiformi, 6,6 t P a^{-1} dagli allevamenti zootecnici e 5,58 t P a^{-1} dal suolo). Il valore di carico ricavato sperimentalmente da Hydrocontrol è invece assai più basso (4,6 t P a^{-1}).

Contributo dal mare del fosforo.

Ogni anno, assunto che complessivamente dal mare possono entrare 19,9 x 10^6 m^3 d'acqua (come risulta da uno studio eseguito dal Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Cagliari) che, per la concentrazione media del fosforo del mare antistante, rilevata durante le campagne del monitoraggio marino ministeriale (circa 15 mg P m^{-3}), danno un carico di 0,3 t P a^{-1}.

Il carico totale potenziale ammonterebbe pertanto a 12 t P a^{-1}.

Modellizzazione

L'applicazione del modello OCDE, basato sul carico del fosforo, sul tempo di ricambio idraulico e su parametri morfometrici di base quali volume e profondità media già riportati o estrapolati dai dati espressi, permette di calcolare una possibile concentrazione media annuale stagnale di 122 mg P m^{-3} di fosforo disposta su un range tra 90 e 150 mg P m^{-3}.

I dati rilevato nella presente indagini permettono di calcolare una media di 132 mg P m^{-3} che appare del tutto in linea con le aspettative teoriche. Gli altri dati esistenti più recenti (a partire dal 2000) sono quasi sempre inferiori al possibile

valore medio teorico: (DBEV riporta 35 mg P m^{-3}, Hydrocontrol 70 mg P m^{-3} mentre le medie derivanti dal data base CEDOC sono per i tre anni di indagine 82, 87 e 207 mg P m^{-3}). Quindi su uno spettro di 5 anni i valori medi sono stati significativamente inferiori e posizionati tra 35 e 80 mg P m^{-3} e in un solo caso assai superiore (207 mg P m^{-3}) e solo con la presente indagine quasi coincidente.

Il calcolo della media tramite il modello OCDE è peraltro fisso e ad elevata incertezza statistica e prescinde dal fatto che il carico può non essere quello stimato anno per anno coerentemente con l'intensità e la quantità delle precipitazioni nel bacino imbrifero e i relativi deflussi verso la laguna. E' quindi possibile che i valori medi riscontrati siano verosimili e che si possano collocare grosso modo nel range dei valori attesi ammessa una oscillazione del carico del 50%. Certo è che lo stagno può manifestare condizioni trofiche quasi mesotrofiche così come eutrofiche fino all'ipertrofia

Questo scenario è coerente anche con i valori medi della clorofilla a che oscillano tra la mesotrofia (dato Hydrocontrol) e l'elevata eutrofia (dati Cedoc).

Sono viceversa indicatori di condizioni mesotrofiche i valori della biomassa del fitobenthos: tutti i dati riportati a partire dal 2000 sono modesti e posizionati tra 80 e 100 g kg p.s. Ma talvolta vengono segnalate crisi distrofiche con enormi banchi di alghe bentoniche: anche nel 2008 è stato segnalato un evento assai rilevante con enormi ammassi di alghe presumibilmente del genere Enteromorpha che di per se segnala condizioni di elevata trofia.

Con l'entrata in funzione del depuratore di San Marco lo stagno sarà il recettore dei reflui trattati convenzionalmente. Al depuratore arriveranno i reflui degli attuali 40.800 abitanti di Alghero. Potenzialmente ci potrà essere un rilascio di 14,4 t P a^{-1} e 88 t N a^{-1}. Quindi il carico puntiforme potrebbe passare da 1,49 t P a^{-1} e 9,1 t N a^{-1} a 15,9 t P a^{-1} e 96,9 t N a^{-1}. Nel caso del fosforo il carico complessivo passerebbe da 12 t P a^{-1} a 27,8 t P a^{-1}. La concentrazione media

annuale del fosforo passerebbe da 122 mg P m^{-3} a 312 mg P m^{-3}. Ammesso pure che i reflui, come si prevede, se verrà realizzata la relativa opera di convogliamento, possano essere avviati all'uso irriguo almeno sei mesi all'anno, il carico del fosforo passerebbe da 12 t P a^{-1} a 19,2 t P a^{-1} il che comporterebbe una concentrazione media annuale di 216 mg P m^{-3}. In sostanza ed in qualunque caso la situazione trofica dello stagno si aggraverebbe in termini assai pesanti con un ulteriore scadimento della qualità dell'acqua e riflessi molto dannosi su tutti l'insieme compartimentale del sistema lagunare sia a livello di biodiversità che di funzioni e processi oltre che a livello economico in relazione alle attività di pesca attualmente già penalizzate.

In conclusione le indagini nel compartimento idrico evidenziano una situazione ambientale assai compromessa coerente con l'impatto potenziale derivante dalle azioni in essere nel bacino idrografico versante.

Lo stagno ha connotati eutrofici suffragati dalle elevate concentrazioni dell'azoto e soprattutto del fosforo che nella presente indagine mostra i valori più elevati della serie storica segno evidente che l'impatto territoriale invece che ridursi va aumentando, fermo restando le condizioni idrologiche.

Le evidenze biologiche sperimentali di incremento trofico, fermo restando lo stato eutrofico, sono peraltro deboli: cioè all'incremento nutrizionale non sembra di notare il corrispondente aumento di produttività e biomassa. Questo peraltro può dipendere dalla scarsità dei dati rilevati e dalla breve cadenza temporale dell'indagine. Gli eventi di blooms algali come quello segnalato nel 2008, ma non valutati scientificamente, indicano che le risposte della componente biologica possono essere estemporanee, altalenanti e del tutto casuali e concentrate temporalmente, condizioni tipiche di ambienti destabilizzati che rispondono imprevedibilmente ai vincoli ambientali.

In questo quadro si inserisce l'immissione inquinante nutrizionale aggiuntiva derivante dal depuratore di San Marco.

Statisticamente lo stagno dovrebbe rispondere con un notevole aumento della produttività e relativo ulteriore decadimento della qualità dell'acqua con implicazioni a tutti i livelli delle catene alimentari già oggi pesantemente compromesse. Questo aumento produttivo può essere atteso sia spalmato nell'arco dell'anno con effetti moderati sia concentrato in eventi occasionali ad elevata frequenza con effetti molto evidenti ed assai pericolosi fino a crisi distrofiche e morie ittiche.

All'attuale livello conoscitivo le indicazioni gestionali possono essere solo generiche nel senso di operare perchè, fermo restando gli attuali assetti idrologici dello stagno, nel bacino idrografico venga invertito il trend che vede il continuo incremento dei rilasci nutrizionali (significa in termini generici aumentare l'efficienza dei depuratori, ridurre gli scarichi industriali, aumentare la copertura boschiva, ridurre l'entità delle concimazioni) e soprattutto impedire che nessuna quota del refluo del depuratore di San Marco raggiunga lo stagno.

Si può operare anche nel fronte idrologico riducendo il tempo di ricambio idraulico: cosa fattibile solo con interventi onerosi che facciano aumentare l'interscambio con il mare. Si tratterebbe di ampliare la sezione del canale di collegamento con il mare oppure di aprire un ulteriore canale di collegamento con il mare nella propaggine sud dello stagno. Si tratta peraltro di interventi che vanno ben ponderati in quanto c'è in rischio di una eccessiva salinizzazione dello stagno con prevedibili aumenti dei tassi di risalita di cunei salini lungo i percorsi fluviali.

BIBLIOGRAFIA

Stato trofico

A.T.I Hydrocontrol S.c.r.l., Amga S.p.a. (2001) – Studio 1. “Gestione della trofia dello Stagno del Calich, di S. Gilla, di S. Giusta e di Tortolì finalizzata all’incremento della produzione ittica”. Report fase B sperimentale. Marzo 2001.

Ceccherelli G., 2003 - Effetto dell’habitat sulla variabilità spaziale e temporale delle macroalghe nella laguna di S’Ena Arrubia (Sardegna Centro-Occidentale). Biol. Mar. Med. 10(2): 529-531.

Ceccherelli G, Padedda BM, Sechi N. 2009 - The brackish lakes of Sardinia In: Cecere, E., A. Petrocelli, G. Izzo and A. Sfriso. Flora e Vegetazione degli Ambienti di Transizione Italiani. CoRiLa, Multigraf, Spinea.

Chessa L. A. (1980) - Alcune osservazioni sulla fauna delle lagune di Calich e Cesaraccio e dello Stagno di Pilo (Sardegna): Ipotesi di salvaguardia. Bollettino della società sarda di scienze naturali Aanno XIII Vol. XIX pp. 129-139.

Consorzio di Bonifica della Nurra. 1998 - Progetto per la modernizzazione delle produzioni ittiche con opere di regolazione e salvaguardia ambientale nello Stagno di Calich. Dipartimento di Zootecnica - Università di Sassari.

Farris G. A., Fatichenti F., Deiana P., Arru A., Chessa L. & Torre A., (1978) - Lo Stagno di Calich. Rilievi preliminari sulla microflora delle acque e dei fanghi, sulla ittiofauna e sulla avifauna. Bollettino della società sarda di scienze naturali, Anno XI, Vol. XVII p. 109.

Franci M. A., Arru A., Magri A. L. & SabattiniI M. (1980) - Inquinamento della Laguna del Calich (Alghero). Nota 1. Metalli pesanti. Inquinamento, Vol. 12, pp. 45-48.

Franci M. A., Sabbatini M., Sunc M. Alamanni V., Arru A. (1981) - Inquinamento della Laguna del Calich (Alghero). Nota 2. parametri chimici e chimico-fisici. Inquinamento, Vol. 4, pp. 67-71.

Martinelli M., Santoni M. & Castelli A. (1997) - Distribuzione dei policheti nello Stagno di Calich (Sardegna Nord occidentale): evoluzione a medio termine (1988-1995). Bollettino della società sarda di scienze naturali, Vol. XXXI, p. 45.

OCDE (1982) – Etrophication of Waters; Monitoring, Assessment and Control. OCDE, Paris, 154 pp.

Pagnotta R. & Barbiero G. (2003) - Stima dei carichi inquinanti nell'ambiente marino costiero. Ann. Ist. Super. Sanità 39(1): 3-10.

Regione Autonoma della Sardegna (2006). - Assessorato Alla difesa dell'ambiente. Servizio Tutela delle Acque. Centro di documentazione dei bacini idrografici. http://cedoc.infogis.it/GIS/.

Sechi N. (1981) - Lo stato trofico di alcuni stagni salmastri costieri della Sardegna. Estratto da Bollettino della Società Sarda di Scienze Naturali, Anno XV, Vol. XXI - Galizzi, Sassari.

Torre A. (1981) - Osservazioni sull'avifauna della laguna del Calich e considerazioni sulle possibili conseguenze degli interventi di bonifica. Bollettino della società sarda di scienze naturali, Anno XIV, Vol. XX p. 79.

Utermohl H. (1958) – Zur vervolkommung der qualitativen phytoplankton methodik. Ver. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.