

Indagini sullo stato trofico dello stagno del Calich Campagna 2017



Sommario

1. Premessa.....	3
2. Programma di monitoraggio	4
3. Risultati	5
3.1 Gennaio.....	5
3.2 Febbraio	6
3.3 Marzo	9
3.4 Aprile	12
3.4.1 Stagno solare	12
3.4.2 Prelievi ordinari ed extra	15
3.5 Maggio	16
3.5.1 Sedimenti	17
3.5.2 Acqua	18
3.5.3 Affluenti	19
3.6 Giugno.....	20
3.7 Luglio.....	22
4. Carichi incidenti da impianti di depurazione	24
5. Conclusioni	25



1. Premessa

Il seguente rapporto è stato stilato, come ogni anno a partire dal 2010, a completamento delle attività svolte nell'ambito del "Piano di gestione – Riutilizzo delle acque reflue depurate del comune di Alghero" (di seguito denominato PdG). Di seguito la localizzazione geografica dell'area di intervento, corredata di coordinate geografiche delle stazioni di prelievo.

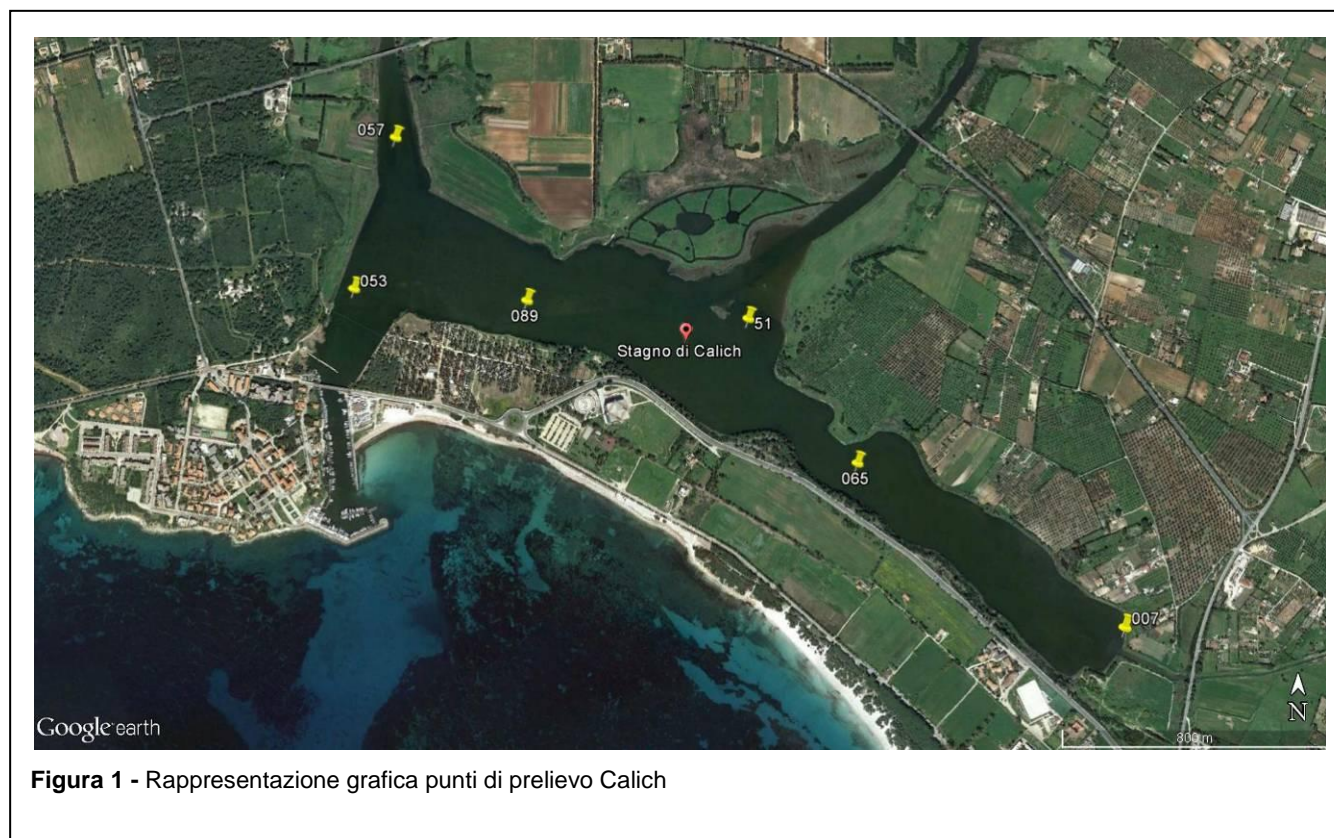


Figura 1 - Rappresentazione grafica punti di prelievo Calich

Punto	Nord G_B	Est G_B	N_WGS84 (geo)	E_WGS84 (geo)
0190-AT50390-053	4494297	1439837	40°35'50"	008°17'19"
0190-AT50390-057	4494728	1439958	40°36'04"	008°17'24"
0190-AT50390-089*	4494333	1440324	40°35'51"	008°17'40"
0190-AT50390-051	4494288	1441006	40°35'50"	008°18'09"
0190-AT50390-065*	4493664	1441595	40°35'31"	008°18'34"
0190-AT50390-007	4493293	1442062	40°35'18"	008°18'54"

*Punti di prelievo ordinari ai sensi del D.lgs 152/06

Tabella 1 - Coordinate punti di prelievo Calich

I punti di campionamento sono rimasti invariati rispetto al 2016.

2. Programma di monitoraggio

Come ogni anno, ad integrazione delle attività istituzionali previste all'interno dello stagno del Calich ai sensi del D.lgs 152/06, sono stati eseguiti prelievi aggiuntivi tra i mesi di maggio e luglio. Le classi analitiche ricercate sono indicate nelle tabelle sottostanti sia per la matrice acqua sia per la matrice sedimento.

A causa di alcune criticità verificatesi durante il periodo indagato, sono state eseguite indagini aggiuntive mirate, di volta in volta, ad acquisire elementi utili alla comprensione dei fenomeni. Lo schema sottostante riporta un riepilogo sintetico dei prelievi svolti:

Tabella 2 - Profilo analitico stagno

Data	Attività	Stazione	Acqua					Sedimenti				
			<i>E. coli</i>	¹ Nutrienti	Metalli ²	IPA	Idrocarburi C>12	Sonda	TOC	Metalli IPA Pesticidi C>12	AVS_LFe	
19/01/2017	Extra segnalazione schiuma	Pressi lavoriero	X	X								
28/02/2017	Ordinari 152/06 - extra fioritura macroalgale	0190-AT50390-057		X	X				X			
		0190-AT50390-089		X	X				X			
		0190-AT50390-051		X					X			
		0190-AT50390-065		X	X				X			
24/03/2017	extra fioritura macroalgale	0190-AT50390-057		X	X				X			
		0190-AT50390-089		X	X				X			
		0190-AT50390-065		X	X				X			
		0190-AT50390-007		X	X				X			
07/04/2017	Indagini stagno solare	20 punti		X	X				X			
19/04/2017	Ordinari 152/06 extra fioritura macroalgale	0190-AT50390-057		X	X				X			
		0190-AT50390-089		X	X				X			
		0190-AT50390-065		X	X				X			
		0190-AT50390-007		X	X				X			
18/05/2017 acqua 24/05/2017 sedimenti		0190-AT50390-053	X	X	X	X	X	X	X			
		0190-AT50390-057	X	X	X	X	X	X	X			
		0190-AT50390-089	X	X	X	X	X	X	X			
		0190-AT50390-051	X	X	X	X	X	X	X			
		0190-AT50390-065	X	X	X	X	X	X	X			
		0190-AT50390-007	X	X	X	X	X	X	X			
20/06/2017	PdG depuratore S. Marco	0190-AT50390-053	X	X					X	X		
		0190-AT50390-057	X	X					X	X		
		0190-AT50390-089	X	X					X	X	X	
		0190-AT50390-051	X	X					X	X	X	
		0190-AT50390-065	X	X					X	X	X	X
		0190-AT50390-007	X	X					X	X	X	
20/07/2017		0190-AT50390-053	X	X					X			
		0190-AT50390-057	X	X					X			
		0190-AT50390-089	X	X					X			
		0190-AT50390-051	X	X					X			
		0190-AT50390-065	X	X					X			
		0190-AT50390-007	X	X					X			

Ciascun prelievo relativo alla matrice acqua è stato completato dal profilo di colonna di temperatura, salinità, conducibilità, clorofilla "a" e ossigeno disciolto, effettuato con sonda multiparametrica EUREKA – MANTA2.

¹ I prelievi e le analisi relative ai nutrienti sono stati eseguiti sia in superficie sia sul fondo di ciascuna stazione.

² Da febbraio ad aprile determinato unicamente Cd



3. Risultati

Di seguito il resoconto degli esiti delle indagini svolte, illustrate mese per mese

3.1 Gennaio

Come esplicitato nel piano annuale riportato in precedenza, il mese di gennaio non è stato interessato da alcun prelievo ordinario. Tuttavia sono comunque state eseguite delle attività di sopralluogo e prelievo a seguito di una segnalazione, pervenuta in data 19/01/2017 da parte del Parco di Porto Conte, in merito alla presenza di abbondanti schiume nei pressi della foce del canale Urune.

Dalla ricognizione, eseguita il giorno stesso, le condizioni generali sono parse nettamente migliorate rispetto a quanto emerso dalle immagini e dai video prodotti e pubblicati la giornata precedente.

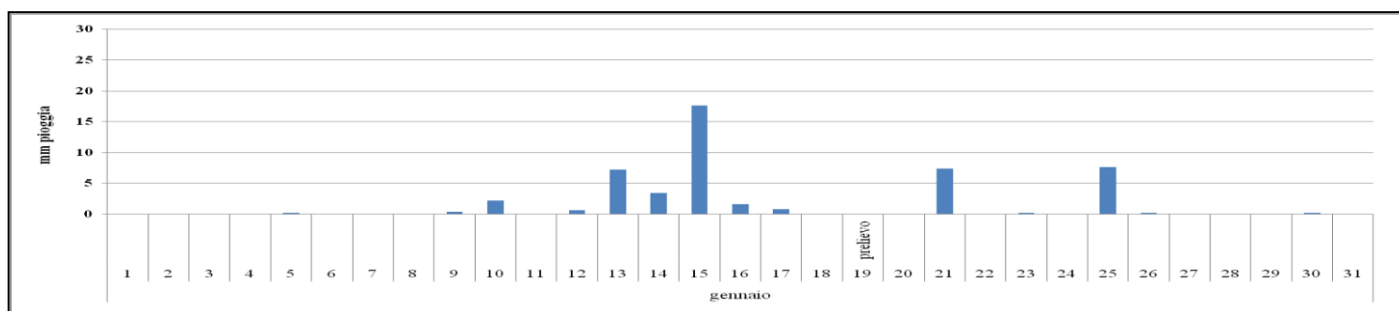
Nello stagno le schiume, visibili in superficie principalmente in prossimità del lavoriero in legno, sono risultate maggiormente addensate sulla sponda sud-ovest del corpo idrico, verso il punto di accesso con imbarcazione dal porto canale di Fertilia (probabilmente ad opera del forte vento di Grecale).

Il prelievo, eseguito nel punto in cui è stato rilevato visivamente il maggiore accumulo di schiume, ha messo in evidenza la presenza di una concentrazione rilevante di nitrati e tensioattivi, così come una contaminazione batteriologica significativa (2000 UFC/100 ml di *E. coli*).



Allo scopo di avere un quadro d'insieme più chiaro, sono stati visionati i tre immissari del Calich: Canale Urune (C.I. 0190-CF000100), Rio Barca (C.I. 0191-CF000100) e Riu de Calvia (C.I. 0192-CF000100) in prossimità delle foci. In nessuno dei tre corsi d'acqua è stata riscontrata visivamente presenza di schiuma.

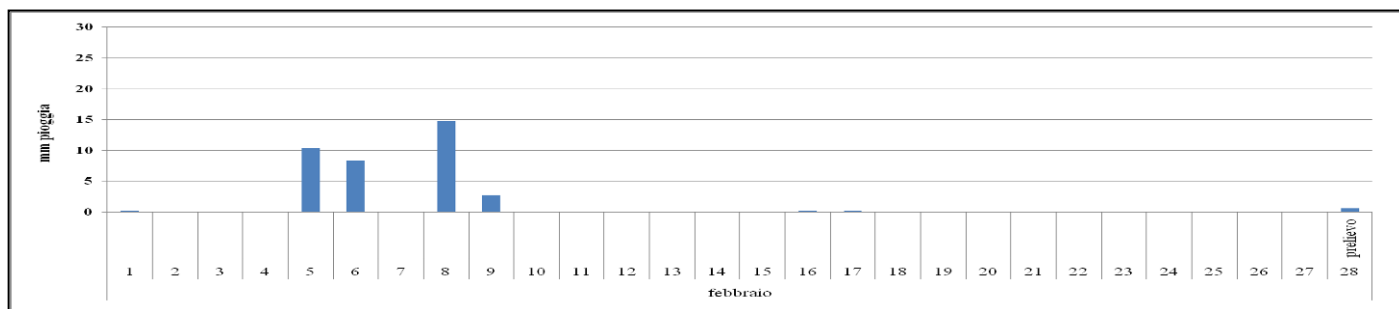
Infine è stato visionato il tratto di mare antistante il porto canale di Fertilia ove non è stata riscontrata alcuna anomalia. A completamento del quadro generale, si riportano i dati relativi alle precipitazioni che mostrano eventi meteorici significativi pochi giorni prima del prelievo che potrebbero aver contribuito ad aumentare il livello di nitrati (dati forniti dal Dipartimento Meteo-Climatico ARPAS).



3.2 Febbraio

Nel mese di febbraio sono stati eseguiti i prelievi ordinari, previsti dal D.lgs 152/06, ai quali, vista l'occorrenza di un importante fenomeno di fioritura macroalgale che ha interessato lo stagno a partire da quel periodo, si è deciso di associare delle indagini suppletive.

Il campionamento, eseguito alla fine del mese, è avvenuto circa tre settimane dopo il manifestarsi di eventi meteorici di entità significativa che complessivamente hanno determinato la caduta di circa 36 mm di pioggia in cinque giorni.



Il sopralluogo, eseguito come sempre con l'ausilio logistico del Parco di Porto Conte, ha permesso di effettuare la ricognizione visiva dell'intero stagno. A detta del personale dello stesso Parco, la presenza delle macroalghe in superficie è apparsa inferiore rispetto alle giornate precedenti, durante le quali le stesse parevano distribuite principalmente nei pressi della foce del canale Urune.

Al momento del campionamento, la distribuzione delle macrofite è apparsa omogenea e continua sul fondo dell'intero stagno, mentre in superficie è risultata localizzata soprattutto nella porzione N –NW, probabilmente ad opera del vento.



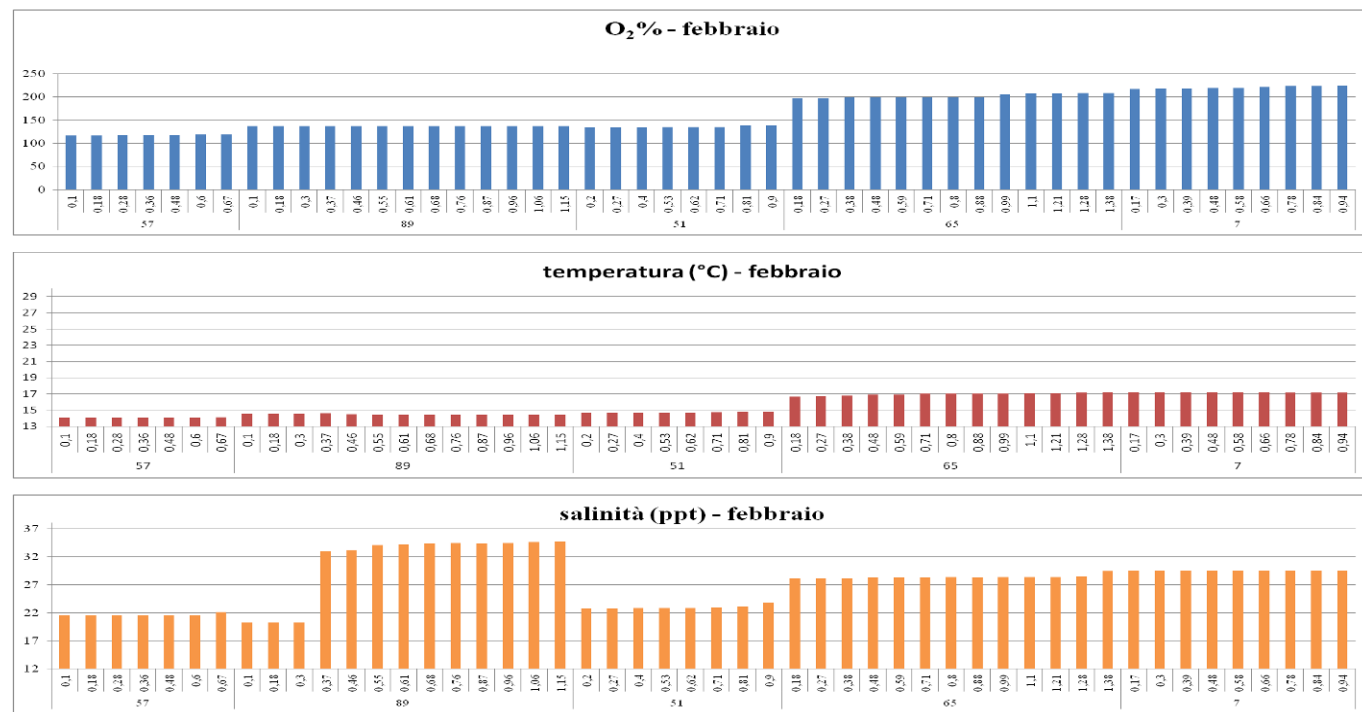


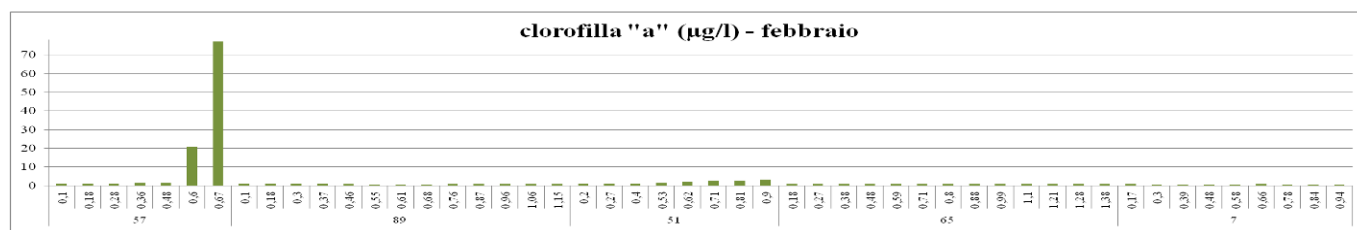
I prelievi hanno interessato le due stazioni di campionamento ordinarie 0190-AT50390-089 e 0190-AT50390-065 e due ulteriori punti di campionamento denominati 0190-AT50390-057 e 0190-AT50390-051 intorno ai quali sono apparse le evidenze maggiori di proliferazione. In ogni stazione, e in un ulteriore punto denominato 0190-AT50390-007, si è provveduto ad effettuare il

profilo verticale di colonna con sonda multiparametrica.

La trasparenza rilevata è risultata coincidente con il fondo in tutte le stazioni, tanto da permettere di osservare con facilità la presenza delle macroalghe, nonostante la copertura quasi totale del cielo (7/8).

Di seguito gli istogrammi rappresentativi del profilo di colonna dei principali parametri fisico-chimici nelle stazioni di prelievo.





I rilievi eseguiti hanno mostrato una condizione di ipersaturazione di O₂ verso la porzione dello stagno a minor ricambio con il mare (stazioni 065 e 007). Di converso, le analisi condotte sui nutrienti hanno evidenziato proprio nel punto 065 le concentrazioni più basse di questi analiti (vedi tabelle sottostanti). Tali risultati potrebbero essere ricondotti all'imponente sviluppo macroalgale, presente in quella zona anche in superficie, che ha determinato sia l'utilizzo di gran parte dei nutrienti disponibili, sia le condizioni di ipersaturazione.

La temperatura, pressoché costante in colonna, è risultata più alta nella porzione di stagno più lontana dal mare, mentre la salinità, anch'essa stabile lungo il profilo verticale, ha mostrato le maggiori concentrazioni nella stazione più prossima alla foce a mare e le più basse allo sbocco del canale Urune e del rio Calvia.

Le concentrazioni di clorofilla "a" rilevate in tutte le stazioni sono risultate tra le più basse degli ultimi anni (si precisa che il dato relativo al fondo della stazione 057 è probabilmente il risultato dell'interferenza nella misura della presenza delle stesse macroalge a causa della ridotta batimetria).

Punto di prelievo (Febbraio)	Descrizione	N-NH ₄ ⁺ µg/l	N-NO ₃ ⁻ µg/l	N-NO ₂ ⁻ µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO ₄ ³⁻ µg/l	SiO ₄ ⁻ µg/l
0057	superficie	15	169	<LR	184	395	30	25	2835
	fondo	<LR	105	<LR	105	265	20	18	2539
0089	superficie	19	414	<LR	433	611	48	42	3846
	fondo	<LR	41	<LR	41	170	<LR	<LR	911
0051	superficie	18	264	<LR	282	408	30	28	2951
	fondo	16	176	<LR	192	393	20	19	2873
0065	superficie	21	9	<LR	30	205	<LR	<LR	1973
	fondo	19	18	<LR	37	297	12	11	2080

I valori dei principali nutrienti, come i nitrati e ortofosfati, sono parsi in linea con quanto viene registrato solitamente in questo periodo dell'anno durante il quale si manifesta il maggior apporto dal bacino imbrifero in ragione delle precipitazioni. Fa eccezione, come già affermato, la stazione 065 nella quale la concentrazione di tali composti in superficie risulta circa la metà rispetto agli altri punti di prelievo. Si precisa che il valore del DIN rilevato nella stazione 089 e pari a 433 µg/l, supera il limite (come media annua) tra la classe BUONO/SUFFICIENTE di 420 µg/l indicato dal DM 260/2010 per i corpi idrici di transizione oligoalini.

Le condizioni rilevate al momento del sopralluogo non hanno evidenziato fenomeni di anossia, dato confermato anche dai bassi tenori di ammonio nei campioni sia di superficie sia di fondo.

Nel corso del sopralluogo è stata evidenziata la completa copertura del fondo dello stagno da parte delle macroalge. A tale proposito, contestualmente ai campionamenti della matrice acqua, sono state prelevate porzioni di macroalge per identificazione tassonomica. Sono stati rilevati principalmente due generi: Ulva e Chaetomorpha.

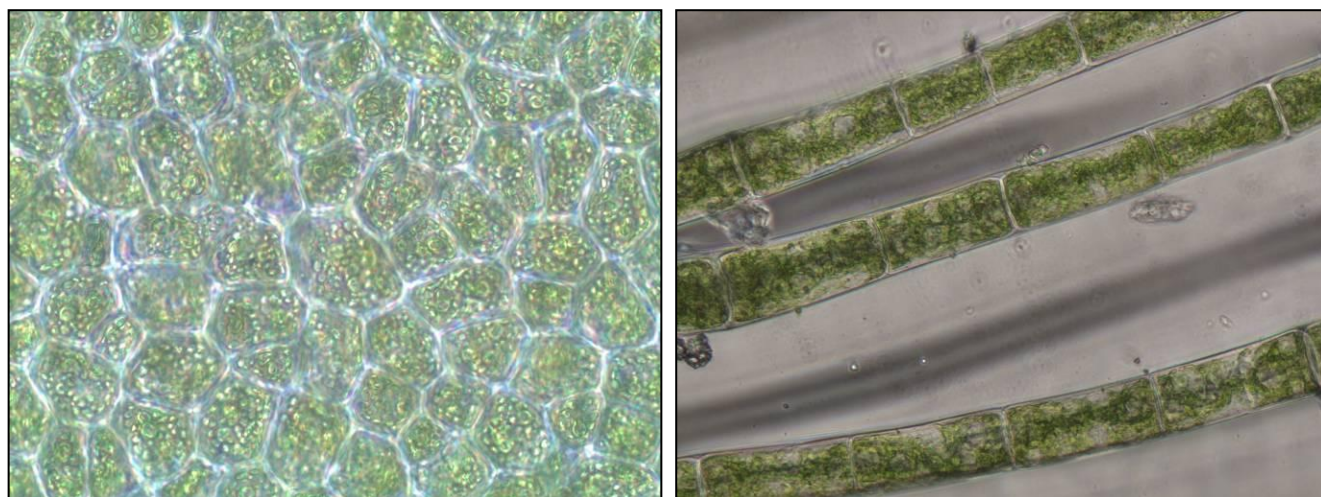


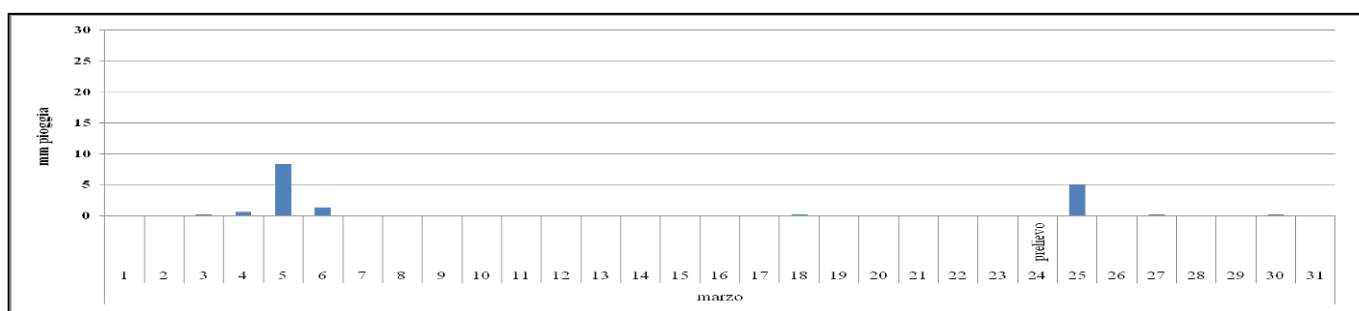
Figure: dettaglio talli di *Ulva sp.* e *Chaetomorfa sp.* (foto ARPAS – Dip SS: microscopio Leica DMI 3000B - ingrandimento 100X)

Come si vedrà dopo, a conferma delle previsioni fatte, lo sviluppo macroalgale e la successiva degradazione di tale imponente biomassa ha comunque avuto come conseguenza, circa 3 mesi dopo, una crisi anossica all'interno dello specchio acqueo con moria di pesci.

3.3 Marzo

Nel mese di marzo, non interessato da indagini ordinarie ai sensi del D.lgs 152/06, è stato eseguito un ulteriore approfondimento mirato alla comprensione del fenomeno di fioritura macroalgale. Le modalità utilizzate sono state le stesse del mese precedente al fine di avere maggior sovrapposibilità nei dati.

Anche in questo caso gli eventi meteorici, occorsi la prima decade del mese, hanno preceduto di circa tre settimane il prelievo. La cumulata relativa al periodo indicato è stata di circa 11 mm di pioggia.

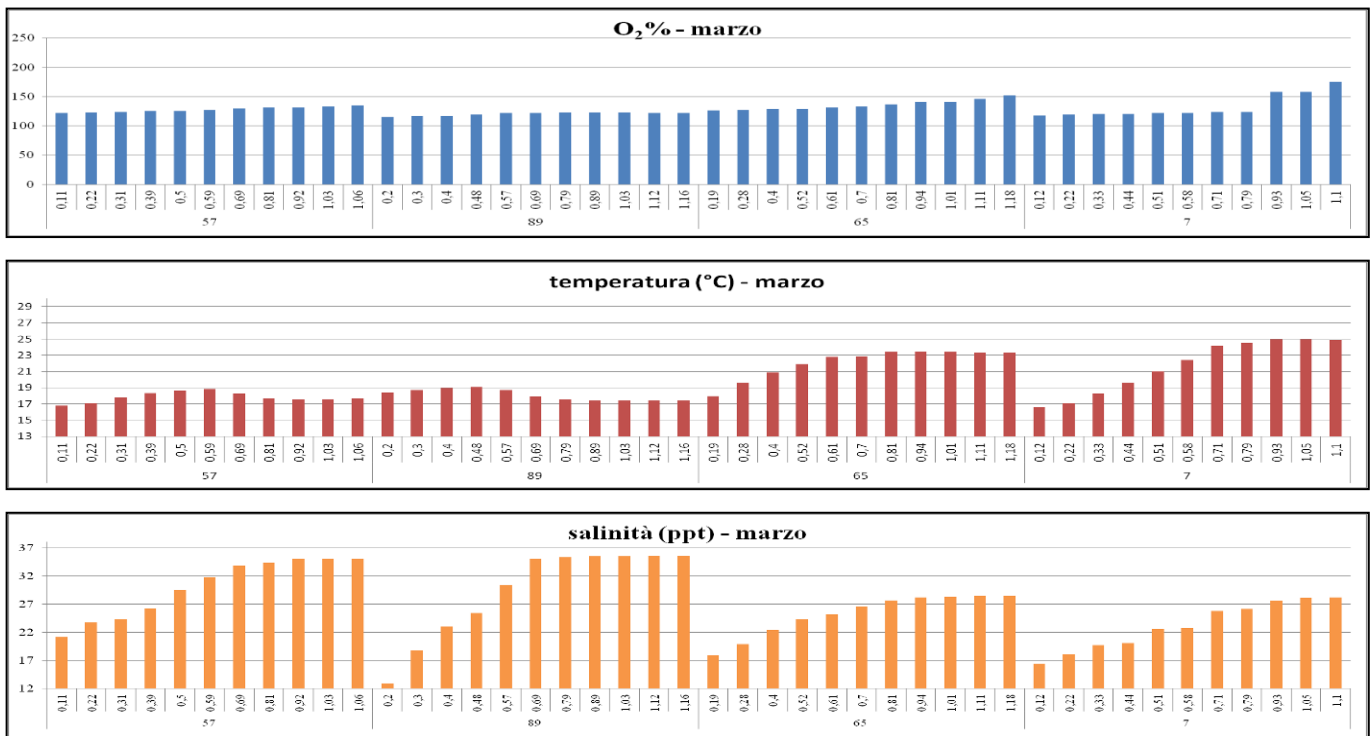


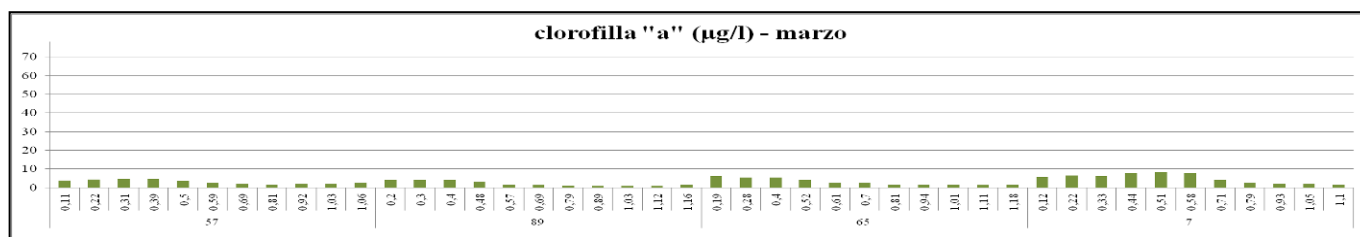
Sono state mantenute quattro le stazioni di prelievo sostituendo però la 051 con la 007.

In generale, la copertura macroalgale è parsa coprire interamente il fondo dello stagno con porzioni di quest'ultimo interessate da proliferazioni molto consistenti anche sulla superficie. Ci si riferisce in particolare alla zona prossima al lavoriero in legno e in prossimità delle rive (vedi foto).



Si riportano di seguito i profili di colonna per ossigeno, temperatura, salinità e clorofilla "a".





Le acquisizioni dei profili di colonna hanno confermato condizioni di sovra-saturazione di ossigeno in tutte le stazioni, benchè con carattere meno significativo rispetto a febbraio. Si conferma un aumento del tenore di ossigeno verso il fondo colonna nelle stazioni più lontane dalla foce a mare, con picchi superiori al 150% nella stazione 007.

Proprio in questi ultimi punti di prelievo è stata rilevata una condizione decisamente insolita relativa alla stratificazione termica della colonna in quanto, a differenza delle stazioni 057 e 089, che hanno mostrato un forte aumento di salinità verso il fondo associato a variazioni di temperatura molto lievi, allo stesso aumento di salinità è corrisposta una variazione di temperatura di + 5 °C nel sito 065 e + 7 °C in quello 007.

Questo evento è solo apparentemente in contraddizione con il principio per il quale, l'acqua più calda, meno pesante, dovrebbe tendere a galleggiare in colonna. Gli approfondimenti effettuati in seguito hanno permesso di stabilire che all'interno del Calich si è manifestato il fenomeno del cosiddetto "stagno solare" per il quale è stato eseguito un apposito approfondimento nel mese di aprile.

Le concentrazioni di clorofilla "a" hanno confermato, sebbene con un lieve incremento, valori relativamente bassi per il tipo di corpo idrico e comunque sempre al di sotto di 10 µg/l.

Punto di prelievo (Marzo)	Descrizione	N-NH4 ⁺ µg/l	N-NO3 ⁻ µg/l	N-NO2 ⁻ µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO4 ³⁻ µg/l	SiO4 µg/l
057	superficie	51	212	12	275	412	104	78	6600
	fondo	28	<LR	<LR	28	206	84	55	5200
089	superficie	80	635	20	735	735	190	185	8000
	fondo	<LR	14	<LR	14	140	75	9	1500
065	superficie	24	344	15	383	501	130	119	7600
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	235	94	70	4900
007	superficie	41	139	10	190	302	75	72	5200
	fondo	20	<LR	<LR	20	124	22	<LR	1200

Dall'analisi dei nutrienti è emerso un significativo aumento dell'apporto di nitrati in superficie, che già singolarmente hanno raggiunto una concentrazione tale da superare il limite medio annuo del DIN nella stazione 089.

In generale si è assistito ad un incremento dei valori rilevati nei campioni superficiali, mentre sono apparse decisamente basse le concentrazioni degli inorganici dell'azoto sul fondo.

Di fatto, la situazione che si è venuta a creare, in particolar modo nelle due stazioni più lontane dalla foce a mare, ha determinato una stratificazione tale da impedire il rimescolamento della colonna e di conseguenza il confinamento dei nutrienti sulla superficie.

Considerati infine i valori dell'azoto totale, si deduce che quanto ritrovato sul fondo sia attribuibile alla componente organica dell'azoto, riconducibile in parte forse anche alla presenza delle macroalghe.

3.4 Aprile

Nel mese di aprile le attività di monitoraggio effettuate all'interno dello stagno del Calich hanno seguito filoni differenti:

- Indagini sul profilo di colonna del corpo idrico in relazione alla comprensione del fenomeno di stratificazione termica inversa.
- Prelievi ordinari previsti dal D.lgs 152/06 nelle due stazioni 065 e 089, limitatamente alla superficie;
- Prelievi extra finalizzati al monitoraggio della fioritura macroalgale in atto (superficie e fondo);

3.4.1 *Stagno solare*

Il fenomeno detto dello “stagno solare” (in inglese “solar pond”) fu studiato per la prima volta all’inizio del 20° secolo quando vennero riportate le osservazioni di fenomeni termici in alcuni laghi, nei pressi di miniere di sale, presenti nella regione della Transilvania.

Ziegler nel 1898 e Kalecsinsky nel 1902 furono i primi ricercatori che spiegarono le origini del calore accumulato sul fondo di laghi naturali e della soppressione della convezione termica a causa del gradiente di salinità in essi riscontrato.

Attualmente, questo tipo di lago solare viene realizzato artificialmente versando nell'invaso una soluzione di sale in acqua, per esempio cloruro di sodio, utilizzando tecniche di riempimento che permettono di stabilire un gradiente di concentrazione salina crescente con la profondità fino alla saturazione sullo strato di fondo.

Lungo la sezione verticale del bacino si rinvengono tre distinti strati sovrapposti: il primo in alto molto sottile, costituito da acqua con una piccola quantità di sale, quello centrale, nel quale si può osservare una variazione lineare di salinità ed infine lo strato di fondo omogeneo e saturo di sale.

Quando la radiazione solare, incidente sulla superficie del bacino, penetra attraverso la massa trasparente di soluzione, viene assorbita sul fondo ed il calore prodotto si trasmette alla soluzione per convezione.

Il conseguente trasferimento ascensionale di massa e di energia, che porterebbe alla dissipazione del calore in superficie, trova una barriera nell'interfaccia con lo strato a gradiente salino ed il calore rimane accumulato nella salamoia del fondo: la temperatura può raggiungere anche i 100 °C.

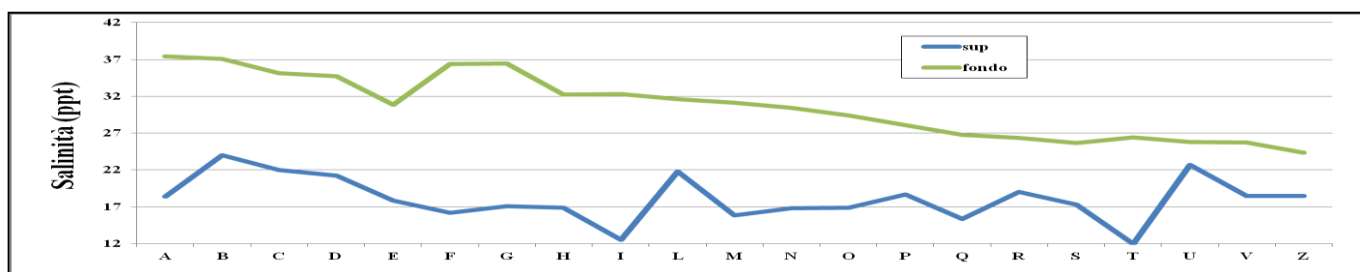
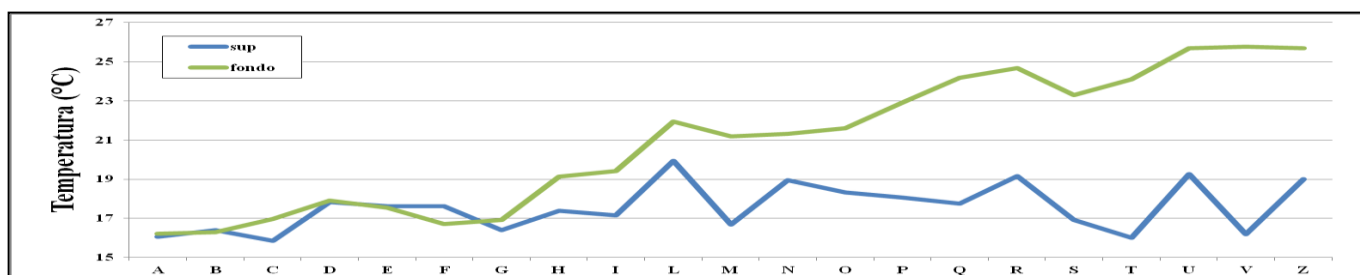
All'interno dello stagno del Calich, si è venuto a creare in modo naturale tale meccanismo, sebbene, viste le condizioni non ideali e la ridotta profondità del bacino, con rese decisamente più basse rispetto ai laghi solari creati artificialmente a scopi termico-energetici.

Le indagini condotte hanno previsto l'esecuzione di profili verticali in continuo dei principali parametri fisico-chimici in una ventina di punti differenti in modo da coprire l'intera superficie dello stagno.

Rispetto ad una situazione ideale, lo stagno del Calich non è un “oggetto” isolato nel quale è possibile controllare i flussi in ingresso ed in uscita. Dai rilievi eseguiti è infatti parso chiaro come l'influenza delle acque più fresche e salate in arrivo dal mare abbiano costituito una sorta di motore contrario all'instaurarsi dello stagno solare.



Come si può vedere dai grafici sottostanti, le stazioni più prossime alla foce (il punto A è stato posizionato all'interno del porto canale di Fertilia) hanno subito una forte influenza delle acque in arrivo dal mare, tale da non permettere il riscaldamento della massa sul fondo, in continuo ricambio con quella in arrivo dalla foce dello stagno. Come conseguenza, si è potuta osservare una sostanziale omogeneità del profilo termico di tali punti (da A a G). Procedendo via via verso la parte più interna del corpi idrico, è stato rilevato una progressivo aumento della temperatura sul fondo che in linea di massima è coinciso con un aumento del ΔT in colonna (particolarmente marcato nelle stazioni T e v nelle quali si partiva da una temperatura superficiale sino a tre gradi più basse di quella rilevata nei punti limitrofi).



Le dinamiche delle masse d'acqua all'interno dello stagno, comprese quelle in arrivo dai tre affluenti, hanno poi contribuito a far sì che il fenomeno si discostasse decisamente da quanto è possibile rilevare in un sistema artificiale. Rispetto agli anni passati, nel corso dei quali il fenomeno non si era mai manifestato così marcatamente, ciò che ha

innescato il meccanismo di formazione del gradiente termico inverso potrebbe probabilmente essere la maggiore capacità di penetrazione della radiazione solare, vista la particolare trasparenza della colonna d'acqua dovuta alla presenza delle macroalghe, associata alle temperature particolarmente miti del periodo.

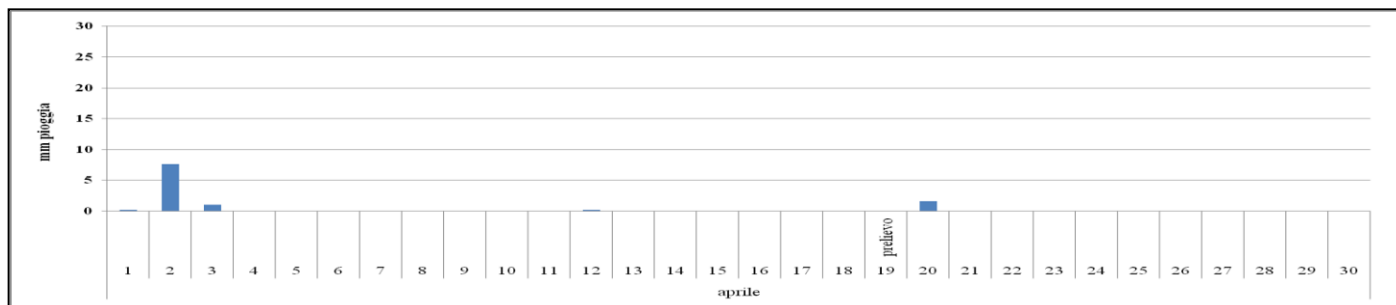
Le carte tematiche, ottenute dall'interpolazione dei dati di salinità e temperatura in tre strati differenti (0_0.5 m; 0.51_1.0 m e 1.0_1.5 m), mostrano visivamente quanto sopra descritto e restituiscono efficacemente l'idea delle differenti masse d'acqua in gioco, con lo strato superficiale a temperatura e salinità più basse e gli strati sottostanti con le massa d'acqua più salate in arrivo dal mare, e quella più calda, confinata sul fondo delle stazioni più lontane dalla foce.



3.4.2 Prelevi ordinari ed extra

I prelievi ordinari previsti nel secondo trimestre sono stati effettuati nel mese di aprile.

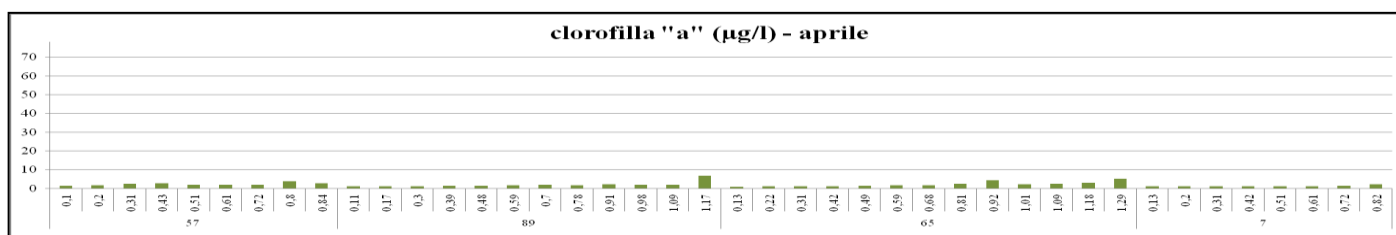
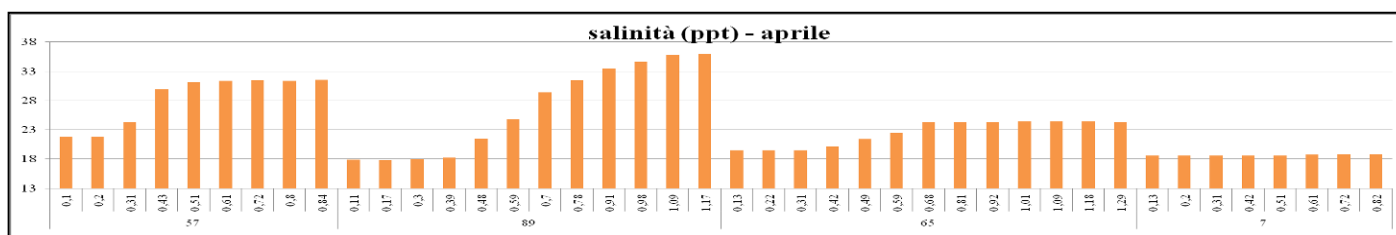
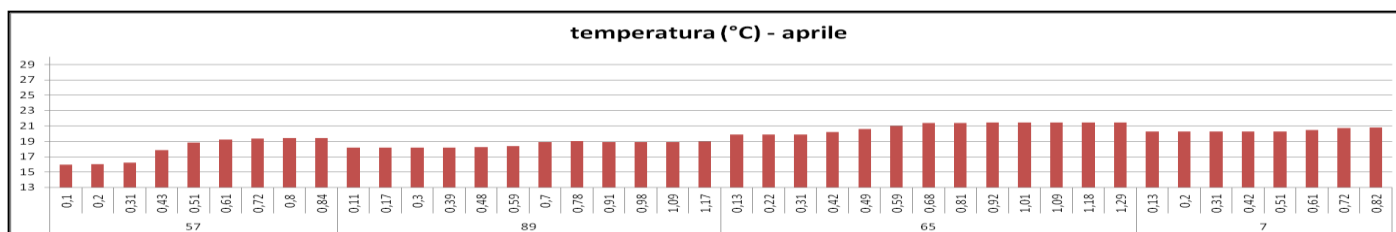
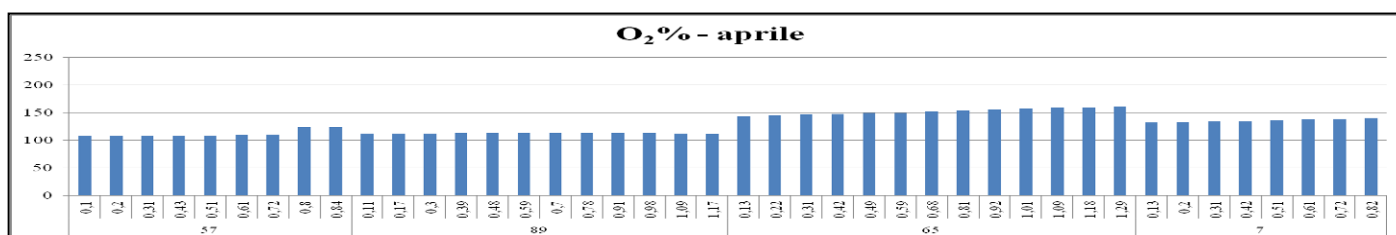
In questo periodo le uniche precipitazioni, che hanno preceduto il prelievo di tre settimane, sono avvenute tra il 1° e il 3 del mese, con un totale di mm di pioggia di circa 8 mm.



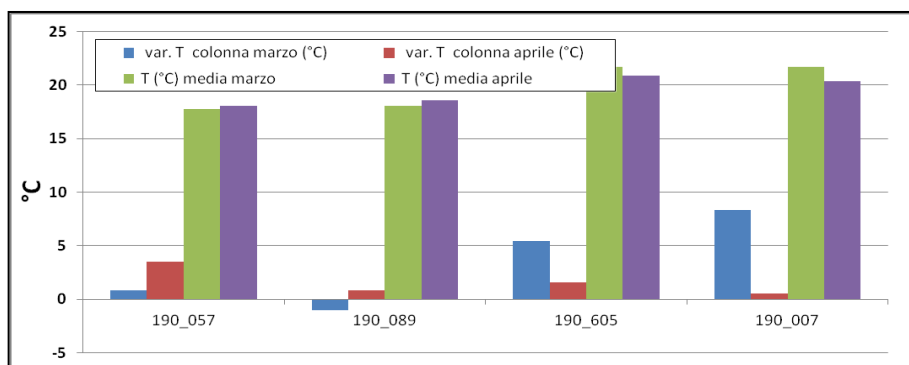
Rispetto al profilo analitico richiesto per questo corpo idrico ai fini dello stato ambientale, sono state eseguite telemisure su tutte e quattro le stazioni monitorate a marzo con prelievi sia in superficie sia sul fondo.

Si conferma la copertura da parte di macroalghe, appartenenti al genere *Ulva*, dell'intero fondale dello stagno.

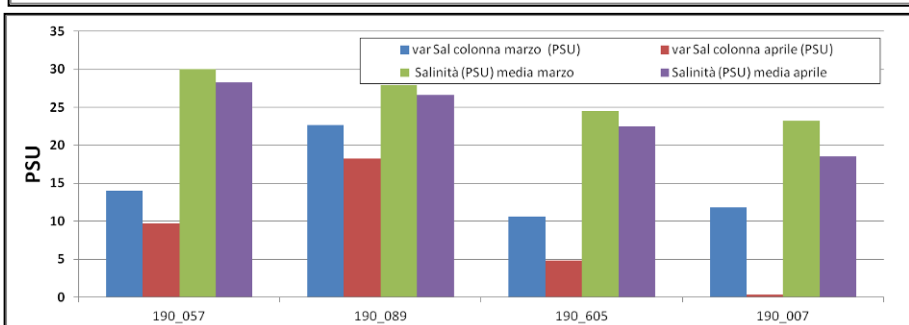
Anche in questo caso sono stati eseguiti i profili di colonna delle quattro stazioni.



Non si segnalano variazioni significative di ossigeno e clorofilla “a” rispetto a quanto rilevato a marzo, mentre risulta interessante quanto osservato in merito all’evoluzione del fenomeno dello “stagno solare”.



I profili termici e quelli relativi alla salinità della stazione 089 hanno mantenuto le caratteristiche del mese precedente, con un aumento verso il basso della salinità associato ad una sostanziale omogeneità della temperatura lungo la colonna.



Nella stazione 007 si è assistito ad un rimescolamento della colonna d’acqua, tanto da determinare profili termici caratterizzati da temperature pressoché costanti. Si è passati infatti da un ΔT (°C) colonna marzo di +8,3 °C a +0,54 °C. Lo stesso fenomeno, meno amplificato, è stato osservato

nel punto 065 nel quale si sono mantenuto ancora quasi +2 °C di temperatura sul fondo. La condizione inversa si è venuta a creare nella stazione 057, nella quale, forse per via della minore influenza delle acque in arrivo dal mare (si rileva una diminuzione della salinità), il gradiente di temperatura è aumentato da meno di 1 °C a circa 3,5 °C. Quello che emerge è un sostanziale mantenimento della salinità e soprattutto delle temperature e medie in ciascun punto, frutto però di profili di colonna nettamente differenti tra marzo e aprile. La concentrazione e la mobilità dei nutrienti sono probabilmente derivate da più fattori, che hanno pesato in modo differente nelle varie zone del Calich.

Punto di prelievo (Aprile)	Descrizione	N-NH ₄ ⁺ µg/l	N-NO ₃ ⁻ µg/l	N-NO ₂ ⁻ µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO ₄ ³⁻ µg/l
057	superficie	16	200	<LR	216	470	245	163
	fondo	<LR	33	<LR	33	130	113	81
089	superficie	31	376	<LR	407	410	245	244
	fondo	<LR	33	<LR	33	126	90	59
065	superficie	<LR	14	<LR	14	178	197	164
	fondo	<LR	14	<LR	14	139	181	161
007	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	404	264	160
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	160	203	174

In particolare, nella parte nord dello stagno, la stratificazione dovuta all’ingresso dell’acqua di mare potrebbe aver determinato un accumulo di nutrienti in superficie, mentre il rimescolamento di colonna rilevato attraverso lo studio del profilo termico nelle stazioni 065 e 007, si è manifestato anche nell’omogeneità delle concentrazioni di nitrati, nitriti, ammoniaca e orto fosfati.

3.5 Maggio



A partire dal mese di maggio, e fino al mese di luglio, sono state eseguite le attività previste dal Piano di Gestione del depuratore comunale di Alghero – San Marco. Le stazioni di prelievo indagate sono rimaste invariate rispetto agli



anni precedenti e si sono andate a sovrapporre a quelle già interessate dai rilievi già eseguiti (vedi a lato).

Oltre alle indagini effettuate nei mesi precedenti sul fondo e sulla superficie di ciascun punto, sono state eseguite, analisi batteriologiche e determinazioni delle

principali sostanze appartenenti e non appartenenti all'elenco di priorità, nella matrice acqua, con riferimento esclusivo alla porzione superficiale dello stagno. Questi ultimi analiti sono stati previsti anche per la matrice sedimento.

Gli eventi meteorici precedenti sia il prelievo dei sedimenti, sia quello dell'acqua sono stati di entità trascurabile.

Considerata la crisi anossica che ha investito lo stagno in questo periodo, alcuni giorni dopo il prelievo delle acque è stato effettuato un sopralluogo conoscitivo presso lo stagno e nei tre affluenti che in esso recapitano.

3.5.1 Sedimenti

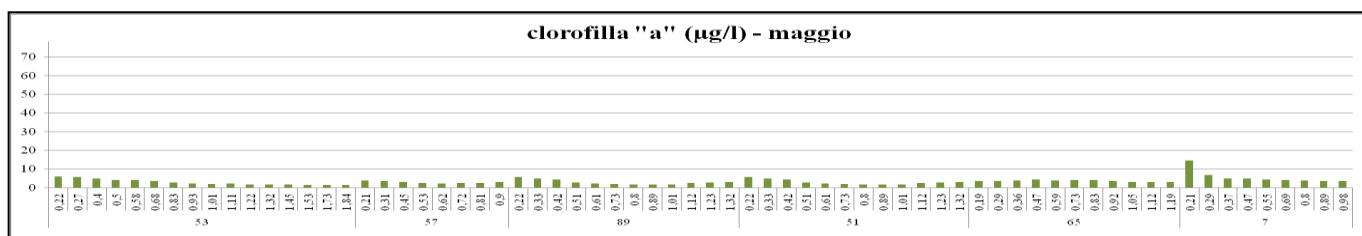
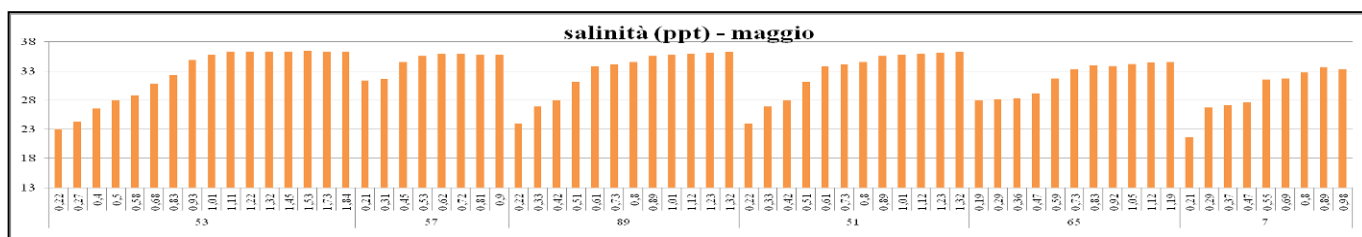
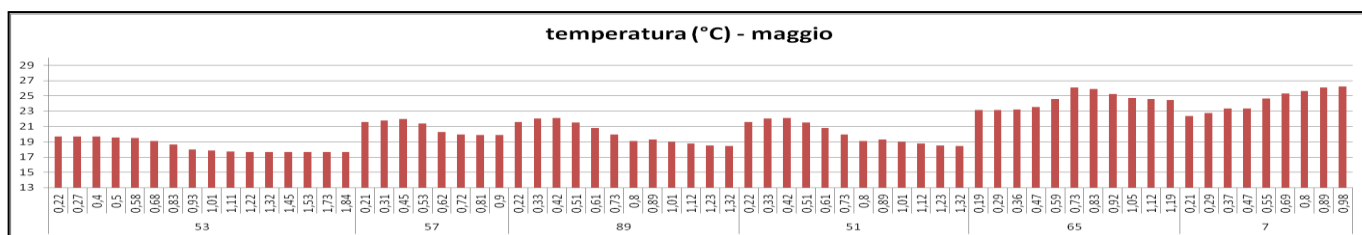
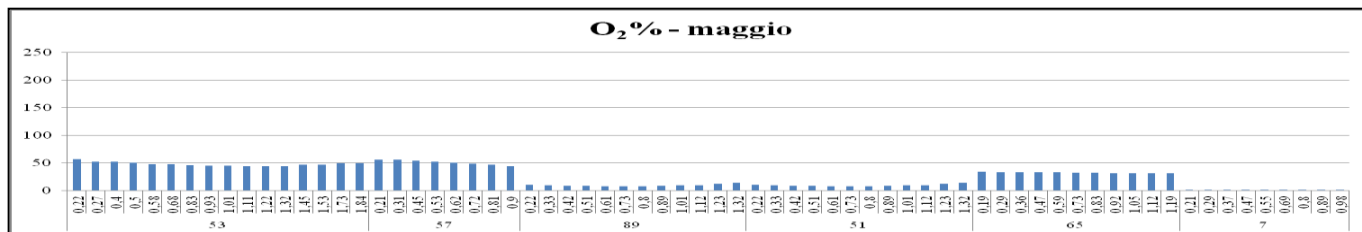
Tra gli analiti indagati:

- Non sono stati rilevati IPA in concentrazioni significative.
- I pesticidi ricercati, appartenenti all'elenco delle sostanze di cui alla *Tab. 2/A - Standard di qualità ambientale nei sedimenti nei corpi idrici marino-costieri e di transizione*, sono risultati tutti al di sotto del limite di rilevabilità del metodo (0,5 µg/Kg s.s.), tuttavia, essendo questo superiore allo SQA di ciascun analita, non si è in grado di dire se essi siano presenti in concentrazioni superiori allo standard di qualità previsto.
- Non è stata rilevata la presenza di Idrocarburi totali.
- Si segnala la presenza, in concentrazioni superiori ai rispettivi SQA-CMA, dei metalli piombo e cadmio. Il dettaglio dei risultati è illustrato in tabella:

stazione	Mercurio (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Piombo (mg/kg)
	SQA-CMA 0,3 mg/kg	SQA-CMA 0,3 mg/kg	SQA-CMA 30 mg/kg
0190-AT50390-0053	0,091	0,196	34,75
0190-AT50390-0057	0,085	0,123	39,96
0190-AT50390-0089	0,079	0,144	22
0190-AT50390-0051	0,033	0,073	11,3
0190-AT50390-0065	0,040	0,068	17,6
0190-AT50390-0007	0,037	0,471	87,9

3.5.2 Acqua

L'evento maggiormente significativo del rilievo eseguito a maggio, è stato senza dubbio il fenomeno distrofico che ha interessato lo stagno a partire da un paio di giorni prima del prelievo e che ha determinato un'estesa moria di pesci. Il dettaglio dei profili di colonna, riportato nei grafici a seguire, ben spiega le condizioni dello stagno in questo frangente.



I dati acquisiti mostrano in generale un basso tenore di ossigeno disciolto con valori minimi nei punti 089, 051 e, soprattutto, 007 nei quali è evidente una condizione di ipossia/anossia.

Un discorso a parte va fatto per la temperatura che nei punti 065, e 007 sia risultata più alta sul fondo rispetto alla superficie sebbene in modo meno marcato rispetto ai sopralluoghi di marzo e del 7 aprile. Sul fondo appare significativa l'influenza delle acque in arrivo dal mare nei punti più prossimi alla foce, nei quali la temperatura risulta più simile a quella del mare in questo periodo dell'anno.

Si segnalano marcate variazioni di salinità lungo il profilo verticale di tutte le stazioni. Per quanto riguarda il parametro clorofilla "a" si registrano valori in linea o addirittura più bassi rispetto a quanto registrato negli anni precedenti nello stesso periodo.

Il valore degli inorganici dell'azoto, così come l'Ntot, sono risultati i più bassi dall'inizio dell'anno. Probabilmente tale condizione è scaturita dal concorso di vari meccanismi, tra cui l'utilizzo dei nutrienti da parte delle macroalghe.

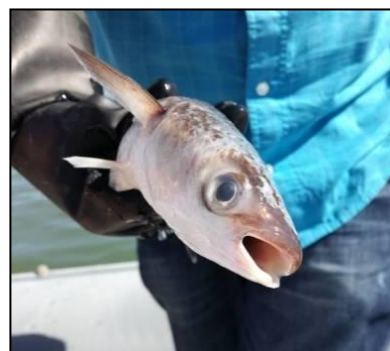


Punto di prelievo (Maggio)	Descrizione	N-NH ₄ ⁺ µg/l	N-NO ₃ ⁻ µg/l	N-NO ₂ ⁻ µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO ₄ ³⁻ µg/l
053	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	24	236	107
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	69	25
057	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	33	123	49
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	67	31
089	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	234	143
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	82	31
051	superficie	<LR	13	<LR	13	<LR	229	137
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	6	128	87
065	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	234	107
	fondo	46	<LR	<LR	46	50	120	82
007	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	<LR	230	115
	fondo	40	<LR	<LR	40	50	231	118

Relativamente ai contaminanti ricercati nella matrice acqua, non si segnala la presenza di alcun analita con concentrazioni superiori al rispettivo LQ. Le indagini eseguite non hanno inoltre mostrato contaminazione di tipo batteriologico.

Come anticipato in premessa, nel corso degli spostamenti da un punto all'altro sono stati rinvenuti alcuni esemplari morti di orate e muggini per i quali, stante ai rilievi dei parametri fisico chimici da campo, potrebbe essere stata letale la carenza di ossigeno evidenziata in precedenza.

Si segnala infine la presenza di numerosi individui del mollusco anaspideo *Aplysia depilans*, probabilmente attratti all'interno dello stagno dall'abnorme proliferare della macroalga *Ulva* della quale si nutrono.



3.5.3 Affluenti

Tali indagini sono state condotte con la finalità di valutare eventuali pressioni esercitate sullo stagno da ciascuno dei tre corsi d'acqua:

- Canale Urune (Codice identificativo RAS: 0190-CF000100)
- Rio Barca (Codice identificativo RAS: 0191-CF000100)
- Rio Calvia (Codice identificativo RAS: 0192-CF000100)

in relazione alla moria di pesci descritta in precedenza.

Nello specifico i sopralluoghi sono stati eseguiti nella parte terminale dei corpi idrici, in prossimità delle loro foci sullo stagno. Sono stati effettuati prelievi di acqua per la determinazione dei nutrienti e della componente batteriologica.



I prelievi sono stati accompagnati da misurazioni in campo di Temperatura, pH, Salinità e Ossigeno disciolto, come esplicitato di seguito:

Stazione	T (°C)	pH	Cond (µS/cm)	OD (mg/l)	OD (%)	E. coli (ufc/100ml)	N-NH4 (µg/l)	N-NO3 (µg/l)	N-NO2 (µg/l)	Ntot (µg/l)	Ptot (µg/l)	P-PO4 (µg/l)	Si (µg/l)
Canale Urune Foce	22,8	7,67	49980	4,16	59.5	53	< 13	< 5	< 9	11	311	63	2895
Rio Barca Foce	24,8	8,01	38000	7,00	87.9	31	< 13	< 5	< 9	9	298	184	4811
Rio Calvia Foce	21,6	7,59	21030	8,28	111.0	101	< 13	< 5	< 9	< 5	81	24	8430

I dati rilevati risultano in linea con tratti finali di corsi d'acqua che subiscono la risalita del cuneo salino; per quanto riguarda il parametro ossigeno disciolto, non si rileva alcuna criticità se non nella stazione Canale Urune foce in cui si sono registrate condizioni di iposaturazione non definibili però anossiche.

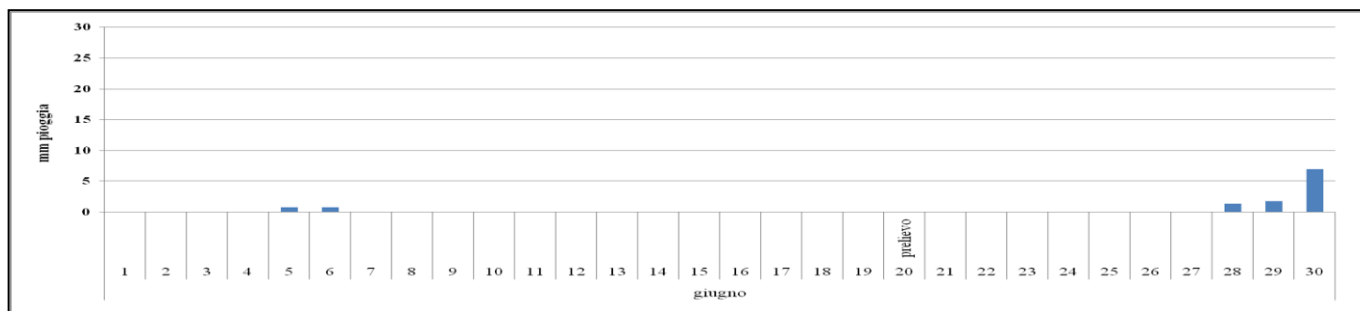
Dal punto di vista visivo/olfattivo non è stata rilevata alcuna caratteristica degna di nota.

Successivamente, il sopralluogo ha interessato anche una porzione più a monte di Canale Urune, in particolare è stato ispezionato il punto di immissione dello scarico del depuratore di Santa Maria la Palma. Nel corso del rilievo è stato osservato come l'alveo del corpo idrico fosse asciutto a monte del recapito del refluo. Tale situazione è stata rilevata anche durante alcuni dei precedenti sopralluoghi.

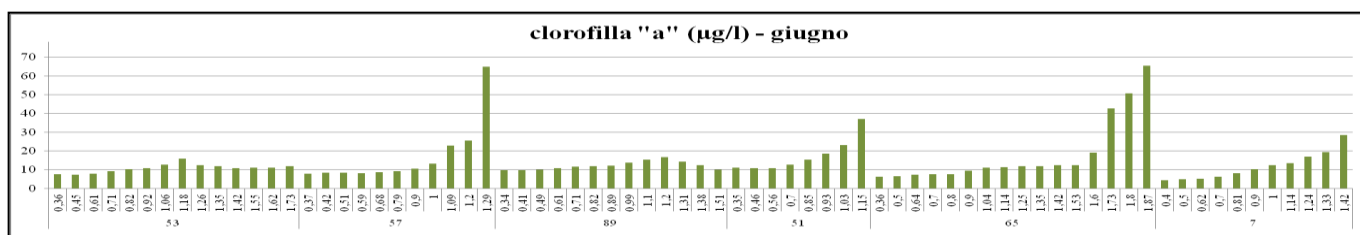
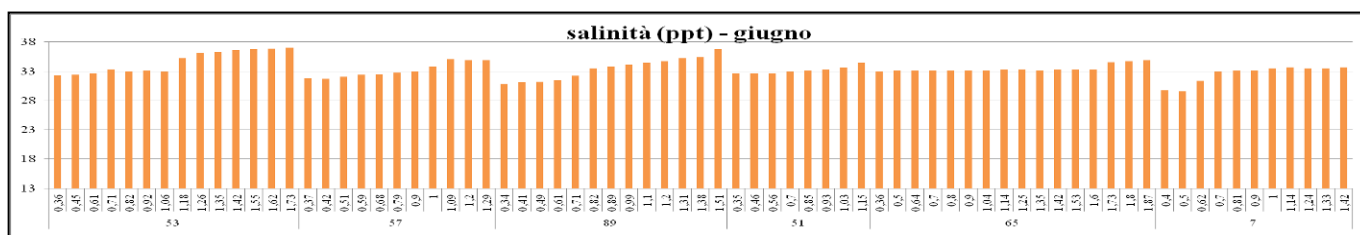
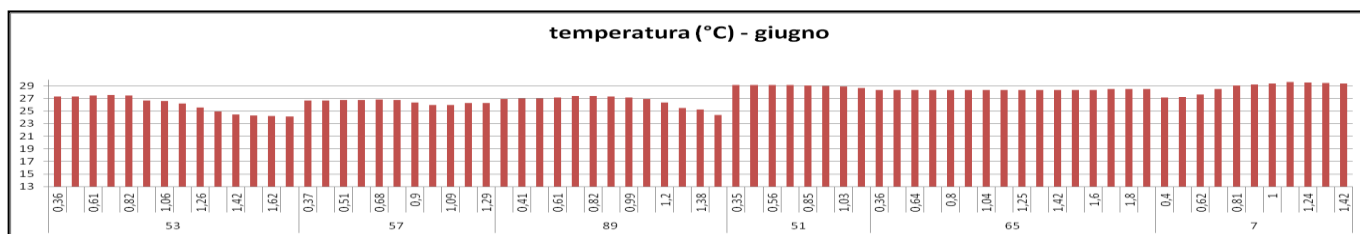
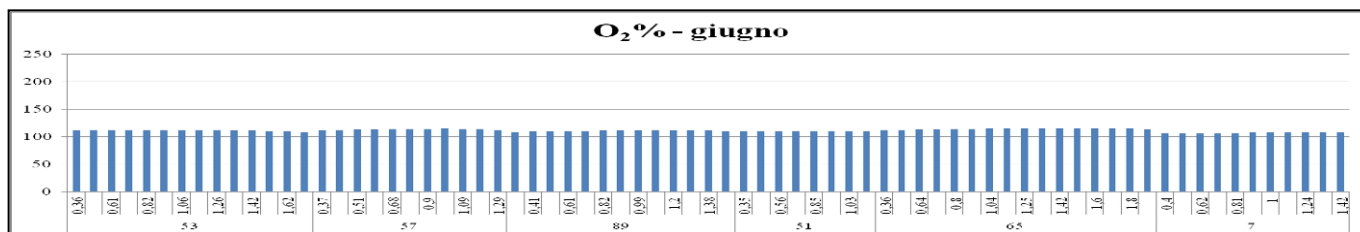
3.6 Giugno

I prelievi previsti dal PdG del depuratore San Marco di Alghero, sono proseguiti a giugno nelle sei stazioni ordinarie e per la sola matrice acqua.





Il periodo precedente il prelievo non è stato interessato da fenomeni piovosi significativi, mentre qualche evento meteorico di lieve entità si è verificato alla fine del mese.



Rispetto al prelievo del mese precedente, durante il quale la crisi distrofico/anossica che aveva interessato lo stagno era stata la causa più probabile della moria di pesci rilevata, il sopralluogo eseguito a giugno ha fatto registrare il ritorno alla normalità delle condizioni di ossigenazione dello stagno.

I rilievi dei profili termici hanno fatto osservare un generale incremento della temperatura. La variazione rispetto al mese precedente è risultata maggiormente evidente nelle stazioni più prossime alla foce a mare che, come sempre, sono state fortemente influenzate dalle caratteristiche fisico-chimiche delle acque marine –costiere in ingresso, man mano più calde avvicinandoci alla stagione estiva.

In merito alla salinità, il protrarsi del periodo siccitoso ha determinato un consistente aumento delle concentrazioni di



tale parametro nella porzione superficiale dello stagno, alla quale è venuto a mancare l'apporto d'acqua dolce dal bacino imbrifero attraverso le piogge.

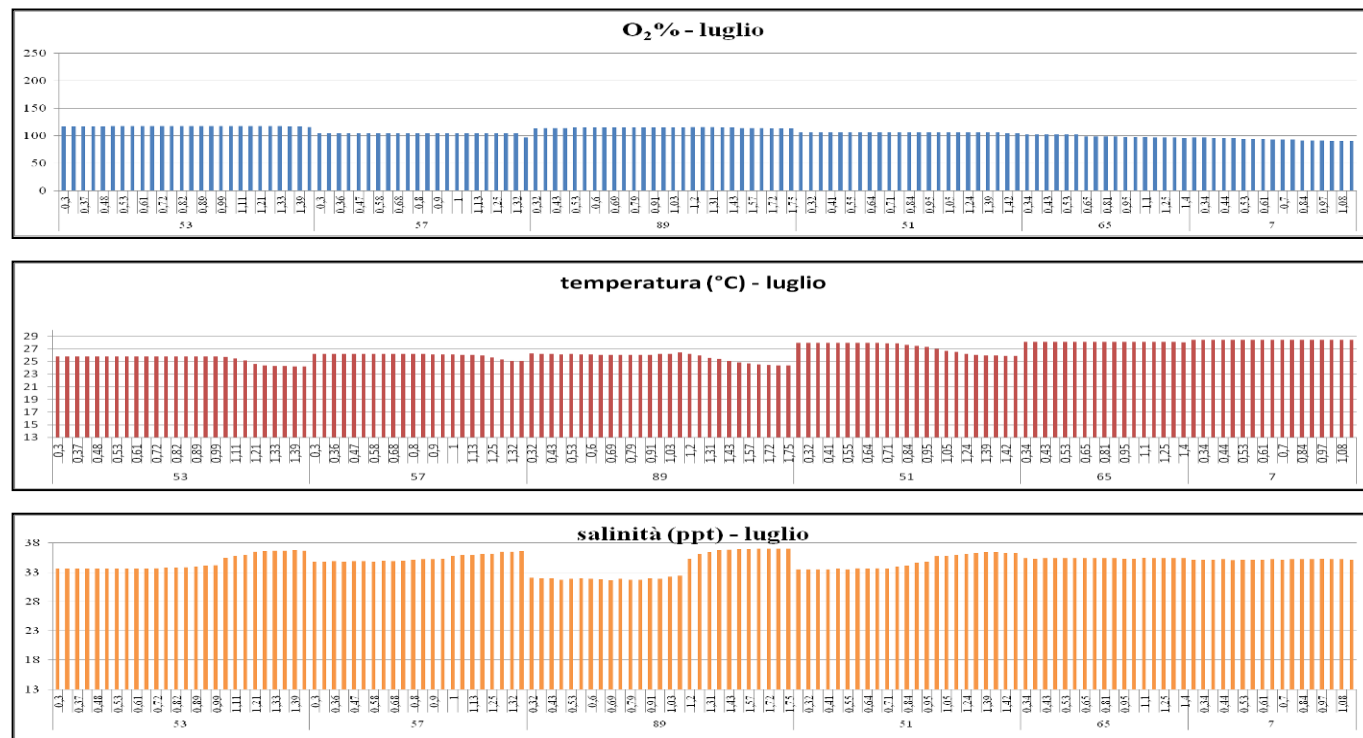
L'aumento della temperatura ha inoltre determinato l'instaurarsi di condizioni ottimali per l'utilizzo da parte della componente fitoplanctonica dei nutrienti rimasti, con un conseguente incremento delle concentrazioni di chl "a".

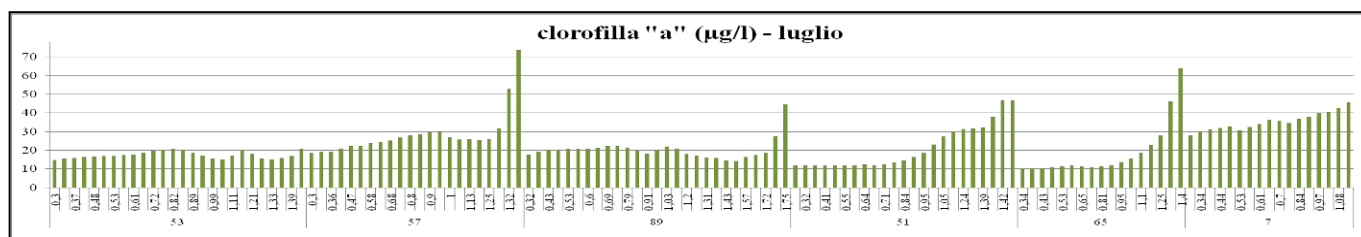
Punto di prelievo (Giugno)	Descrizione	N-NH4+ µg/l	N-NO3 µg/l	N-NO2 µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO4 ³⁻ µg/l
053	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	60	161	73
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	61	93	30
057	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	44	149	102
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	47	112	54
089	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	32	80	30
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	34	243	102
051	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	65	149	64
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	65	137	45
065	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	59	127	33
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	36	111	42
007	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	46	98	34
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	47	123	31

L'aumento della biomassa fitoplanctonica ha però avuto solo in parte riscontro nell'incremento della concentrazione di Ntot, risultato solo lieve ma comunque totalmente attribuibile a componente organica (DIN <LR in tutte le stazioni sia in superficie sia sul fondo). Le indagini eseguite non hanno inoltre mostrato contaminazione di tipo batteriologico.

3.7 Luglio

Con il prelievo descritto di seguito si è conclusa la campagna trimestrale dedicata al PdG del depuratore comunale San Marco di Alghero. Tipologia di campionamento e stazioni sono rimaste invariate rispetto al mese precedente. Gli unici eventi meteorici verificatisi nel periodo precedente il prelievo sono stati quelli avvenuti alla fine di giugno, per un totale di circa 10 mm di pioggia.





I profili di colonna hanno fatto rilevare condizioni pressoché stabili, fatta eccezione per un ulteriore aumento delle concentrazioni di clorofilla “a” da considerarsi significativi, sebbene inferiori a quelli tipici di questo periodo per lo stagno del Calich.

Punto di prelievo (Luglio)	Descrizione	N-NH ₄ ⁺ µg/l	N-NO ₃ ⁻ µg/l	N-NO ₂ ⁻ µg/l	DIN µg/l	Ntot µg/l	Ptot µg/l	PO ₄ ³⁻ µg/l
053	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	257	152	81
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	154	110	29
057	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	242	120	45
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	252	125	41
089	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	288	186	106
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	230	114	42
051	superficie	<LR	46	<LR	46	282	172	102
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	265	119	49
065	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	274	146	78
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	338	158	73
007	superficie	<LR	<LR	<LR	<LR	350	193	92
	fondo	<LR	<LR	<LR	<LR	355	227	93

A conferma del significativo aumento delle concentrazioni di clorofilla “a”, sono stati rilevati valori di azoto totale (anche in questo caso attribuibili quasi esclusivamente alla componente organica) in netto aumento. In parallelo, l’assenza di nutrienti risulta in apparente contraddizione con il dato dell’Ntot ma trova probabile spiegazione nelle piogge di fine giugno che potrebbero aver fornito i nitrati necessari al sistema per produrre la biomassa rilevata. Le indagini eseguite non hanno inoltre mostrato contaminazione di tipo batteriologico.

4. Carichi incidenti da impianti di depurazione

Il Dipartimento di Sassari e Gallura svolge attività istituzionali di controllo sugli impianti di depurazione delle Province di Sassari e Olbia-Tempio. Le tabelle di seguito illustrano gli esiti dei controlli eseguiti da ARPAS, da gennaio ad ottobre, in tutti gli impianti aventi come recapito finale il Calich.

Tabella 3 : controlli ARPAS – Impianto San Marco

Impianto	AE	Data Prelievo	Conformità/non conformità	Parametri non conformi	Valore	Limiti D.lgs 152/06 All.5 Parte III
San Marco Alghero (Rio Filiberto)	77.500	16-17/01/2017	Conforme	/	/	/
		21-22/02/2017	Conforme	/	/	/
		20-21/03/2017	Conforme	/	/	/
		10-11/04/2017	Conforme	/	/	/
		15-16/05/2017	Conforme	/	/	/
		12-13/06/2017	Conforme	/	/	/
		03-4/07/2017	Conforme	/	/	/
		07-09/08/2017	Non conforme	E. coli	25000 ufc/100 ml	5000 ufc/100 ml
		04-05/09/2017	Non Conforme	Ptot ³	3,8 mg/L	2 mg/L
		16-17/10/2017	Conforme	/	/	/
San Marco Alghero (Riutilizzo)	77.500	13-14/11/2017	Conforme	/	/	/
		13-14/03/2017	Conforme	/	/	/
		14-15/03/2017	Conforme	/	/	/
		20-21/03/2017	Conforme	/	/	/
		10-11/04/2017	Conforme	/	/	/
		15-16/05/2017	Conforme	NH4 ⁺ ^b	2,2 mg/l	2 mg/L
		12-13/06/2017	Conforme	Tensioattivi Totali ^b	0,7 mg/L	0,5 mg/L
		03-04/07/2017	Conforme	/	/	/
		07-08/08/2017	Conforme	Ptot ⁴	2,2 mg/L	2 mg/L
		04-05/09/2017	Non conforme	Ptot ³ Ntot ⁵	3,6 mg/l 10,5 mg/l	2 mg/L 10 mg/l

Nel corso del periodo indicato, ARPAS ha eseguito presso l'impianto di Alghero San Marco undici controlli nel punto di scarico rio Filiberto e nove in quello definito "riutilizzo". Dalle analisi effettuate il numero di campionamenti in cui sono stati rilevati superamenti dei limiti tabellari sono risultati: due per il refluo destinato al recapito su corso d'acqua e uno per la porzione di scarico destinata al riutilizzo.

La tabella seguente mostra come, negli anni, le prestazioni dell'impianto siano migliorate in termini di efficienza del sistema terziario, per cui a partire dal 2014, la percentuale di campioni non conformi è passata dal 75% all'11%.

Depuratore San Marco	2017		2016		2015		2014	
	Rio Filiberto	Riutilizzo	Rio Filiberto	Riutilizzo	Rio Filiberto	Riutilizzo	Rio Filiberto	Riutilizzo
Controlli eseguiti	11	9	12	6	10	8	8	4
Controlli non conformi	2	1	2	2	3	5	2	3
% controlli non conformi	18%	11%	17%	33%	30%	63%	25%	75%

Si sottolinea che nel corso della stagione irrigua 2017, parte del refluo destinato al riutilizzo è stato conferito al consorzio di bonifica della Nurra. Non sono invece pervenuti a questo Dipartimento gli esiti degli autocontrolli effettuati da ABBANOVA.

I rimanenti impianti urbani, più AGRIS, sono stati soggetti a controllo da parte di ARPAS nel periodo tra giugno e agosto, una volta ciascuno. Gli esiti sono apparsi particolarmente preoccupanti per ciò che riguarda Olmedo, impianto che negli anni ha sempre mostrato significative difficoltà nel garantire una corretta depurazione.

³ Il limite di emissione indicato si riferisce alla media annua dei rilievi eseguiti.

⁴ Il parametro non è da considerarsi non conforme in quanto il valore, sottratto dell'incertezza misura del metodo, rientra nei limiti tabellari.



Tabella 4: Controlli ARPAS: S. Maria La Palma, Olmedo e AGRIS

Impianto	AE	Data Prelievo	Conformità/non conformità	Parametri non conformi	Valore	Limiti D.lgs 152/06 All.5 Parte III
Santa Maria la Palma (Canale Urune)	12.900	13-14/06/2017	Non conforme	Ptot ³	6,2 mg/L	2 mg/L
Olmedo (Rio Su Mattone)	3.200	04-05/07/2017	Non conforme	Cl ₂ BOD SST NH ₄ ⁺ Ntot Ptot ³ Tensioattivi Totali Daphnia	0,65 mg/L 44,5 mg/L 46,0 mg/L 45,0 mg/L 37,2 mg/L 4,4 mg/L 5,0 mg/L 100% immobilità	0,2 mg/L 40 mg/L 35 mg/L 15 mg/L 20 mg/L 2 mg/L 2 mg/L 50% immobilità
AGRIS (Rio Su Mattone)	1.550	08-09/08/2017	Non conforme	Ptot ³	1,4 mg/L	1 mg/L

Si confermano altresì i problemi del depuratore di Santa Maria La Palma nel gestire i carichi di fosforo, difficoltà confermate anche dagli autocontrolli del gestore che hanno inoltre messo in evidenza fuori norma relativi ad azoto totale, SST ed *E.coli*.

Tabella 5 – Autocontrolli ABBANOIA: S. Maria La Palma e Olmedo

Impianto	AE	Data Prelievo	Conformità/non conformità	Parametri non conformi	Valore	Limiti D.lgs 152/06 All.5 Parte III
Santa Maria la Palma (Canale Urune)	12.900	07/06/2017	Non conforme	SST Ptot	36 mg/L 3,56 mg/L	35 mg/L 2 mg/L
		05/07/2017	Non conforme	Ntot E.coli	16,8 mg/L 72700 ufc/100 ml	20 mg/L 5000 ufc/100 ml
		28/08/2017	Non conforme	Ptot Ntot	2,39 mg/L 23,39 mg/L	2 mg/L 20 mg/L

Gli impianti industriali (CIP e SOGEAAL) non sono stati monitorati da ARPAS nel corso del 2017 ma dai loro autocontrolli non emerge alcuna criticità.

Tabella 6 - Autocontrolli CIP – Sassari e SOGEAAL - Aeroporto

Impianto	Data Prelievo	Conformità/non conformità	Parametri non conformi	Valore	Limiti D.lgs 152/06 All.5 Parte III
CIP-San Marco	24/01/2017	Conforme	/	/	/
	20/04/2017	Conforme	/	/	/
	24/05/2017	Conforme	/	/	/
	28/06/2017	Conforme	/	/	/
	26/07/2017	Conforme	/	/	/
	30/08/2017	Conforme	/	/	/
	27/09/2017	Conforme	/	/	/
	25/10/2017	Conforme	/	/	/
	SOGEAAL	12/01/2017	Conforme	/	/
	16/02/2017	Conforme	/	/	/
	23/03/2017	Conforme	/	/	/
	13/04/2017	Conforme	/	/	/
	18/05/2017	Conforme	/	/	/
	15/06/2017	Conforme	/	/	/
	04/08/2017	Conforme	/	/	/
	14/09/2017	Conforme	/	/	/
	26/10/2017	Conforme	/	/	/

5. Conclusioni

Gli eventi che si sono succeduti all'interno dello stagno del Calich nel corso dei primi sette mesi del 2017 hanno mostrato l'estrema variabilità delle condizioni rilevabili in un ecosistema di questo tipo.

I differenti fattori dai quali dipende lo stato di "salute" dello stagno, si sono via via combinati nel tempo mostrando come un sistema risponde alle sollecitazioni dell'ambiente circostante a seconda degli input che da esso riceve.



Gli elementi che maggiormente hanno dato luogo all'instaurarsi di eventi a catena, sono stati senza dubbio le piogge e la temperatura. Le piogge sono risultate fondamentali per l'apporto dei nutrienti, e le temperature per l'efficiente utilizzo degli stessi.

Rispetto agli anni passati, nel 2017 abbiamo avuto sia temperature più alte, sia periodi siccitosi più prolungati.

Le temperature invernali particolarmente miti, soprattutto nel mese di febbraio, hanno permesso alle macroalghe di utilizzare i nutrienti presenti nel sistema in modo molto efficiente con una conseguente proliferazione abnorme di alcune specie particolarmente opportuniste (vedi *Ulva sp.*).

Successivamente, il continuo utilizzo dei nutrienti in arrivo allo stagno da parte delle macrofite ha determinato la sottrazione degli stessi dal sistema in modo continuativo sino al mese di maggio.

Tale meccanismo trova riscontro nei bassi valori di clorofilla "a" registrati in questi mesi e nell'elevata trasparenza delle acque, sempre coincidente con il fondo, prelievo di aprile compreso.

Come si è detto, a maggio il sistema è entrato in crisi e l'imponente biomassa rappresentata dalle macroalghe è andata incontro a processi degradativi che hanno necessariamente sottratto ossigeno. L'evento distrofico ha quindi causato una significativa moria di pesci.

Già a partire dal mese successivo, lo stagno ha mostrato notevoli segni di ripresa con il ripristino delle condizioni ottimali del tenore di ossigeno lungo l'intera colonna.

Il significativo aumento della temperatura ha poi determinato l'aumento delle concentrazioni di clorofilla "a", derivato dell'incremento della biomassa fitoplanctonica subentrata alle macroalghe nell'utilizzo dei nutrienti.

Tale tendenza è proseguita anche a luglio, agevolata dall'input di nutrienti derivato dalle piogge di fine giugno e dall'ulteriore aumento della temperatura. Nel susseguirsi degli eventi citati, si è inserito anche l'instaurarsi del fenomeno dello stagno solare, già ampiamente trattato nel paragrafo a lui dedicato.

Le indagini condotte sui sedimenti hanno mostrato come uniche criticità la presenza in concentrazioni superiori ai rispettivi SQA-CMA, di piombo e cadmio, mentre relativamente ai contaminanti ricercati nella matrice acqua, non si segnala la presenza di alcun analita con concentrazioni superiori al rispettivo LQ. Le indagini eseguite non hanno inoltre mostrato contaminazione di tipo batteriologico.

F.to Valeria Manca

DIPARTIMENTO DI SASSARI E GALLURA

Direttore

Antonio Furesi

tel. 079 2835384; e-mail: afuresi@arpa.sardegna.it

RETE LABORATORI E MISURE IN CAMPO

Servizio Laboratorio Sassari

Direttore

Maria Grazia Pintus

tel. 079 2835383; e-mail: mgpintus@arpa.sardegna.it

