

MONITORAGGIO IDROBIOLOGICO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



NATIONAL
BIODIVERSITY
FUTURE CENTER



RISERVA
NATURALE
TORBIERA
DEL SEBINO



MONITORAGGIO IDROBIOLOGICO

Autori

Dott.ssa Silvia Montonati

Dott. Gaetano Gentili

Dott.ssa Alessandra Ballerio



Sommario

1	<i>PREMESSA</i>	5
2	<i>CARATTERISTICHE MORFOBATIMETRICHE</i>	6
2.1	<i>Area di rilievo</i>	6
2.2	<i>Esiti del rilievo</i>	7
2.3	<i>Elaborazione dei dati</i>	9
2.4	<i>Risultati</i>	12
3	<i>ANDAMENTO DEL LIVELLO IDRICO E DELLA TEMPERATURA</i>	15
4	<i>AREE DI INDAGINE E PARAMETRI DI MONITORAGGIO</i>	19
4.1	<i>Punti di monitoraggio</i>	19
4.2	<i>Parametri del monitoraggio</i>	19
5	<i>INDAGINI CHIMICO-FISICHE</i>	20
5.1	<i>Misura dei parametri chimico-fisici</i>	21
5.1	<i>Analisi chimiche</i>	24
5.1.1	<i>Azoto ammoniacale</i>	26
5.1.2	<i>Azoto totale</i>	27
5.1.3	<i>Fosforo totale</i>	28
5.1.4	<i>BOD₅</i>	29
5.1.5	<i>COD</i>	30
6	<i>INDAGINI BIOLOGICHE</i>	31
6.1	<i>Campionamento fitoplancton</i>	31
6.2	<i>Risultati Fitoplancton</i>	32
6.3	<i>Campionamento zooplancton</i>	36
6.4	<i>Risultati Zooplancton</i>	37
7	<i>FAUNA ITTICA</i>	40
8	<i>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</i>	41

Elenco Figure

Figura 1- Planimetria di inquadramento	6
Figura 2- navigazione lungo le sponde	7
Figura 3- Rappresentazione grafica delle rotte seguite durante il rilievo batimetrico	8
Figura 4- Rilievo batimetrico rappresentato in falsi colori.....	10
Figura 5- Estratto della carta batimetrica, elaborata con isobate a equidistanza 20cm	11
Figura 6- Andamento del volume idrico in funzione della quota	13
Figura 7- Andamento della superficie dello specchio idrico in funzione della quota	14
Figura 8-stazione di rilevamento dati.....	15
Figura 9 – Andamento dei valori di temperatura (aria e acqua superficiale) nel periodo 2022-2025.....	16
Figura 11 –Andamento temperatura durante una giornata tipo nelle varie stagioni	17
Figura 12 –Andamento livello nel periodo 2022-2025	17
Figura 11 –Andamento del livello idrico nel periodo 2022-2025 comparato con la pioggia mensile	18
Figura 13 - Punti di campionamento biologico e chimico-fisico	19
Figura 14 - Prelievo del campione d'acqua con bottiglia Van Dorn e misurazione dei parametri chimico-fisici	20
Figura 15 - Confronto dei risultati per il parametro $\text{NH}_4^+ \text{-N}$	26
Figura 16. Confronto dei risultati per il parametro N tot	27
Figura 17. Confronto dei risultati per il parametro P totale	28
Figura 18. Confronto dei risultati per il parametro BOD	29
Figura 19. Confronto dei risultati per il parametro COD	30
Figura 20 - misura della trasparenza con disco di Secchi e campionamento di fitoplancton	32
Figura 21 - Esempi di alcune specie fitoplanctoniche rinvenute	35
Figura 22 - Campionamento di zooplancton.....	36
Figura 23. Esempi di alcune specie zooplanktoniche rinvenute	38
Figura 24. Esempi di alcune specie zooplanktoniche rinvenute	39

Elenco Tabelle

Tabella 1: superfici per classi di profondità.....	12
Tabella 2 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto A	21
Tabella 3 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto B	22
Tabella 4 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto C	22
Tabella 5: valori di trasparenza (disco di Secchi)	23
Tabella 6 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto A	24
Tabella 7 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto B	25
Tabella 8 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto C	25
Tabella 9. Elenco specie rinvenute nel periodo di monitoraggio	33
Tabella 10. Elenco specie rinvenute nella stagione primaverile e in quella estiva.....	37
Tabella 11: Comunità ittica	40

1 PREMESSA

Il progetto BioHub Torbiere nasce dal bisogno e dalla volontà della Riserva Naturale Torbiere del Sebino di ampliare ed integrare le ricerche scientifiche che l'Ente porta avanti dalla sua istituzione come presupposto indispensabile alla corretta gestione della Riserva stessa.

Il progetto si articola in tre Work Package:

- 1: monitoraggi e ricerche
- 2: ripristino ambientale
- 3: coinvolgimento e capacity building

Le attività descritte nel presente rapporto si collocano nel primo WP e riguardano tematiche connesse alle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque nonché ad alcune biocenosi strettamente connesse alla qualità delle acque stesse.

In particolare sono stati raccolti ed elaborati dati relativi a:

- Caratteristiche morfometriche delle Lame;
- Livelli idrici e condizioni meteo-climatiche;
- Caratteristiche chimico-fisiche delle acque;
- Composizione del popolamento planctonico animale e vegetale
- Fauna ittica.

Nei capitoli a seguire tali tematiche sono presentate prima come modalità di indagine poi come risultati conseguiti.

2 CARATTERISTICHE MORFOBATIMETRICHE

In questo capitolo sono descritte le condizioni esecutive del rilievo batimetrico e sono presentati i risultati ottenuti.

2.1 Area di rilievo

Il rilievo batimetrico ha riguardato tutta l'area principale navigabile all'interno della Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino (Lame), con la sola esclusione dei bacini minori laterali isolati. Nell'immagine seguente sono rappresentati il perimetro della riserva e l'area indagata.

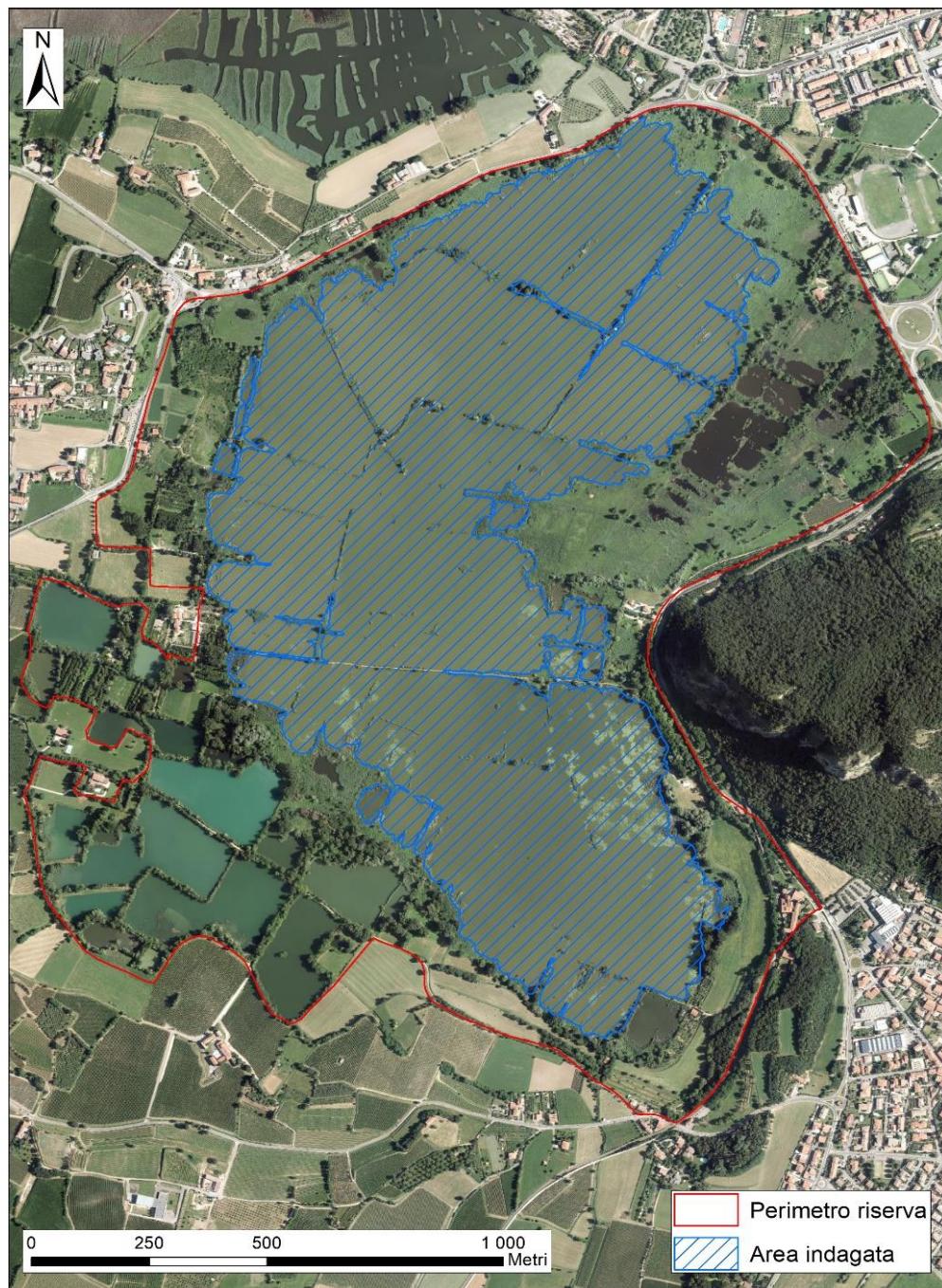


Figura 1- Planimetria di inquadramento

2.2 Esiti del rilievo

Il rilievo morfobatimetrico è stato eseguito scandagliando l'intera superficie navigabile del bacino, effettuando la navigazione lungo le sponde e seguendo rotte lungo una maglia quadrata per rilevare in modo uniforme l'intera superficie bagnata.



Figura 2- navigazione lungo le sponde

Seguendo questa metodologia il rilievo batimetrico eseguito ha portato a registrare 23065 punti; nella figura seguente viene mostrata una planimetria con le rotte di navigazione ed i punti registrati durante il rilievo.

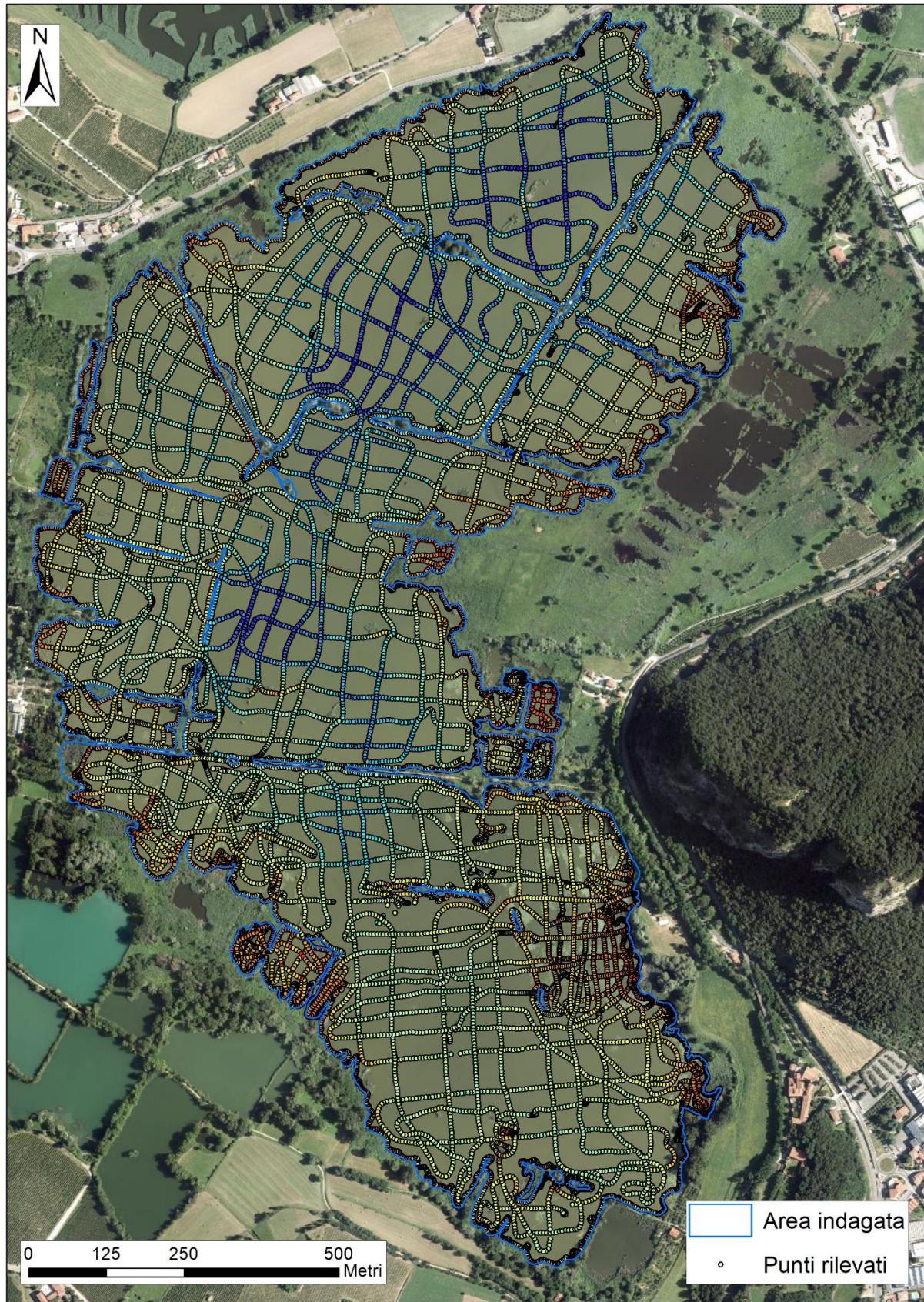


Figura 3- Rappresentazione grafica delle rotte seguite durante il rilievo batimetrico

2.3 Elaborazione dei dati

I dati raccolti e memorizzati all'interno del PC sono stati esportati per poi essere elaborati e corretti attraverso l'utilizzo di altri software.

La prima fase dell'elaborazione ha riguardato il sistema di proiezione; i dati registrati sono stati elaborati utilizzando il software “Meridiana” (GeoTop), effettuando la conversione delle coordinate e la loro proiezione in coordinate planari WGS1984 - UTM Fuso 32N, e in quote geodetiche riferita al geoide ITALGEO2005.

Successivamente è stato necessario un controllo dei dati per la verifica della loro correttezza e l'eliminazione di eventuali anomalie.

Attraverso l'utilizzo dei software Microsoft Excel, ArcGIS (ESRI), Surfer (Golden Software) e Autocad (Autodesk) si è risaliti ai valori di quota del fondo per ogni punto (espressi in m s.l.m.) ed è stata effettuata l'elaborazione che ha portato alla realizzazione di un modello digitale del bacino, e delle isobate riportate nella carta batimetrica.

A seguire si riporta la rappresentazione batimetrica in falsi colori dell'intera area rilevata risultante dall'elaborazione e l'estratto della tavola in scala 1:2000 in cui sono rappresentate le isobate ogni 0,20 m.

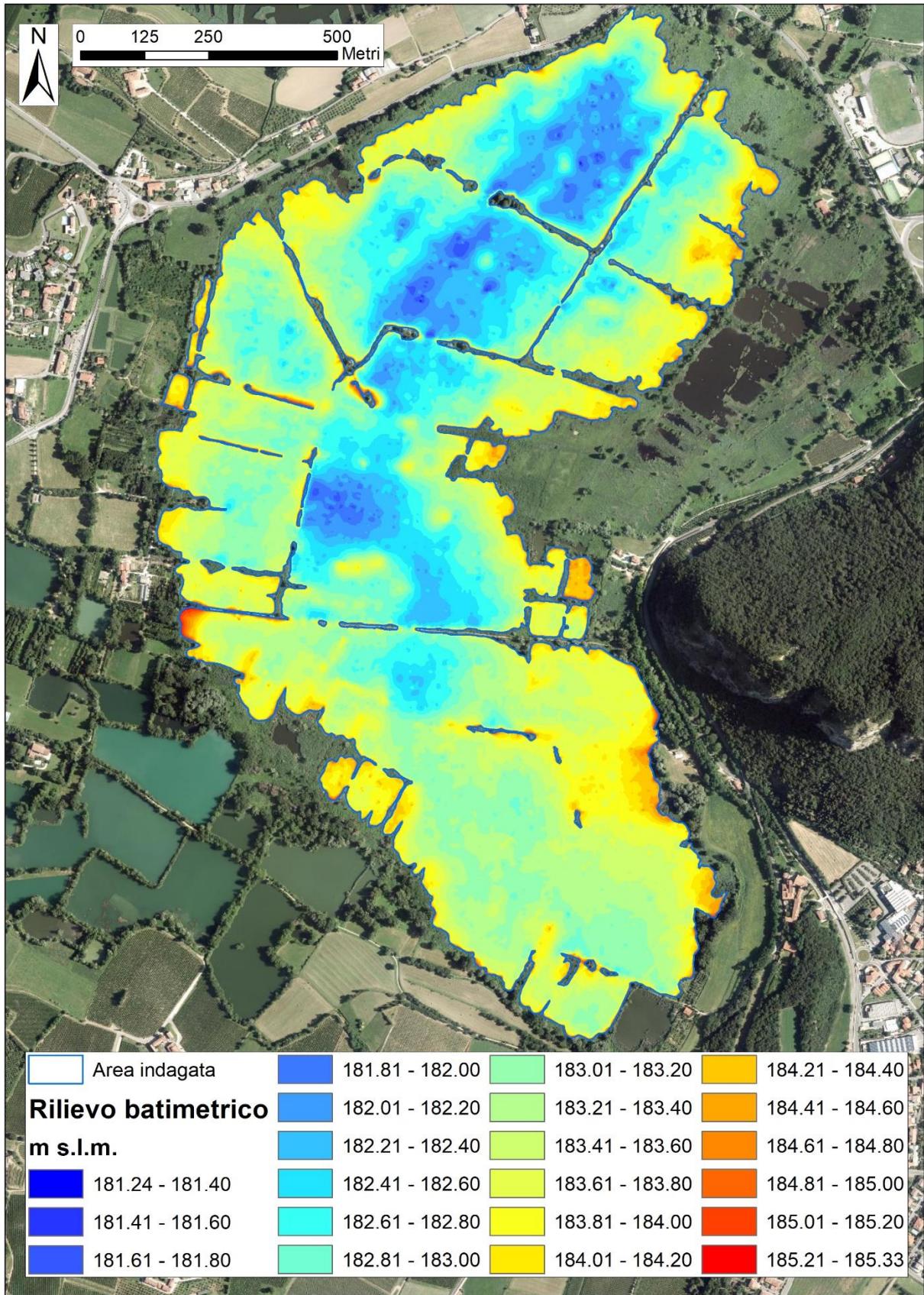


Figura 4 – Rilievo batimetrico rappresentato in falsi colori

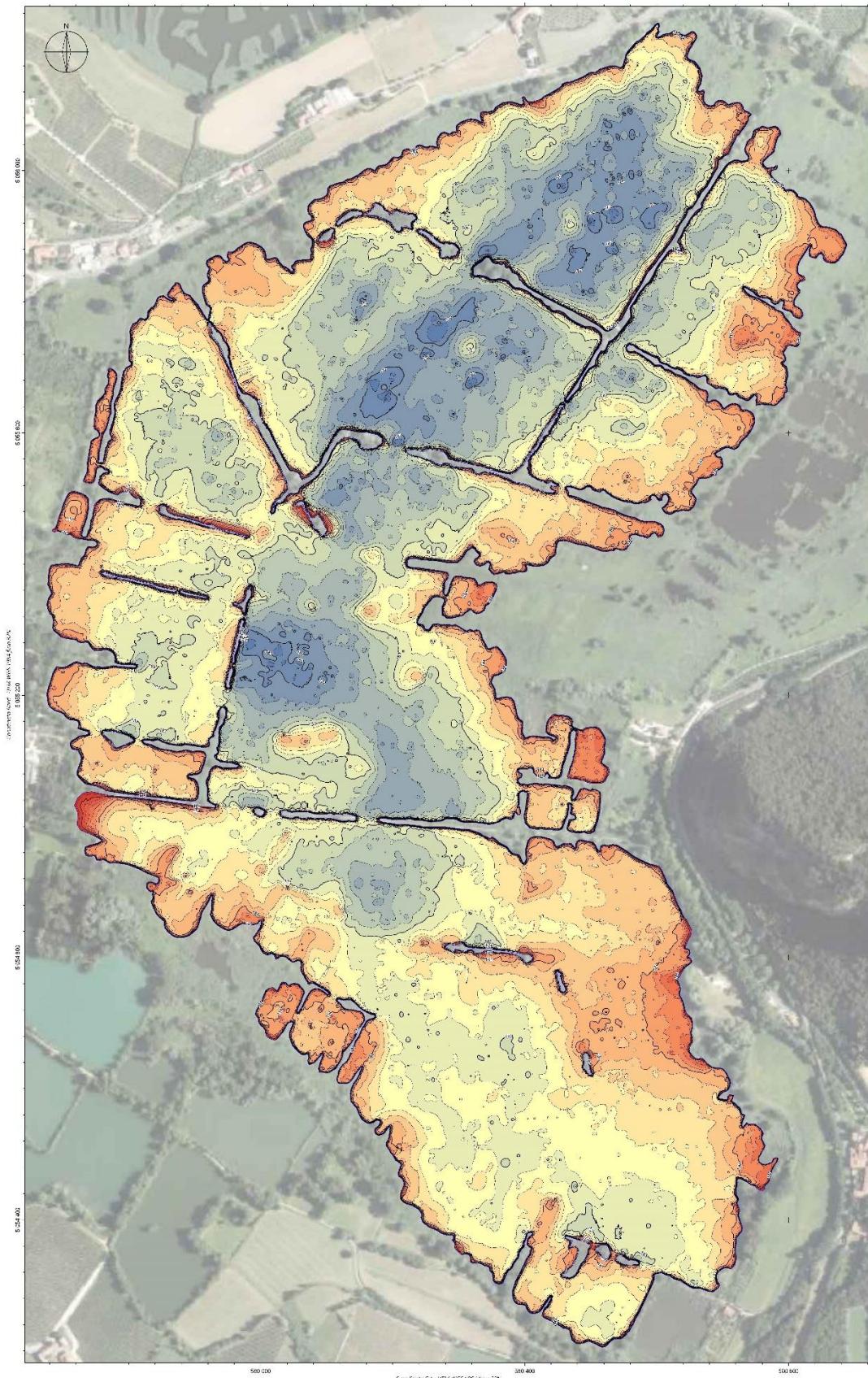


Figura 5– Estratto della carta batimetrica, elaborata con isobate a equidistanza 20cm

2.4 Risultati

L'elaborazione numerica del rilievo effettuato ha portato alla quantificazione dei dati relativi alle profondità dei fondali, alle relative superfici e quindi ai volumi disponibili.

Alla quota di esecuzione del rilievo, pari come detto a 185,33 m s.l.m., la superficie d'acqua indagata è stata pari a 1.275.230 m² ed un corrispondente volume di 2.676.782 m³.

Nella tabella che segue sono riportate, in termini di superficie, le abbondanze per classi di profondità dell'acqua.

Tabella 1: superfici per classi di profondità

<i>Intervallo di quota</i>		<i>Profondità</i>	<i>Superficie [m²]</i>	<i>Superficie [%]</i>
<i>Quota min [m s.l.m.]</i>	<i>Quota max [m s.l.m.]</i>			
184,83	185,33	meno di 50 cm	17.349	1,4
184,33	184,83	tra 50 cm e 1 m	33.228	2,6
183,83	184,33	tra 1.00 e 1.50 m	130.699	10,2
183,33	183,83	tra 1.50 e 2.00 m	368.402	28,9
182,83	183,33	tra 2.00 e 2.50 m	408.542	32,0
182,33	182,83	tra 2.50 e 3.00 m	214.247	16,8
181,83	182,33	tra 3.00 e 3.50 m	99.024	7,8
181,23	181,83	più di 3.50 m	3.740	0,3

L'immagine che segue mostra l'andamento dei volumi idrici rispetto alla quota dell'acqua.

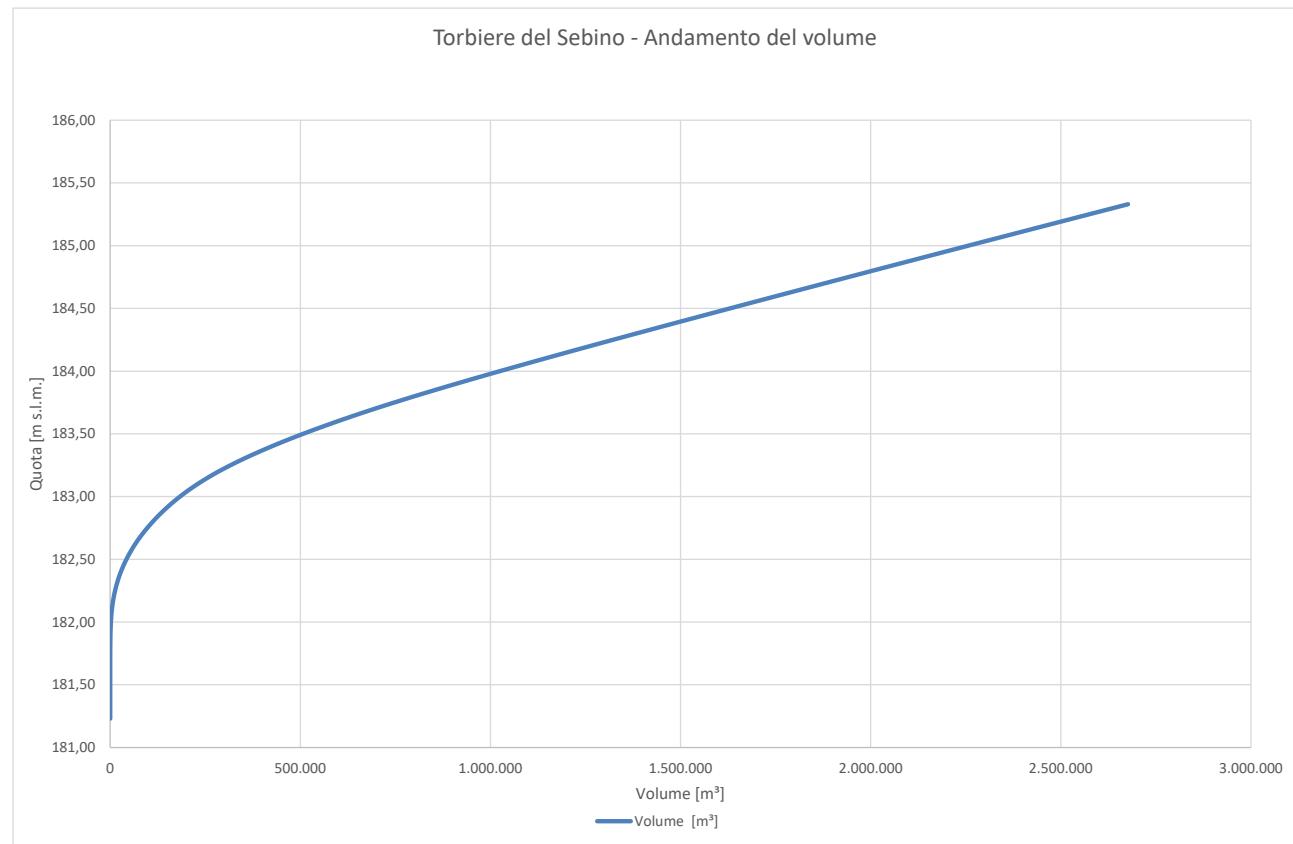


Figura 6 – Andamento del volume idrico in funzione della quota

L'immagine che segue mostra l'andamento della superficie rispetto alla quota.

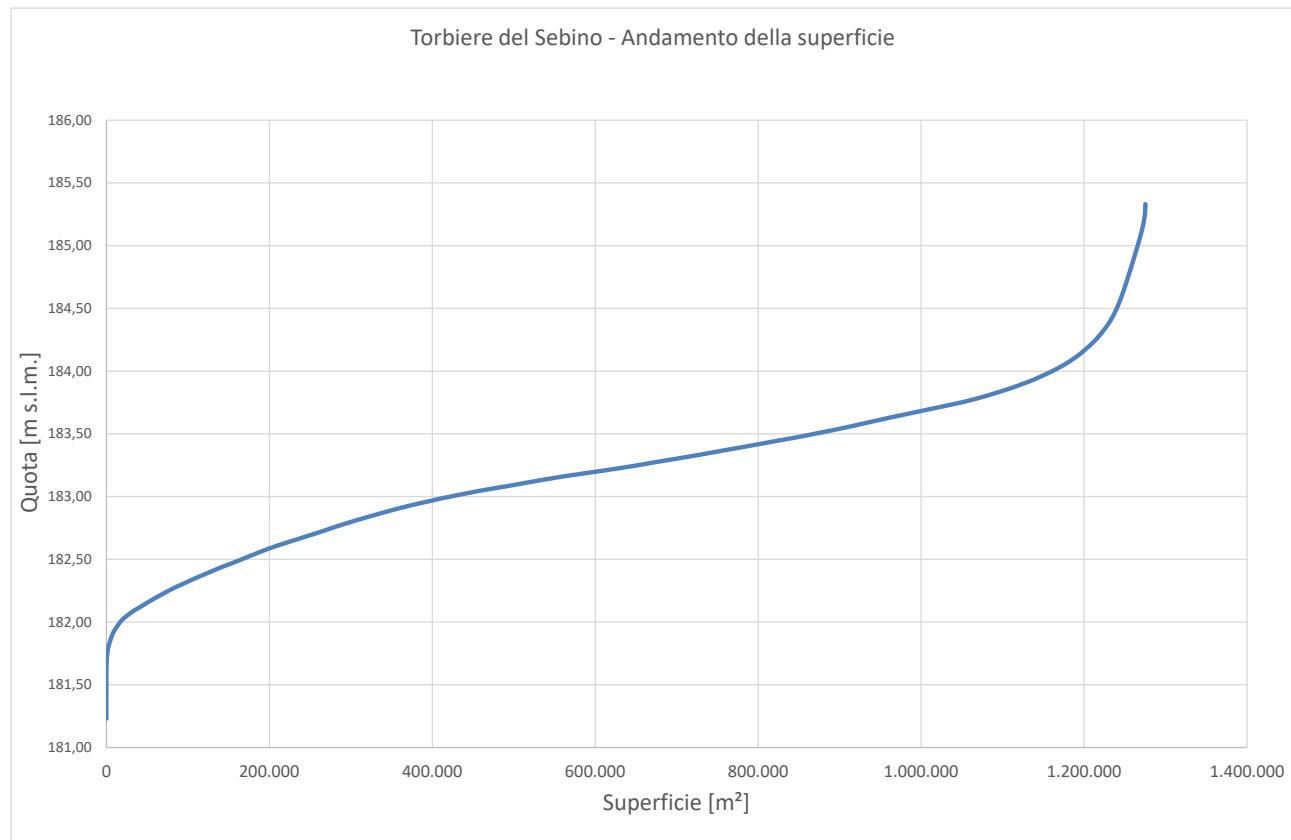


Figura 7 – Andamento della superficie dello specchio idrico in funzione della quota

3 ANDAMENTO DEL LIVELLO IDRICO E DELLA TEMPERATURA

Nelle Torbiere, ormai da qualche anno, è in funzione una stazione di rilevamento dati, raccolti dal gruppo di Idraulica dell'Università degli Studi di Brescia, e resi disponibili on line all'indirizzo che segue <https://hydraulics.unibs.it/hydraulics/il-monitoraggio-del-lago-diseo/real-time-data-from-lake-monitoring-system/>



Figura 8–stazione di rilevamento dati

Tali dati sono stati, relativamente al livello idrico ed alle temperature dall'acqua e dell'aria, sono stati elaborati e di seguito riportati.

Sono raffigurati i valori di temperatura dell'aria e dell'acqua superficiale nel periodo 2022-2025, sia in termini di andamento si in termini di valore medio mensile.

Si osserva piena corrispondenza tra i valori registrati in aria e nello strato superficiale dell'acqua.

I valori massimi, calcolati come media giornaliera, arrivano anche prossimi a 30°C, il valore più basso, pari a 0,2°C, è stato registrato il 21 gennaio 2022. I mesi più freddi sono gennaio e dicembre, mentre quelli più caldi luglio e agosto.



Figura 9 – Andamento dei valori di temperatura (aria e acqua superficiale) nel periodo 2022-2025

Per meglio valutare l'andamento della temperatura dell'acqua superficiale nel corso della giornata, sono state utilizzate le misurazioni (con frequenza di 1 minuto) in 4 giorni rappresentativi delle varie stagioni. Nel grafico seguente è riportato il confronto degli andamenti ottenuti, da cui risulta evidente la variazione giornaliera della temperatura, che in primavera e in estate può arrivare fino a quattro gradi.

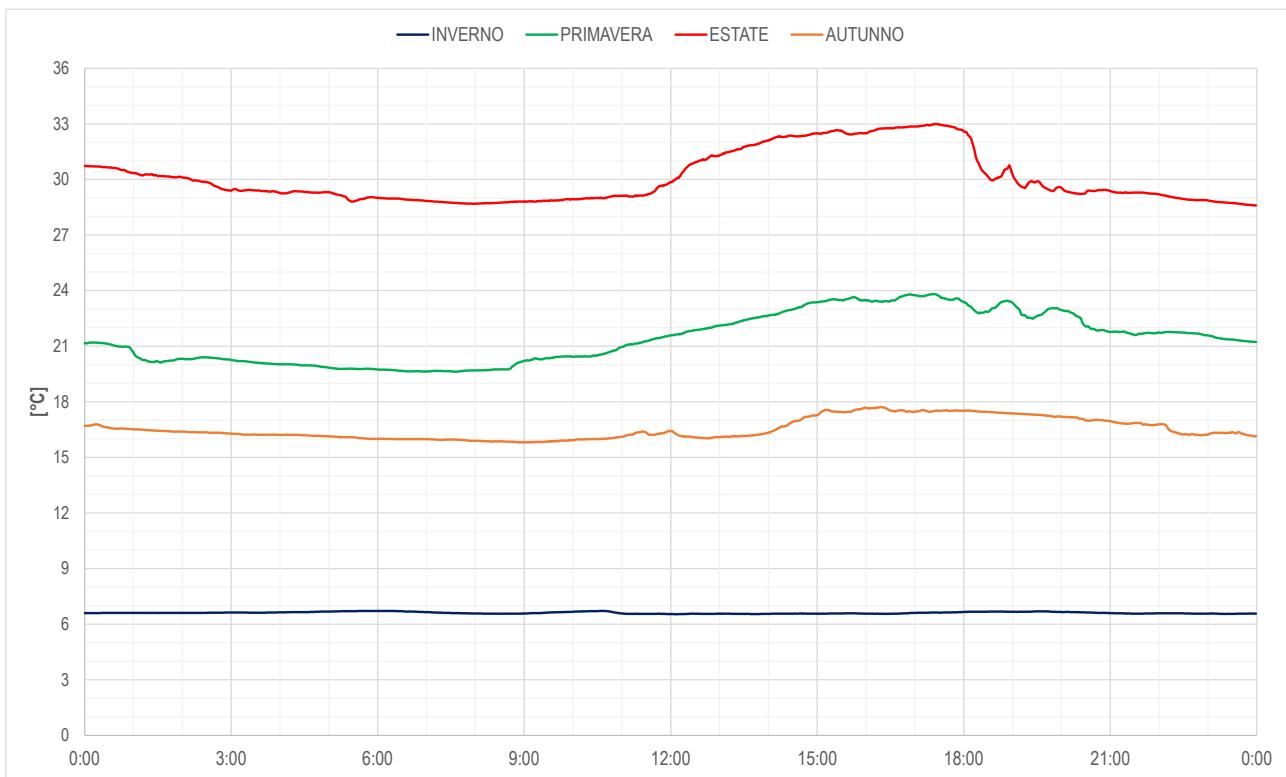


Figura 10 –Andamento temperatura durante una giornata tipo nelle varie stagioni

Relativamente all'andamento del livello idrico, nel grafico seguente ne è riportato l'andamento nel periodo 2022-2025.

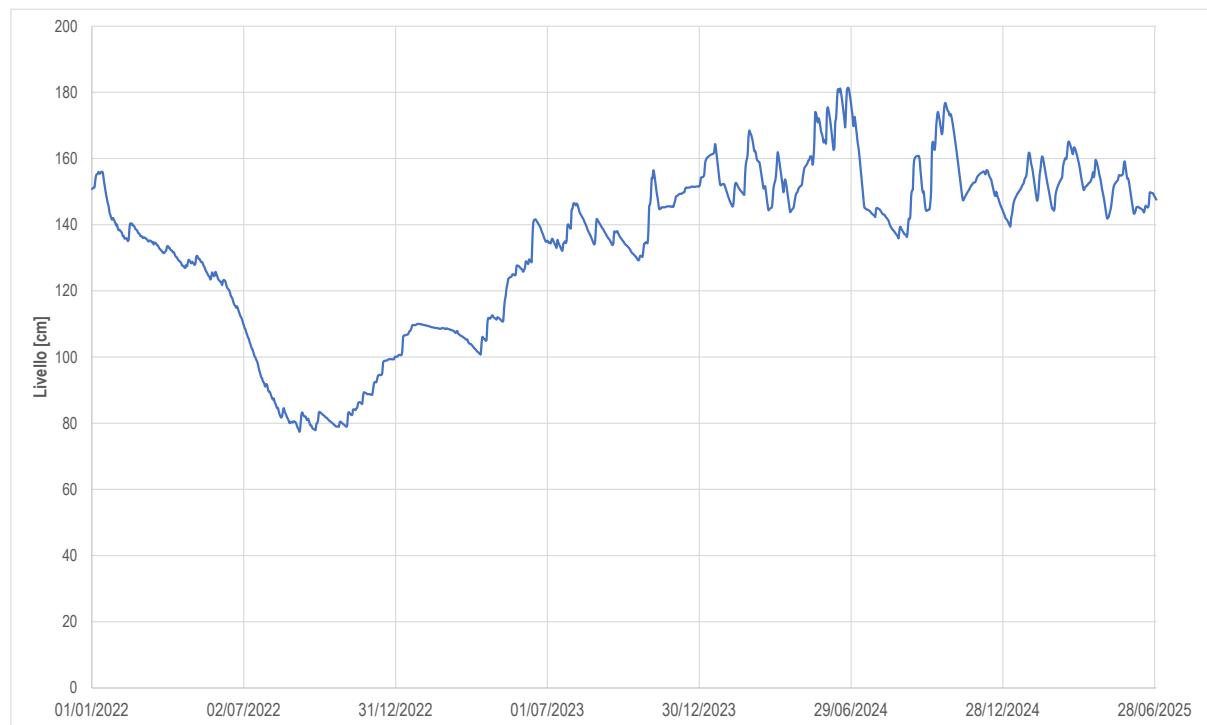


Figura 11 –Andamento livello nel periodo 2022-2025

Dal grafico si denotano significative variazioni del livello idrometrico durante l'anno.

Normalmente si osserva un abbassamento dei livelli tra il periodo tardo primaverile e quello tardo estivo, seguito poi da un nuovo innalzamento nei mesi autunnali.

Nel corso del 2022, anno particolarmente siccitoso, sono stati raggiunti i valori più bassi del periodo di osservazione.

Nell'immagine che segue, l'andamento del livello idrico nello stesso periodo (linea rossa) è messo in relazione all'entità della pioggia nel mese

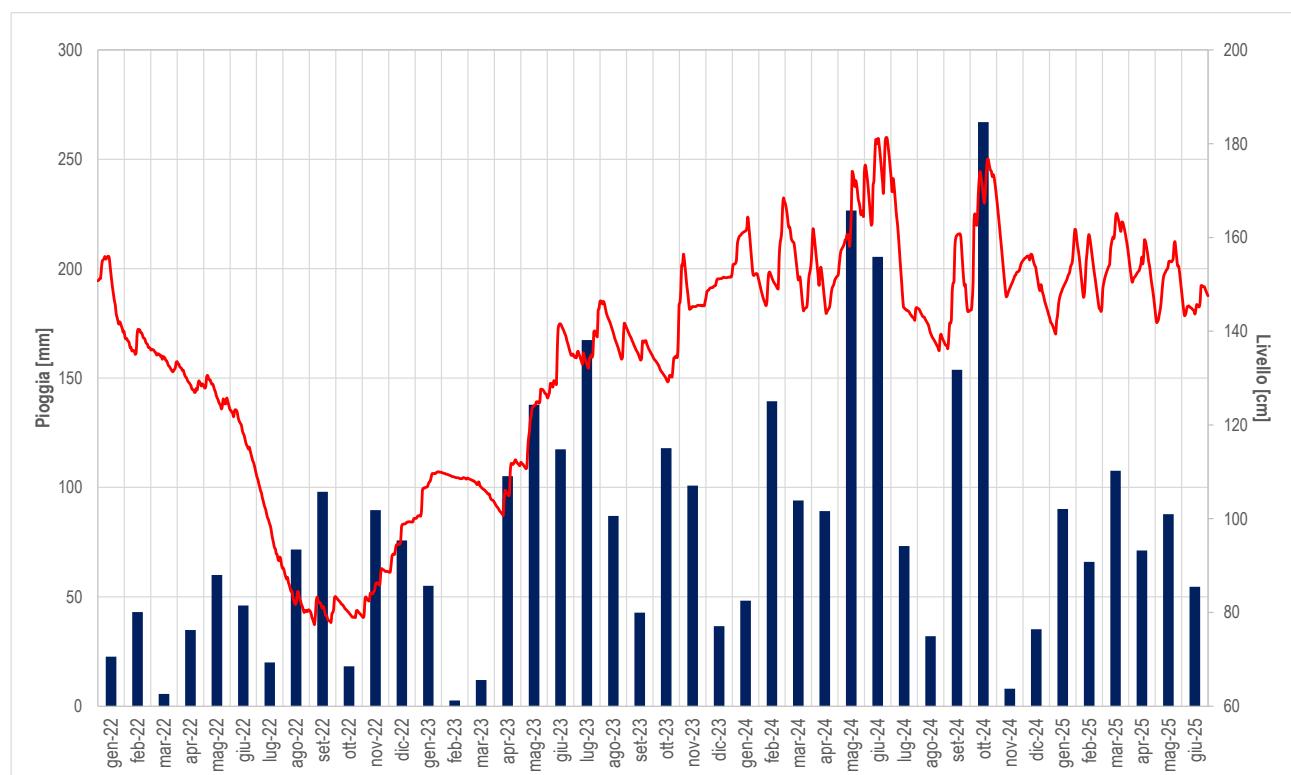


Figura 12 –Andamento del livello idrico nel periodo 2022-2025 comparato con la pioggia mensile

Risulta evidente che gli incrementi di livello sono dipendenti da periodi di maggiori apporti idrici conseguenti alle piogge. Di contro i repentina abbassamenti di livello sono connessi all'intervento dell'idrovora che regola il passaggio delle acque dalle lame alle lamette.

4 AREE DI INDAGINE E PARAMETRI DI MONITORAGGIO

4.1 Punti di monitoraggio

Il monitoraggio biologico e chimico-fisico ha riguardato 3 punti all'interno delle Lame, individuati con lo scopo di rappresentare l'intera area coprendo i punti alle due estremità (a Nord identificato con la lettera A e a Sud con la lettera C) e un punto centrale (denominato B) potenzialmente interessato dallo scarico di uno sfioratore di piena. Nell'immagine seguente sono rappresentati i punti di campionamento.



Figura 13 - Punti di campionamento biologico e chimico-fisico

4.2 Parametri del monitoraggio

I campionamenti eseguiti nel periodo da marzo a settembre 2025 hanno riguardato il fitoplancton e zooplancton come componenti biologiche, completati da analisi chimico-fisiche della matrice acqua per una più completa caratterizzazione.

Nei capitoli seguenti sono descritte le metodologie impiegate per i campionamenti e presentati i risultati ottenuti.

5 INDAGINI CHIMICO-FISICHE

La qualità chimico-fisica delle acque è stata valutata sia mediante misurazione con sonda da campo sia a seguito di analisi di laboratorio dei campioni di acqua prelevati presso le stazioni di indagine.

I parametri sono stati come detto misurati in 3 punti (identificati con le lettere A, B e C) nelle seguenti date, contestualmente al prelievo dei campioni d'acqua:

- 5 marzo;
- 7 aprile;
- 15 maggio;
- 9 giugno;
- 31 luglio;
- 3 settembre.

Per il campionamento, il trasporto e la conservazione dei campioni di acqua, sono state osservate le indicazioni metodologiche presenti nel documento APAT/IRSA-CNR, 2003 e APAT, 2007.



Figura 14 - Prelievo del campione d'acqua con bottiglia Van Dorn e misurazione dei parametri chimico-fisici

5.1 Misura dei parametri chimico-fisici

La misura dei principali parametri chimico-fisici è stata effettuata mediante una sonda da lago (sonda multiparametrica EUREKA MINI SONDE 20). I parametri rilevati in campo sono i seguenti:

- Temperatura (°C);
- pH;
- Ossigeno (% di saturazione e concentrazione, espressa in mg/l);
- Conducibilità (μS/cm);
- Salinità (% NaCl).

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati ottenuti.

Si segnala in corrispondenza del punto A nel campionamento di maggio una situazione di sovrasaturazione di ossigeno dovuta all'attività fotosintetica delle piante acquatiche.

Tabella 2 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto A

Data	Profondità	Saturazione di Ossigeno	Ossigeno disciolto	pH	Salinità	Conducibilità	Temperatura
		m	%	mg/l	pH	% NaCl	μS/cm
05/03/25	0	110	11,9	8,2	0,15	321	11,2
	1	111	12,2	8,3	0,15	321	10,3
	2	110	12,3	8,2	0,15	321	10,0
	3	92	10,3	7,4	0,15	323	9,9
07/04/25	0	109	10,3	8,2	0,20	426	16,7
	1	109	10,4	8,2	0,20	426	16,6
	2	107	10,2	8,2	0,20	426	16,2
15/05/25	0	196	16,7	8,7	0,21	435	21,5
	1	163	14,2	8,7	0,21	442	20,4
	1,5	126	11,1	8,4	0,21	451	20,1
09/06/25	0	116	9,7	8,3	0,19	408	22,9
	1	117	9,8	8,3	0,19	408	22,6
	2	113	9,5	8,3	0,19	409	22,1
31/07/25	0	98	8,2	8,5	0,15	327	23,2
	1	99	8,3	8,5	0,15	328	23,1
	2	89	7,5	8,5	0,15	328	23,0
03/09/25	0	86	7,6	8,3	0,14	304	20,6
	1	86	7,6	8,3	0,14	305	20,6
	2	86	7,6	8,3	0,14	305	20,5

Tabella 3 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto B

Data	Profondità	Saturazione Di Ossigeno	Ossigeno disciolto	pH	Salinità	Conducibilità	Temperatura
		m					
05/03/25	0	105	11,4	8,2	0,16	348	11,2
	1	105	11,5	8,2	0,16	350	10,6
	1,5	105	11,6	8,2	0,16	345	10,0
07/04/25	0,0	105	9,9	8,1	0,21	451	16,7
	1,0	105	10,0	8,2	0,21	449	16,4
	1,5	105	10,0	8,2	0,21	450	16,4
15/05/25	0	123	10,6	8,4	0,21	453	21,1
	1	120	10,6	8,4	0,22	458	19,8
	1,5	122	10,8	8,4	0,22	458	19,8
09/06/25	0	120	10,0	8,2	0,18	378	21,3
	1	87	7,4	7,9	0,18	391	20,1
31/07/25	0	76	6,5	8,2	0,15	320	22,1
	1	76	6,5	8,1	0,15	320	22,0
	2	75	6,4	8,1	0,15	321	22,0
03/09/25	0	98	8,7	8,5	0,15	313	19,9
	1	98	8,7	8,5	0,15	313	20,0
	2	96	8,5	8,5	0,15	313	19,9

Tabella 4 – Parametri chimico-fisici misurati nel punto C

Data	Profondità	Saturazione Di Ossigeno	Ossigeno disciolto	pH	Salinità	Conducibilità	Temperatura
		m					
05/03/25	0	106	11,7	8,2	0,16	351	10,3
	1	106	11,9	8,3	0,16	350	9,7
	2	107	12,0	8,3	0,16	348	9,5
07/04/25	0	99	9,4	8,1	0,21	448	16,6
	1	97	9,3	8,2	0,21	447	16,3
	1,5	93	8,9	8,2	0,21	447	16,2
15/05/25	0	118	10,1	8,5	0,21	453	21,2
	1	117	10,4	8,4	0,22	462	19,7
	1,9	112	10,0	8,4	0,22	463	19,7
09/06/25	0	116	9,6	8,2	0,18	378	21,8
	1	107	9,0	8,1	0,18	381	20,7
	2	97	8,1	8,1	0,18	381	20,3
31/07/25	0	99	8,3	8,6	0,15	315	23,2

Data	Profondità m	Saturazione Di Ossigeno	Ossigeno disciolto mg/l	pH	Salinità % NaCl	Conducibilità μS/cm	Temperatura °C
		%	pH	μS/cm	°C		
03/09/25	1	88	7,5	8,5	0,15	317	22,0
	2	88	7,6	8,3	0,15	322	21,9
	0	96	8,5	8,4	0,16	333	20,2
	1	96	8,5	8,4	0,16	334	20,2
	2	95	8,4	8,3	0,16	350	20,1

Nel complesso i parametri raccolti non mostrano criticità o anomalie rispetto alle esigenze delle biocenosi presenti; l'ossigeno ad esempio è ampiamente disponibile in tutti i punti ed in tutti i periodi.

In ogni campagna è stata inoltre misurata la trasparenza tramite disco di Secchi. Nella tabella sottostante, si riportano i dati ottenuti. Nella maggior parte dei campionamenti la trasparenza è risultata uniforme nei vari punti di indagine. Fanno eccezione maggio e settembre dove si osservano lievi variazioni tra i vari punti. La limitata trasparenza estiva è determinata dalla crescita del fitoplancton evidente anche dal confronto delle immagini che seguono.

Tabella 5: valori di trasparenza (disco di Secchi)

Punto di campionamento	Data	Trasparenza (m)
A - B - C	5/3	1
A - B - C	7/4	1
A - B - C	15/5	0,5
A	9/6	0,6
B - C		0,3
A - B - C	31/7	0,5
A - C	3/9	0,3
B		0,4



Figura 15 – Aspetto delle acque superficiali a marzo (a sinistra) ed a settembre (a destra)

5.1 Analisi chimiche

Oltre alle misurazioni in campo, sono stati effettuati anche i prelievi di aliquote di acqua sulle quali sono state effettuate le analisi chimiche:

- durezza (mg/l CaCO_3);
- azoto amminiacale (mg/l);
- azoto nitrico (mg/l);
- azoto nitroso (mg/l);
- azoto totale (mg/l);
- fosforo totale (mg/l);
- fosforo ortofosfato (mg/l);
- BOD_5 (mg/l);
- COD (mg/l).

I campioni utilizzati per le analisi chimiche sono stati prelevati in superficie e sul fondo se la sonda multiparametrica evidenziava delle differenze di temperatura e saturazione di ossigeno significative fra le diverse profondità. In caso di parametri sostanzialmente invariati tra superficie e fondo, si è prelevata un'aliquote per ogni profondità ed è stato portato in laboratorio un campione integrato per le successive analisi.

Nelle tabelle sottostanti si riportano i dati ottenuti che non si registrano variazioni significative tra i vari punti di monitoraggio, fatta eccezione per alcuni valori puntuali nei punti B e C.

Tabella 6 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto A

Campione	Data	Azoto amminiacale ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)		Azoto nitrico ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)		Azoto nitroso ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)		Azoto totale (N tot)		Fosforo totale ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)		Fosforo Ortofosfato ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)		BOD_5	COD	Durezza (CaCO_3)
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
A integrato	05/03/25	0,214	<0,23	0,691	2,94	0,094	<0,01	3,23	22,6	80						
A integrato	08/04/25	0,257	0,483	0,013	2	0,011	<0,01	2,34	15,3	40						
A sup	15/05/25	0,625	<0,23	<0,0015	1,72	0,058	0,042	1,89	24,1	40						
A fondo		0,582	<0,23	<0,0015	1,3	0,049	0,040	4,08	43,5	40						
A integrato	09/06/25	0,086	<0,23	<0,0015	1,26	0,083	0,051	4,41	25,8	45						
A sup	31/07/25	0,636	<0,23	<0,0015	1,95	0,07	0,045	2,37	27,7	35						
A fondo		0,144	<0,23	<0,0015	1,59	0,072	0,049	2,57	31,9	45						
A integrato	03/09/25	0,045	<0,23	<0,0015	2,53	0,019	<0,01	6,29	33,6	35						

Tabella 7 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto B

Campione	Data	Azoto ammoniacale (NH ₄ ⁺ - N)		Azoto nitrico (NO ₃ ⁻ - N)		Azoto nitroso (NO ₂ ⁻ - N)		Azoto totale (N tot)		Fosforo totale (PO ₄ ³⁻ - P)		Fosforo Ortofosfato (PO ₄ ³⁻ - P)		BOD ₅		COD		Durezza (CaCO ₃)	
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
B integrato	05/03/25	0,131	<0,23	1,25	2,38	0,08	<0,01	4,19	17,4	90									
B integrato	08/04/25	0,145	0,655	0,009	1,92	<0,01	<0,01	2,3	10,5	35									
B sup	15/05/25	0,962	<0,23	0,007	2,27	0,047	0,039	3,16	19	35									
B fondo		3,5	<0,23	0,007	18,3	0,039	0,021	3,53	19,8	45									
B integrato	09/06/25	0,025	<0,23	<0,0015	1,1	0,083	0,050	2,75	19,2	40									
B sup	31/07/25	0,233	<0,23	<0,0015	1,62	0,099	0,058	2,67	30,1	40									
B fondo		0,292	<0,23	<0,0015	2,25	0,081	0,052	4,45	36,2	45									
B integrato	03/09/25	0,084	<0,23	<0,0015	3,54	0,021	<0,01	6,66	33,9	45									

Tabella 8 - Risultati della analisi effettuate su campioni prelevati nel punto C

Campione	Data	Azoto ammoniacale (NH ₄ ⁺ - N)		Azoto nitrico (NO ₃ ⁻ - N)		Azoto nitroso (NO ₂ ⁻ - N)		Azoto totale (N tot)		Fosforo totale (PO ₄ ³⁻ - P)		Fosforo Ortofosfato (PO ₄ ³⁻ - P)		BOD ₅		COD		Durezza (CaCO ₃)	
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
C integrato	05/03/25	0,125	<0,23	1,26	3,55	0,069	0,01	3,91	18,9	85									
C integrato	08/04/25	0,149	0,745	0,01	2,71	<0,01	<0,01	2,85	11,3	45									
C sup	15/05/25	0,098	<0,23	<0,0015	2,73	0,031	0,015	1,61	17,4	50									
C fondo		0,054	<0,23	0,006	2,85	0,042	0,038	1,68	15,2	45									
C integrato	09/06/25	0,081	<0,23	<0,0015	1,93	0,07	0,048	2,48	20,1	45									
C sup	31/07/25	0,144	<0,23	<0,0015	1,38	0,066	0,045	1,73	29,3	50									
C fondo		0,1	<0,23	<0,0015	1,23	0,067	0,038	8,79	31,4	45									
C integrato	03/09/25	0,073	0,231	<0,0015	4	0,015	<0,01	7,31	29,5	50									

Nel complesso emerge una situazione di eutrofia testimoniata da valori dei principali nutrienti e che sostiene la situazione biologica descritta nei capitoli che seguono. Per una maggiore chiarezza, si confrontano i parametri maggiormente indicativi nei diversi punti di monitoraggio.

5.1.1 Azoto ammoniacale

I valori dell'azoto ammoniacale risultano sempre mediamente inferiori a 0,5 mg/l in tutti i punti. L'unico valore che si discosta dall'andamento generale è il punto B nel mese di maggio dove sono stati analizzati i campioni presi sia in superficie che sul fondo.

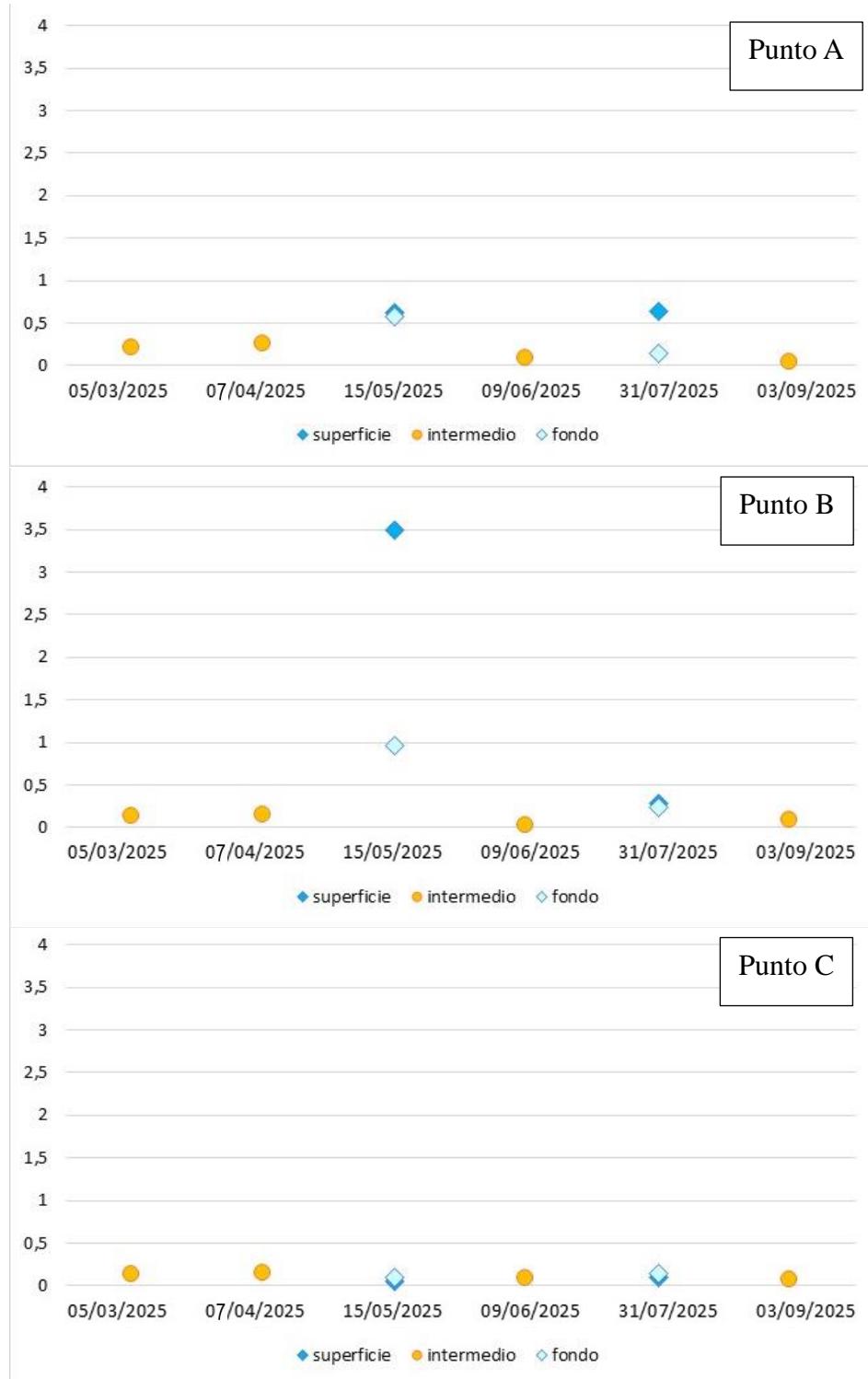


Figura 16 - Confronto dei risultati per il parametro NH_4^+-N

5.1.2 Azoto totale

I valori dell'azoto totale riflettono l'andamento già descritto per l'azoto ammoniacale, con valori sempre mediamente bassi (inferiori a 0,5 mg/l) tranne nel punto B nel mese di maggio dove sono stati analizzati i campioni presi sia in superficie che sul fondo.

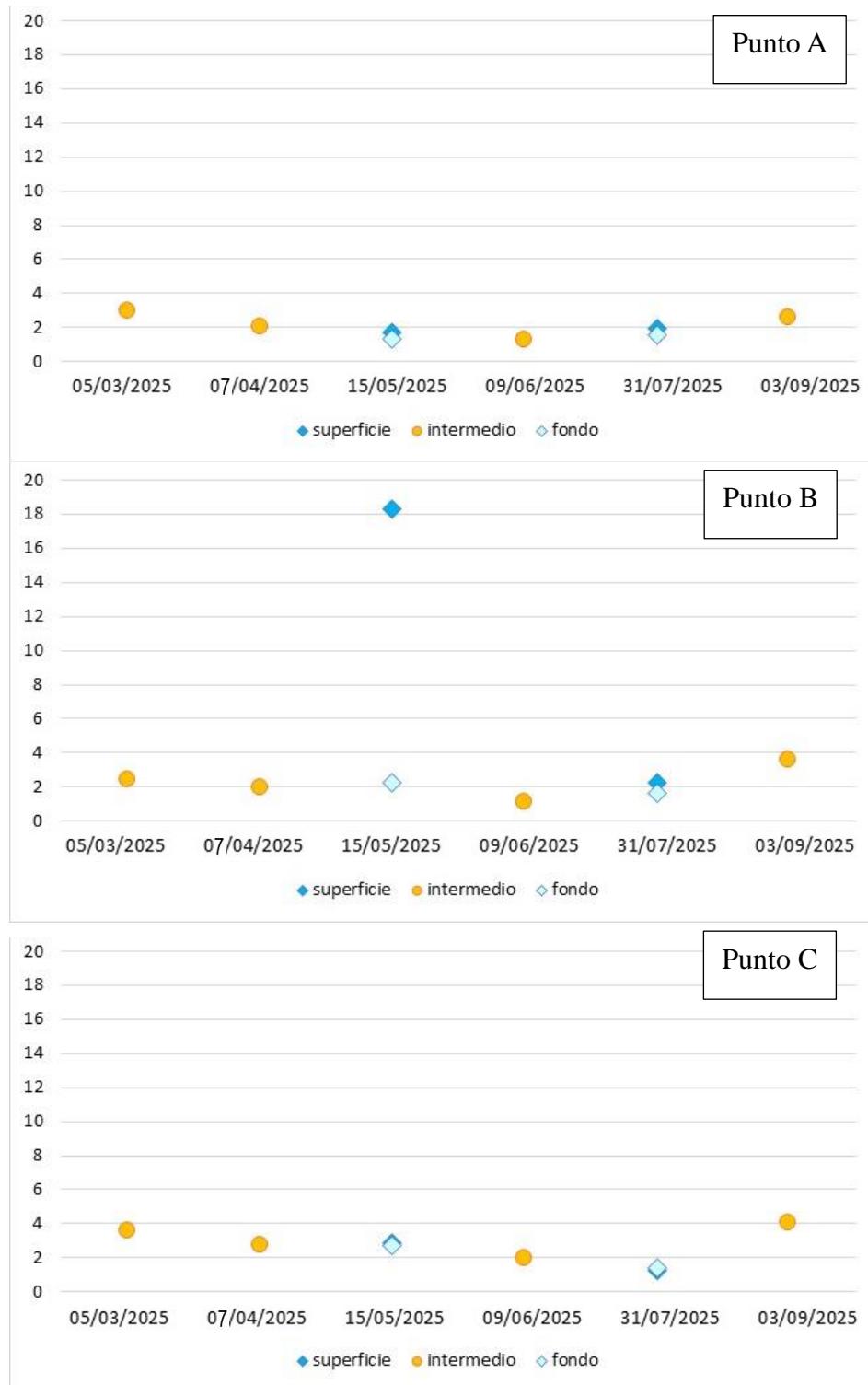


Figura 17. Confronto dei risultati per il parametro N tot

5.1.3 Fosforo totale

Come l'azoto nitrico, anche il fosforo totale ha un andamento simile nei tre punti di monitoraggio con i valori più alti a marzo e nei mesi estivi (valori compresi tra 0,069 e 0,094 mg/l) e i valori più bassi ad aprile e settembre (0,004 e 0,015 mg/l). Non si sono registrate differenze significative tra superficie e fondo.

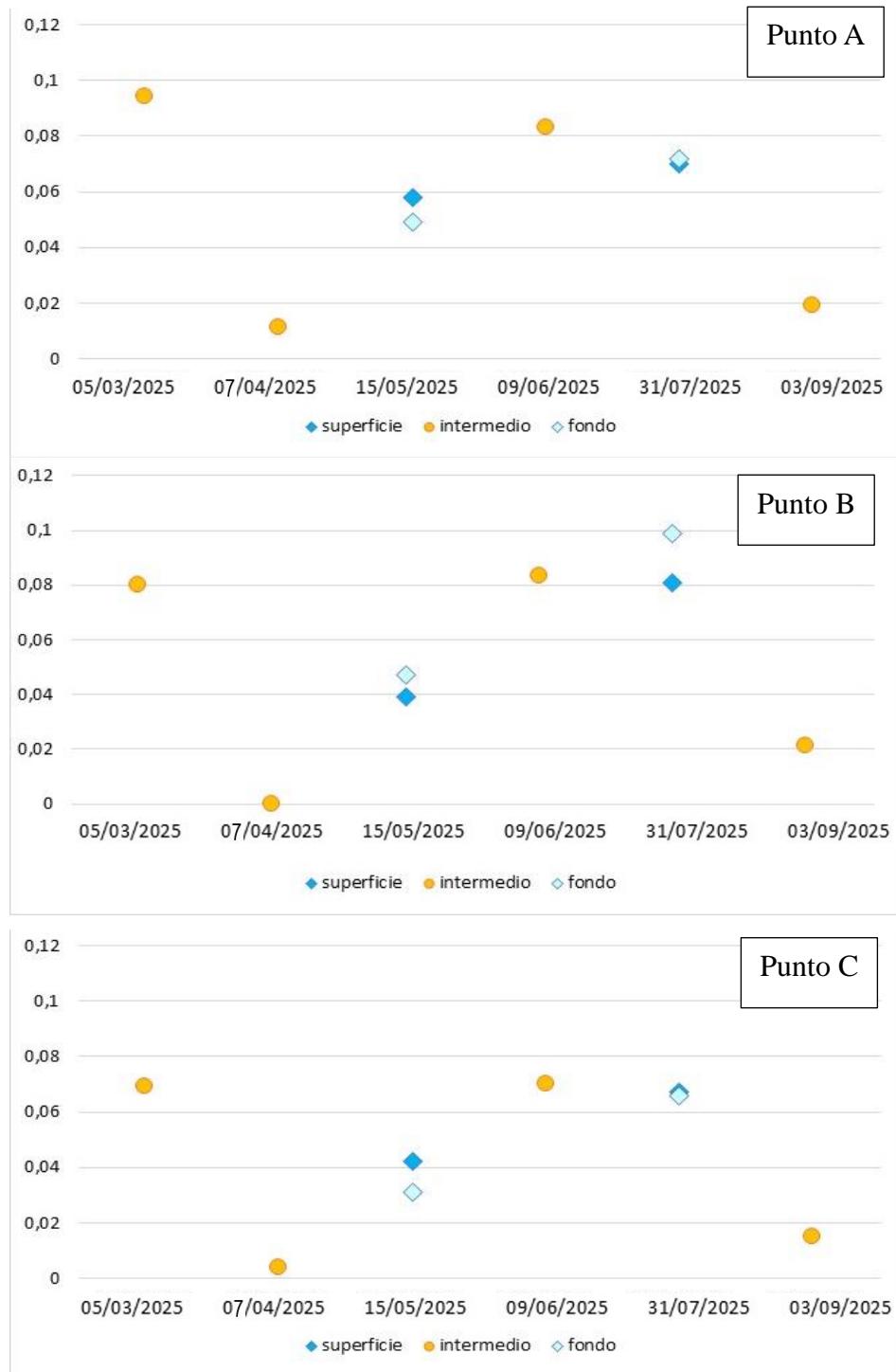


Figura 18. Confronto dei risultati per il parametro P totale

5.1.4 BOD_5

I valori di BOD_5 evidenziano un andamento crescente tra l'inizio e la fine del periodo di monitoraggio.



Figura 19. Confronto dei risultati per il parametro BOD

5.1.5 COD

I valori di COD hanno un andamento simile nei tre punti di monitoraggio con i valori tendenzialmente in aumento da marzo a settembre (si registra solo una lieve flessione nel mese di aprile). Solo nel punto A nel mese di maggio si nota una significativa differenza tra i valori di superficie e fondo, già evidenziata dalla sonda con i parametri chimico-fisici.

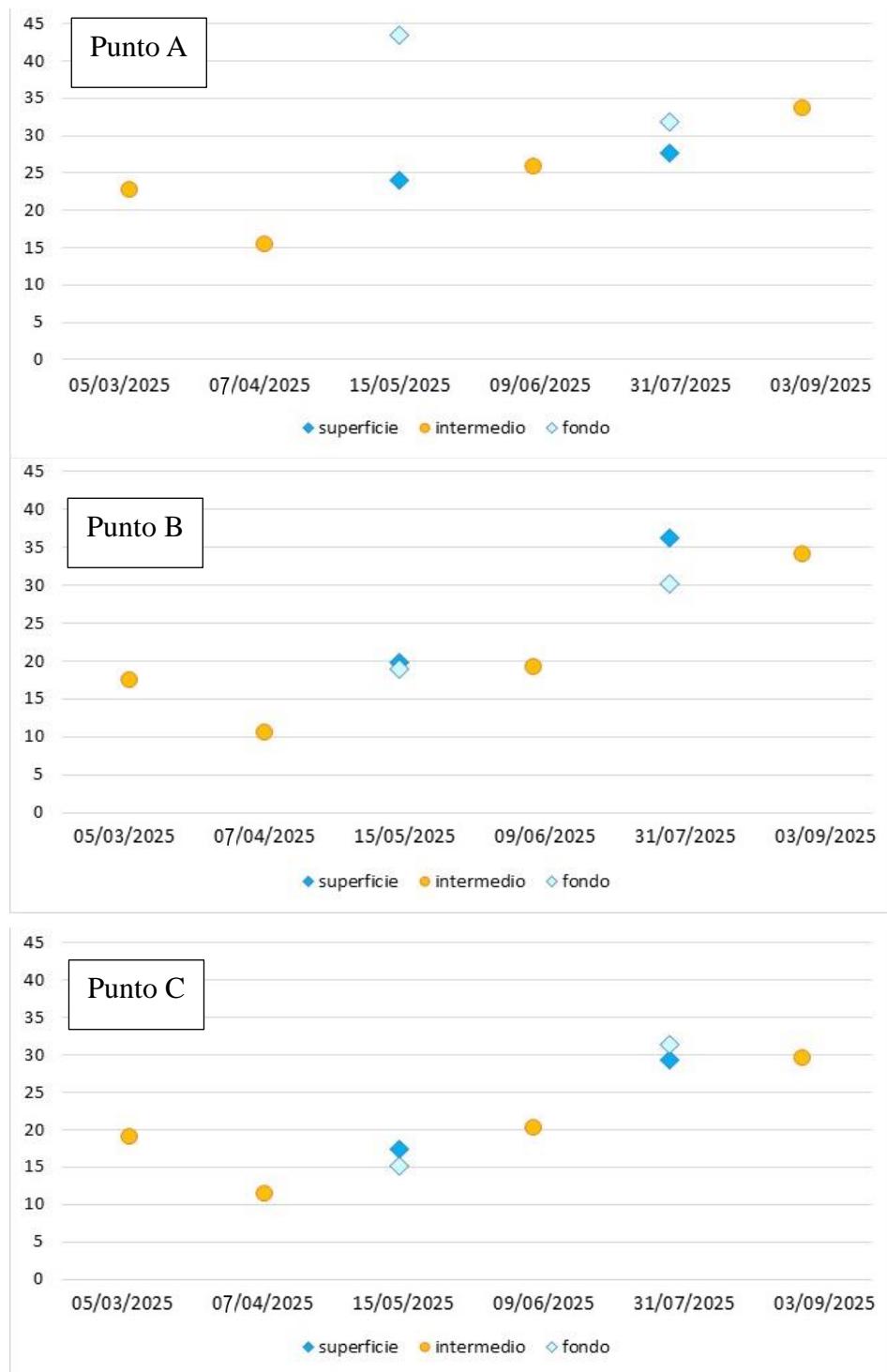


Figura 20. Confronto dei risultati per il parametro COD

6 INDAGINI BIOLOGICHE

Nel corso del periodo di monitoraggio è stato esaminato il plancton (fitoplancton e zooplancton), allo scopo di identificarne le caratteristiche e le eventuali variazioni temporali. Le indagini sono state effettuate nelle seguenti date:

- 5 marzo;
- 9 giugno;
- 31 luglio.

6.1 Campionamento fitoplancton

La componente fitoplanctonica, costituita da organismi microscopici fotosintetici che vivono liberi nello strato eufotico delle acque, ha un ruolo fondamentale negli ecosistemi acquatici in quanto rappresenta l'anello primario della catena alimentare nelle acque dolci e marine. Nelle acque interne il fitoplancton è costituito principalmente da specie appartenenti ai seguenti phyla: Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Cryptophyta, Crysophyta, Bacillariophyta e Dinophyta.

I prelievi, destinati all'analisi della componente fitoplanctonica, sono stati effettuati secondo le indicazioni riportate nel protocollo dall'APAT "Metodi biologici per le acque. Parte I". Le aliquote d'acqua sono state prelevate mediante bottiglia per il campionamento dello strato integrato della colonna d'acqua e il campione ottenuto rappresenta la zona eufotica della colonna d'acqua.

Lo spessore della zona eufotica (Ze_{u}) è stato calcolato dai valori di disco di Secchi (Z_s) attraverso la relazione: $Ze_{u}=2,5*Z_s$. Il calcolo della zona eufotica attraverso il disco di Secchi viene effettuato misurando la trasparenza del lago. La trasparenza è definita come la profondità di scomparsa del disco di Secchi (disco bianco di 30 cm di diametro).

La metodica è indicata nel Protocollo per il campionamento di fitoplancton in ambiente lacustre (3020-ISPRA 2014) prodotto da ISPRA e consultabile sul sito di ISPRA¹.

Il campione integrato è stato ottenuto, "...prelevando campioni puntiformi, di volume uguale, da profondità diverse e mescolandoli successivamente...". I singoli campioni sono stati raccolti con una bottiglia tipo Van Dorn prelevando un campione per ogni metro d'acqua, fino a raggiungere la profondità ottenuta dall'equazione sopracitata; i campioni raccolti sono stati trasferiti in un contenitore di volume opportuno e mescolati, prima di preparare il sub campione poi trasferito in una bottiglia (Protocollo per il campionamento di fitoplancton in ambiente lacustre -pag. 7 paragrafo 5.4 e pag.11 paragrafo 5.5-).

Il campione destinato all'analisi fitoplanctonica è stato in seguito fissato con Lugol acetico per aiutarne la conservazione e renderne più agevole la successiva analisi. Al microscopio invertito si determinano i taxa presenti con le relative densità. Non è stato applicato un indice quindi non sono state calcolati biovolumi ma è stata redatta una lista specie.

¹ http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/MLG_111_2014_Metodi_Biologici_acque.pdf



Figura 21 - misura della trasparenza con disco di Secchi e campionamento di fitoplancton

6.2 Risultati Fitoplancton

Il fitoplancton costituisce un indicatore chiave della qualità ecologica delle acque essendo alla base della catena trofica acquatica, perché risponde rapidamente ai cambiamenti ambientali ed è quindi sensibile all'eutrofizzazione di un ambiente. Le analisi condotte nelle torbiere del Sebino hanno in parte permesso di caratterizzare la composizione tassonomica delle comunità microalgali, valutando biodiversità, stato trofico e possibili segnali di eutrofizzazione.

Questo monitoraggio ha permesso di definire nelle 3 campagne, un elenco delle specie presenti nei campioni prelevati nei 3 punti oggetto delle analisi e successivamente integrati in un unico campione. È stata successivamente effettuata l'analisi microscopica per l'identificazione fino a genere/specie.

Si riporta di seguito l'elenco dei taxa presenti nei diversi campionamenti.

Tabella 9. Elenco specie rinvenute nel periodo di monitoraggio

Famiglia	Specie	05/03/2025	09/06/2025	31/07/2025
Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	x	x	x
	<i>Achnanthidium minutissimum</i>	x	x	x
	<i>Amphora ovalis</i>	x	-	x
	<i>Aulacoseira ambigua</i>	x	x	x
	<i>Aulacoseira granulata</i>	x	x	x
	<i>Aulacoseira granulata f. spiralis</i>	x	x	x
	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	x	x	x
	<i>Fragilaria capucina</i>	-	x	x
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	x	-	x
	<i>Melosira varians</i>	x	-	x
	<i>Nitzschia acicularis</i>	x	-	x
	<i>Nitzschia linearis</i>	-	-	x
	<i>Nitzschia palea</i>	x	x	x
	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	-	x	x
Chlorococcales	<i>Synedra acus</i>	-	-	x
	<i>Synedra ulna</i>	-	-	x
	<i>Acutodesmus acutiformis</i>	x	x	x
	<i>Ankyra ancora</i>	x	-	-
	<i>Ankyra judayi</i>	x	-	-
	<i>Botryococcus brownii</i>	x	-	-
	<i>Characium sp.</i>	x	-	-
	<i>Coelastrum astroideum</i>	x	-	-
	<i>Coelastrum sphaericum</i>	x	-	-
	<i>Coenochloris fottii</i>	x	-	x
	<i>Crucigenia quadrata</i>	-	x	x
	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	-	x	x
	<i>Desmodesmus denticulatus</i>	x	x	x
	<i>Desmodesmus quadricauda</i>	x	-	-
Chlorophyceae	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	-	x	-
	<i>Lagerheimia citriformis</i>	-	x	x
	<i>Monoraphidium contortum</i>	-	x	-
	<i>Monoraphidium griffithii</i>	-	x	x
	<i>Monoraphidium circinalis</i>	-	x	x
	<i>Oocystis lacustris</i>	-	-	x
	<i>Oocystis parva</i>	-	-	x
	<i>Pediastrum boryanum</i>	x	x	-
	<i>Pediastrum duplex</i>	x	x	x
	<i>Pediastrum simplex</i>	x	x	x
	<i>Pediastrum tetras</i>	-	x	-
	<i>Scenedesmus armatus</i>	-	-	x
	<i>Scenedesmus linearis</i>	x	x	x
	<i>Scenedesmus obtusus</i>	-	x	-
	<i>Schroederia setigera</i>	x	-	-
	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	x	x	x
	<i>Tetraedrom lagerheimii</i>	-	x	x
	<i>Tetraedron triangulare</i>	-	-	x

Famiglia	Specie	05/03/2025	09/06/2025	31/07/2025
Zygnematophyceae	<i>Willea apiculata</i>	-	X	X
	<i>Closterium acicularis</i>	-	X	-
	<i>Closterium acutum</i>	X	X	X
	<i>Closterium gracile</i>	X	-	X
	<i>Staurastrum gracile</i>	X	X	X
	<i>Staurastrum tetracerum</i>	-	-	X
	<i>Staurastrum paradoxum</i>	-	-	X
	<i>Staurodesmus denticulatus</i>	-	-	X
	<i>Staurodesmus mamillatus</i>	-	-	X
	<i>Staurodesmus spencerianus</i>	-	-	X
Euglenophyceae	<i>Colacium sp.</i>	-	X	-
	<i>Euglena gracilis</i>	-	-	X
	<i>Euglena sanguinea</i>	-	-	X
	<i>Euglena viridis</i>	X	-	X
	<i>Phacus tortus</i>	-	X	X
Xanthophyceae	<i>Pseudogoniochloris tripus</i>	-	X	X
Eustigmatophyceae	<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>	-	X	X
Cyanophyceae	<i>Anathece bachmannii</i>	-	X	X
	<i>Anathece minutissima</i>	X	X	X
	<i>Aphanizomenon cf flos aquae</i>	X	-	X
	<i>Aphanocapsa conferta</i>	-	X	X
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	-	-	X
	<i>Aphanocapsa plantonica</i>	-	-	X
	<i>Dolichospermum affinis</i>	X	-	X
	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	-	X	X
	<i>Merismopedia minutissima</i>	-	-	X
	<i>Microcystis flos aquae</i>	-	-	X
	<i>Microcystis wesenbergii</i>	-	-	X
	<i>Cryptomonas curvata</i>	X	X	X
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas marssonii</i>	X	-	-
	<i>Cryptomonas ovata</i>	X	X	X
	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	X	X	X
	<i>Rhodomonas lens</i>	-	X	X
	<i>Chrysochromulina sp.</i>	X	-	-
Chrysophyceae	<i>Dynobrion divergens</i>	X	-	-
	<i>Synura sphagnicola</i>	-	-	X
	<i>Ceratium furca</i>	-	X	-
Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	-	X	-
totale specie	84	46	59	65

A marzo si osserva una prevalenza di diatomee e alghe verdi e una presenza moderata di cianobatteri (*Microcystis*, *Aphanizomenon*). Si può quindi parlare di una comunità tipica di acque mesotrofiche, con microambienti eutrofici locali.

A giugno si osserva una maggiore diversità rispetto al campionamento di marzo, con abbondanza di diatomee (9 taxa) e alghe verdi (16 taxa).

Si constata una presenza significativa di cianobatteri (*Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum*, *Woronichinia*). La presenza di specie tossiche potenziali può indicare il rischio eutrofizzazione.

Nel mese di luglio si osserva la massima ricchezza specifica (65 taxa totali) con dominanza di diatomee (16 specie) e clorofite (18 specie). I cianobatteri sono presenti (11 specie).

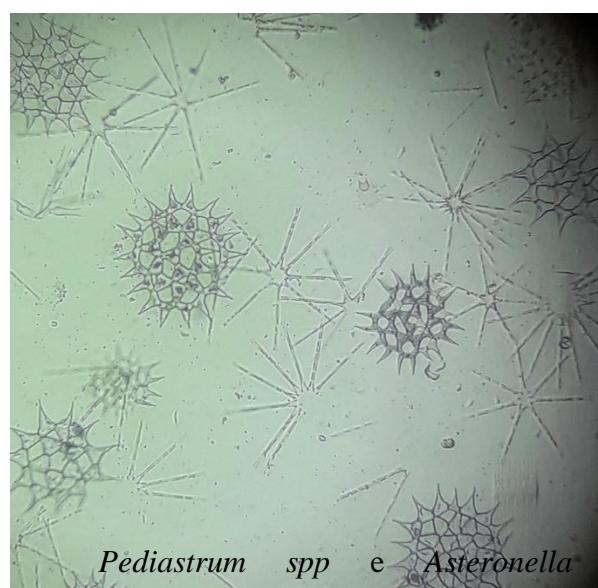
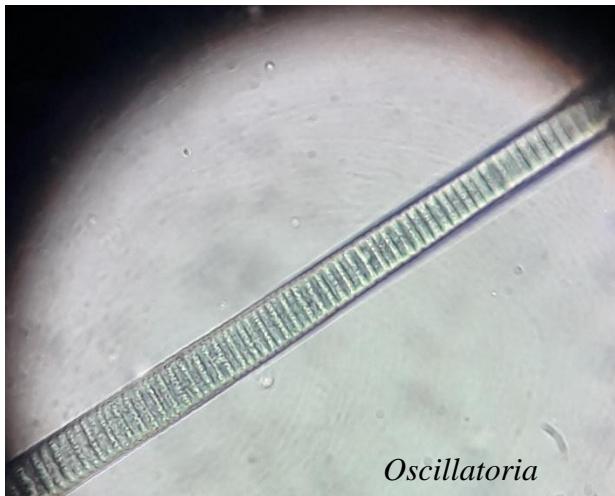


Figura 22 - Esempi di alcune specie fitoplanctoniche rinvenute

L'andamento stagionale può essere così riassunto:

- a fine inverno la comunità è più semplice, adattata a basse temperature con prevalenza di diatomee;
- a fine primavera vi è un aumento della biodiversità ma anche la comparsa marcata di cianobatteri potenzialmente tossici;
- in estate si osserva la massima diversità, con un equilibrio tra alghe verdi e diatomee, cianobatteri in crescita ma ancora contenuti.

Si può parlare quindi di un ecosistema ad elevata trofia ma con buoni livelli di biodiversità.

Tuttavia, la presenza costante di cianobatteri (alcuni potenzialmente tossici) richiede attenzione, specialmente in estate.

6.3 Campionamento zooplancton

Lo zooplancton costituisce un anello importante nelle reti trofiche pelagiche degli ecosistemi lacustri perché è il primo utilizzatore delle energie accumulate con i processi di fotosintesi e, al tempo stesso, rappresenta una rilevante fonte di cibo per il necton (pesci). Lo zooplancton è rappresentato da tre gruppi zoologici: Protozoi, Rotiferi e Crostacei. La raccolta dello zooplancton è stata effettuata utilizzando un retino zavorrato con una imboccatura rigida e circolare, del diametro di 40 cm, con maglia da 150 µm adatta per catturare animali di taglia medio grande (Cladoceri e Copepodi).



Figura 23 - Campionamento di zooplancton

L'interesse di classificare e quantificare gli individui planctonici sta nel fatto che esistono specie indicative di eutrofia e altre di oligotrofia. Inoltre passando da un basso livello di trofia ad uno più alto, si nota un calo del livello della biodiversità.

Il campione raccolto lungo la colonna d'acqua è stato successivamente fissato per l'analisi in laboratorio.

6.4 Risultati Zooplancton

I risultati delle analisi effettuate sugli organismi zooplanktonici, in termini di lista specie e abbondanze, sono riassunti nella tabella seguente. I campioni raccolti nei 3 punti di indagine sono stati analizzati per fornire un popolamento complessivo.

Si è scelto di campionare a marzo e a luglio così da comprendere popolamenti invernali e estivi.

Tabella 10. Elenco specie rinvenute nella stagione primaverile e in quella estiva

Specie	05/03/2025	31/07/2025
<i>Eubosmina longispina</i>	comune	comune
<i>Bosmina longirostris</i>	abbondante	-
<i>Daphnia s. strictu pulex group</i>	comune	-
<i>Daphnia s. strictu longispina group</i>	comune	comune
<i>Eucyclops sp</i>	presente	-
<i>Mesocyclops sp</i>	presente	presente
<i>Boeckella triarticulata</i>	presente	-
<i>Cyclops sp</i>	presente	-
<i>Macrocylops sp</i>	-	presente
<i>Ectocyclops phaleratus</i>	-	presente
<i>Copidodiaptomus stewarti</i>	presente	-
<i>Keratella quadrata</i>	comune	-
<i>Keratella tropica</i>	-	presente
<i>Notholca</i> gruppo <i>acuminata-labis</i>	presente	-

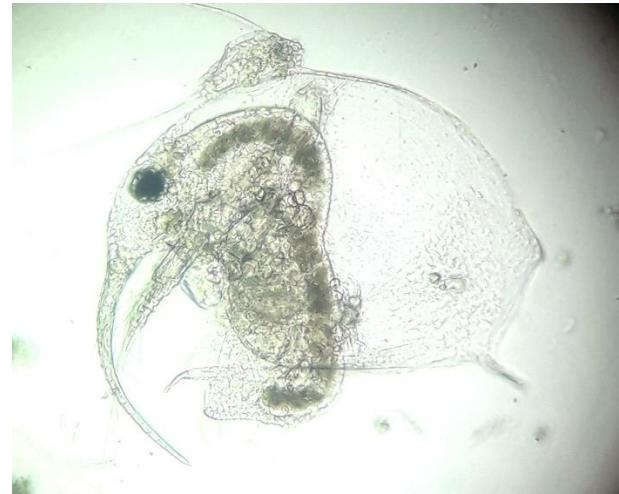
Sono state identificate nel complesso 14 specie delle quali 7 appartenenti ai Copepodi, 4 ai Cladoceri e 3 ai Rotiferi.

Delle 4 specie di Cladoceri, solo 2 sono risultate presenti in entrambe le stagioni, mentre le altre sono state rinvenute solo nel campionamento invernale, mentre per quanto riguarda i Copepodi, solo una specie (*Mesocyclops sp*) è presente in entrambi i campionamenti, 4 sono state rinvenute inverno, e solo 2 nel campionamento estivo.

Per quanto riguarda i Rotiferi, *Notholca* è stata rinvenuta solo nel campionamento invernale insieme a *Keratella quadrata*, mentre *Keratella tropica* (specie stenoterma calda) è risultata presente solo in estate.



Notholca



Bosmina



Daphnia sp.

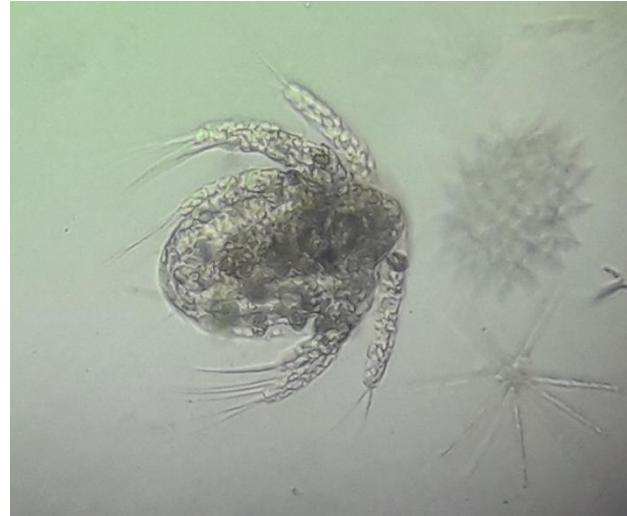


Keratella tropica

Figura 24. Esempi di alcune specie zooplanctoniche rinvenute



Copidodiaptomus



Nauplio di cyclopoide

Figura 25. Esempi di alcune specie zooplanktoniche rinvenute

Nel campionamento di marzo è risultata abbondante *Bosmina longirostris*, forma plantonica di piccole dimensioni, cosmopolita ampiamente diffusa. Predilige stagni e laghi eutrofi e vive in genere nell'epilimnio. È una specie euriterma il cui optimum di temperatura è 8-18 °C. A marzo risultano comuni *Daphnia pulex* e *Keratella quadrata*, specie stagnicole, che si trovano anche nei laghi. In entrambi i campionamenti è risultata comune *Eubosmina longispina*, che normalmente predilige grandi laghi oligotrofi o debolmente eutrofi, ma si trova anche in stagni o in rami morti dei fiumi e *Daphnia longispina*, specie ampiamente diffusa.

7 FAUNA ITTICA

Apposite indagini con la tecnica dell'elettropesca sono state eseguite anche per la caratterizzazione dell'ittiofauna. Nella tabella seguente si riportano i dati relativi alla composizione della comunità ittica presente. Per ogni specie viene riportata:

- l'abbondanza, indicata da un numero da 1 a 4, dove 1 significa che sono stati osservati pochi esemplari e 4 indica invece un'abbondanza molto elevata;
- la struttura di popolazione, indicata da una lettera, dove “a” indica la presenza di una popolazione strutturata, “b” una netta prevalenza di individui adulti e “c” una netta prevalenza di individui giovani. Si precisa che dove sono stati osservati solo pochi esemplari (abbondanza 1) non è stata assegnata alcuna struttura di popolazione, in quanto la stessa sarebbe basata su un numero limitato di individui.

Tabella 11: Comunità ittica

Nome comune	Nome scientifico	Abbondanza	Struttura
alborella	<i>Alburnus arborella</i>	2	a
anguilla	<i>Anguilla anguilla</i>	1	-
carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	3	a
carassio	<i>Carassius carassius</i>	2	a
persico sole	<i>Lepomis gibbosus</i>	1	-
persico trota	<i>Micropterus salmoides</i>	2	a
scardola	<i>Scardinius herzbergii</i>	1	-
siluro	<i>Silurus glanis</i>	3	a
tinca	<i>Tinca tinca</i>	1	-
triotto	<i>Leucos aula</i>	3	a

Le specie risultate più abbondanti sono carpa, siluro e triotto. Sul Siluro, specie alloctona invasiva che ha un forte impatto predatorio sulle altre specie ittiche ed acqua sugli uccelli acquatici sono in atto campagne di contenimento per limitarne gli effetti.

Relativamente alla Carpa, specie parautoctona, la presenza di grandi quantità di questa specie contribuisce, per le sue modalità di ricerca del cibo, ad aumentare il materiale in sospensione nell'acqua, favorendo un incremento dei nutrienti e conseguentemente degli effetti dell'eutrofizzazione.

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- APAT-IRSA/CNR, 2003.** Metodologie analitiche per il controllo della qualità delle acque. *Manuali e linee guida - 29/2003.*
- APAT, 2007.** <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/metodi-biologici-acque/metodi-corsi-acqua.pdf>.
- Braioni, M.G. & D. Gelmini. 1983.** *Rotiferi Monogononti (Rotaria: Monogononta).* Guida per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 23. CNR AQ/1/200: 180 pp.
- ISPRA, 2014.** Metodi biologici per le acque superficiali interne. Manuali e linee guida 111/2014.
- Leszek, A., Blędzki, J. and Rybak, J., 2016.** Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe. Springer, Berlin, 1-923
- Stella E, 1982.** *Calanoidi (Crustacea, Copepoda, Calanoida)* Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 14. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/140,67 pp.
- Utermöhl, H. (1958).** *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9: 1-38*
- Witty L. M., 2004.** *Practical guide to identifying freshwater crustacean zooplankton.* Cooperative Freshwater Ecology Unit, 2004.