



ATTI
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI

MEMORIE • SERIE A • VOLUME CXXXI • ANNO 2024



Edizioni ETS

ATTI DELLA SOCIETÀ TOSCANA DI SCIENZE NATURALI

MEMORIE

Via Santa Maria, 53 - 56126 Pisa

Rivista di proprietà della Società Toscana di Scienze Naturali. Fondata nel 1875, la rivista pubblica Memorie e Note originali, recensioni, corrispondenze e notiziari nel campo delle Scienze Naturali. È inviata ai soci e depositata in biblioteche corrispondenti. Tutti i contenuti dei volumi a stampa (articoli originali, comunicazioni brevi, notizie e recensioni) è liberamente disponibile in rete, in conformità all'Open Access, sulle pagine <http://www.stsn.it/en/memorie-serie-a.html> (Serie A) e <http://www.stsn.it/en/memorie-serie-b.html> (Serie B). *Journal owned by Società Toscana di Scienze Naturali. Founded in 1875, the journal publishes original papers, short communications, news and book reviews on Natural Sciences. The Journal is sent to Società Toscana di Scienze Naturali members and deposited in selected libraries. All content of the printed version (original papers, short communications, news and book reviews) is freely available online in accordance with the Open Access at <http://www.stsn.it/en/memorie-serie-a.html> (Serie A) and <http://www.stsn.it/en/memorie-serie-b.html> (Serie B).*

Gli Atti sono pubblicati in due volumi (Serie A - Abiologica, ISSN 0365-7655; Serie B - Biologica, ISSN 0365-7450) all'anno nel mese di dicembre. Possono essere pubblicati ulteriori volumi, definiti Supplementi, su temi specifici.

Atti are published yearly in two Issues (Serie A - Abiological, ISSN 0365-7655; Serie B - Biological, ISSN 0365-7450) in December. Some monographic volumes may be published as Supplementi.

Le lingue usate dalla rivista sono l'inglese o l'italiano // *The languages of the journal are English or Italian.*

Comitato scientifico (*Editorial Board*)

Serie A: G. Bianucci (Pisa, Italia), R. Blanco Chao, (Santiago de Compostela, Spagna), L. Disperati (Siena, Italia), W. Finsinger, (Montpellier, Francia), C. Montomoli (Torino, Italia), A. Oros Sršen (Zagabria, Croazia), E. Pandeli (Firenze, Italia), S. Richiano (Puerto Madrin, Argentina), E. Starnini (Pisa, Italia).

Serie B: A. Aguilera (Valencia, Spain), N.E. Baldaccini (Pisa, Italy), E. Biondi (Ancona, Italy), B. Foggi (Firenze, Italy), E. Palagi (Pisa, Italy), G. Paradis (Ajaccio, France), L. Peruzzi (Pisa, Italy), M. Zuffi (Pisa, Italy).

Direttore scientifico (*Editor in Chief*): Paolo Roberto Federici

Comitato di redazione (*Editorial Office*)

Serie A: A. Chelli (*Segretario agli Atti / Editor*)

Serie B: G. Bedini (*Segretario agli Atti / Editor*), G. Astuti, A. Carta, M. D'Antraccoli, L. Peruzzi, F. Roma-Marzio

La corrispondenza deve essere inviata ai Segretari agli Atti (per la Serie A: A. Chelli, Dipartimento di Chimica, Scienze della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze, 157/A - 43124 Parma, email: alessandro.chelli@unipr.it; per la Serie B: G. Bedini, Dipartimento di Biologia, via Derna, 1 - 56126 Pisa, e-mail: gianni.bedini@unipi.it).

The correspondence must be sent to Editors (for Serie A: A. Chelli, Dipartimento di Chimica, Scienze della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Parco Area delle Scienze, 157/A - 43124 Parma, email: alessandro.chelli@unipr.it; for Serie B: G. Bedini, Dipartimento di Biologia, via Derna, 1 - 56126 Pisa, e-mail: gianni.bedini@unipi.it).

Per ulteriori informazioni / *For further information:* <http://www.stsn.it/>

Per informazioni editoriali / *For editorial information:* Edizioni ETS - <https://www.edizioniets.com/>

SOCIETÀ TOSCANA DI SCIENZE NATURALI

Fondata nel (*founded in*) 1874

Via Santa Maria, 53 - 56126 Pisa

Consiglio Direttivo (*Executive Committee*)
(2023-2024)

<i>Presidente</i>	P.R. Federici
<i>Vice Presidenti</i>	W. Landini, M. Pappalardo
<i>Segretario generale</i>	F. Rapetti
<i>Segretari agli Atti (Editors)</i>	A. Chelli (Serie A), G. Bedini (Serie B)
<i>Bibliotecario</i>	M. Zuffi
<i>Economo-Cassiere</i>	R. Narducci

Autorizzazione n. 17/56 del 26 luglio 1956, Trib. di Pisa

Direttore responsabile (Editor in Chief): Paolo Roberto Federici

© Copyright 2023-2024 by Società Toscana di Scienze Naturali.

Per tutti gli articoli pubblicati (articoli originali, comunicazioni brevi, notizie e recensioni) gli autori trasferiscono i diritti d'autore e di pubblicazione alla rivista.

For all published articles (original papers, short communications, news and book reviews) the authors transfer copyright and publishing rights to the Journal.

Tutti gli articoli pubblicati sugli Atti (articoli originali, comunicazioni brevi, notizie e recensioni) sono rilasciati con licenza CC BY 4.0. Essi possono essere condivisi e adattati, a condizione che venga dato credito adeguato, e possono essere utilizzati anche per scopi commerciali.

All published articles in Atti (original papers, short communications, news and book reviews) are released under CCL BY 4.0. They can be shared and adapted, provided that adequate credit is given, for any purpose, even commercially.

MAURIZIO NEGRI ^(1,2)

VENTI ANNI DI OSSERVAZIONI BATIMETRICHE SUL LAGO DELL'ACCESA, MASSA MARITTIMA (GROSSETO, TOSCANA)

Abstract - M. NEGRI, *Twenty years of bathymetric observations on Accesa lake, Massa Marittima (Grosseto, Tuscany, Italy)*.

In 1995/1996 and 2006, geologists and speleologists conducted bathymetric surveys and dives in Accesa lake to collect geological, geomorphological and hydrogeological information, as well as compare the data collected with those available dating back to the early years of the '900. In light of this comparison, the results of which were published in 1998 (Negri, 1998) and 2008 (Negri, 2008), in 2017 new measurements were carried out along the two alignments used in previous campaigns to have surveys carried out over at least twenty years, with approximately ten-year scanning, to identify the morphological changes that have occurred in the lake basin. This article describes what was achieved in the 2017 investigations and what was observed compared to previous investigations.

Key words - Accesa lake, bathymetry, morphology, Grosseto, Tuscany, Italy

Riassunto - M. NEGRI, *Venti anni di osservazioni batimetriche sul lago dell'Accesa, Massa Marittima (Grosseto, Toscana)*.

Nel 1995/1996 e nel 2006 furono condotte, da parte di geologi e speleologi, rilevazioni batimetriche ed immersioni nel lago dell'Accesa per raccogliere informazioni di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico, nonché paragonare i dati rilevati con quelli disponibili risalenti ai primi anni del '900. Alla luce di tale confronto, i cui risultati sono stati pubblicati nel 1998 (Negri, 1998) e nel 2008 (Negri, 2008), nel 2017 sono state eseguite nuove misurazioni lungo i due allineamenti utilizzati nelle precedenti campagne per avere rilievi svolti nell'arco di almeno venti anni, con scansione approssimativamente decennale, per individuare le variazioni morfologiche avvenute nel bacino lacustre. Il presente articolo descrive quanto realizzato nelle indagini del 2017 e ciò che è stato osservato rispetto alle precedenti investigazioni.

Parole chiave - lago dell'Accesa, batimetria, morfologia, Grosseto, Toscana

INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

E GEOLOGICO

Nel 1995 furono eseguite dall'Unione Speleologica Pratese (U.S.P.), gruppo speleologico della sezione di Prato del Club Alpino Italiano (C.A.I.), delle misurazioni batimetriche attraverso il bacino principale del lago dell'Accesa (Negri, 1998) secondo due profili che in parte riprendevano rilievi precedenti effettuati

nel 1919 e riportati in uno scritto di Merciai del 1932 (Merciai, 1932), nel quale era pubblicata anche una carta batimetrica. L'anno successivo furono condotte misurazioni esclusivamente nel bacino secondario detto "l'Inferno"). Nel 1995 fu previsto di ripetere le misurazioni a distanza di dieci anni per verificare le variazioni morfologiche e di profondità. Nel febbraio 2006 furono eseguiti nuovi rilievi batimetrici, ripetuti nel 2017. Si dispone di tre serie di rilevamenti batimetrici "moderni" da confrontare con quelli del 1919 pubblicati da Merciai nel 1932. Le misurazioni del 2017 sono state effettuate da soci del Gruppo Speleologico Massa Marittima.

Il lago dell'Accesa è un bacino lacustre formatosi all'interno di una depressione di origine carsica situato nel Comune di Massa Marittima (GR), presso la località "la Pesta" (Fig. 1). Idrograficamente fa parte del bacino del corso d'acqua Bruna, suo unico emissario, che sfocia in mare a Castiglione della Pescaia (GR). La superficie del lago è di circa 0,14 km², il perimetro è di circa 1,6 km (misurazioni su immagine satellitare Google Earth) e la quota alla quale si trova è 158,1 m s.l.m. (Regione Toscana, C.T.R. alla scala 1/10.000, sezione 318030). L'area è descrivibile come un ambiente vallivo circondato da colline con quote sommitali comprese fra i 200 ed i 300 m s.l.m. circa.

La depressione lacustre mostra in affioramento depositi di palude con una consistente componente organica dovuta all'alterazione delle essenze vegetali abbondantemente presenti sulle sponde (Rizzotto, 1981; Magny *et al.*, 2007). Intorno al lago si trovano depositi alluvionali che mostrano una tendenza all'aumento delle dimensioni granulometriche allontanandosi dalla linea di costa.

Le colline circostanti, con una descrizione speditiva, sono costituite da formazioni appartenenti alla Serie Ligure a sud e da formazioni appartenenti alla Serie Toscana a nord. Le formazioni di tipo toscano sono carsificabili e nelle vicinanze del lago dell'Accesa sono conosciute grotte (grotta dell'Infernuccio presso l'Infernuccio-poggio Lecceta, grotta del Pesce presso Soda Cavalli) sviluppatasi nel Calcare Cavernoso, una

⁽¹⁾ TAGES Geologia Ambiente e Territorio, via Guido Mammoli 39/a, 50013 Campi Bisenzio (FI), tel./ fax 055 8960097, www.tages.tuscany.it

⁽²⁾ Gruppo Speleologico Massa Marittima, web: www.gsmmspeleo.it
Corresponding author: Maurizio Negri (m.negri@tages.tuscany.it)

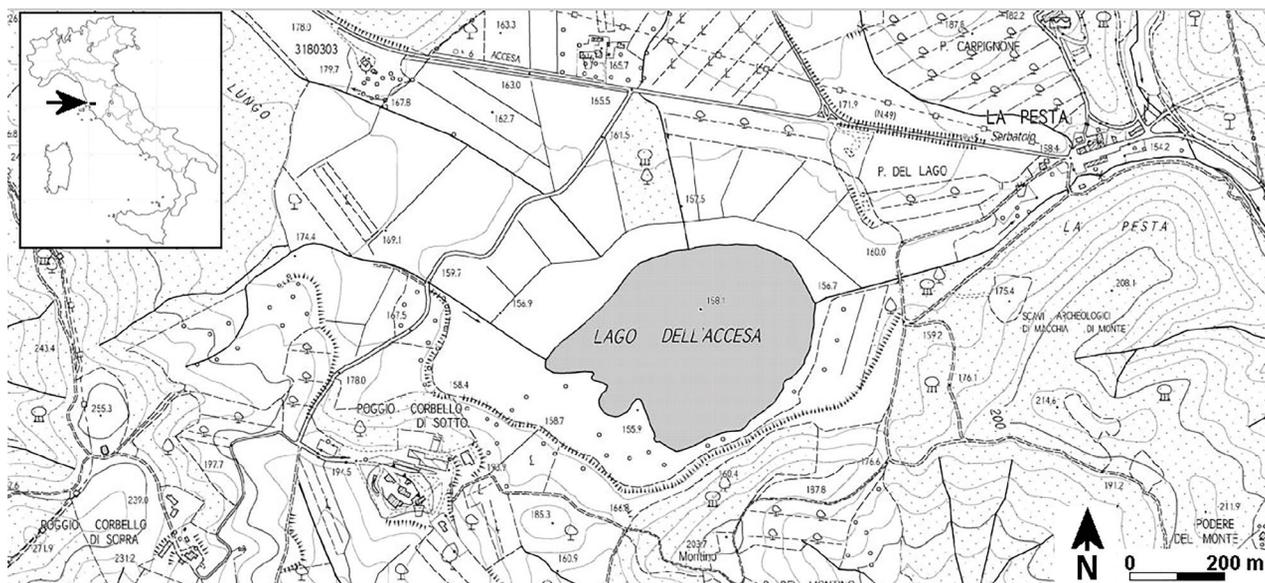


Figura 1. Stralcio cartografico da Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) del lago dell'Accesa ed aree adiacenti (da pagine web S.I.P.T.-Cartoteca della Regione Toscana, modificata).

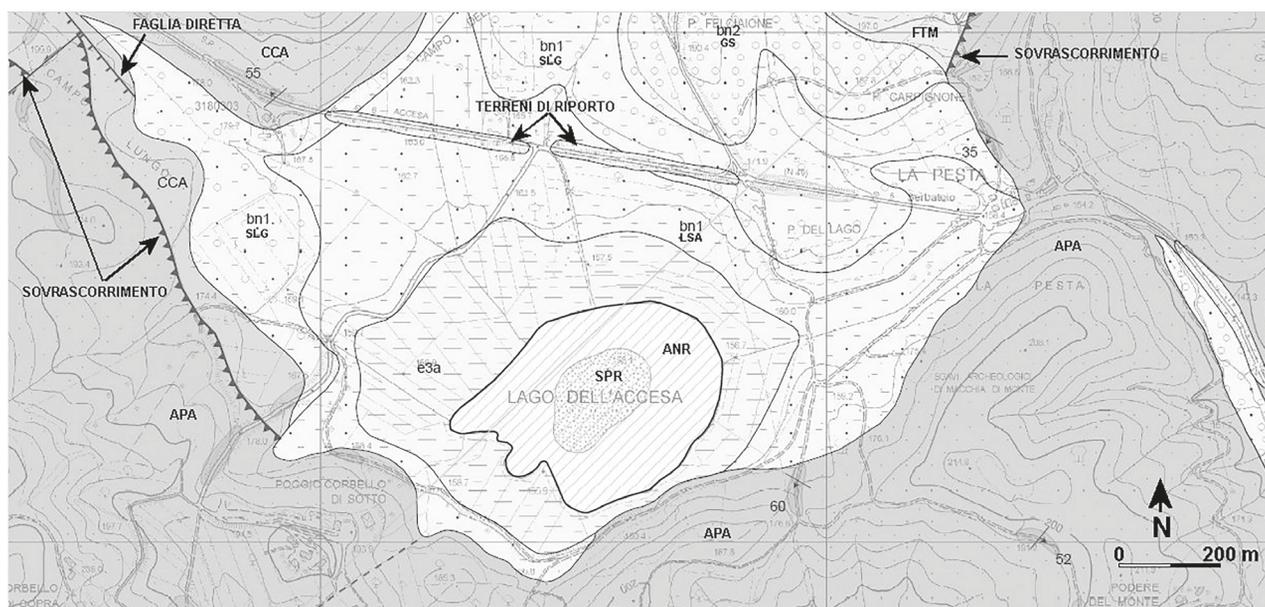


Figura 2. Stralcio cartografico geologico del lago dell'Accesa ed aree adiacenti (dalla sezione 318030 della Carta Geologica della Regione Toscana, modificata). Legenda: ANR-area non rilevabile (lago); SPR-sprofondamento; e3a-depositi palustri (Olocene); bn1 LSA-depositi alluvionali terrazzati a limi, sabbie e argille (Pleistocene sup.-Olocene); bn1 SLG-depositi alluvionali terrazzati a sabbie, limi e ghiaie (Pleistocene sup.-Olocene); bn2 GS-depositi alluvionali terrazzati a ghiaie e sabbie (Pleistocene sup.-Olocene); APA-Argille a Palombini (Dominio Ligure interno-Cretaceo inf.); CCA-Calcare Cavernoso (Dominio Toscano-Trias sup.); FTM-Filladi e quarziti del torrente Mersino-Filladi (Oligocene?).

delle formazioni di base della Serie Toscana, del Triasico superiore (Fig. 2).

Le indagini subacquee condotte nel bacino lacustre (Negri, 2008), hanno individuato il Calcare Cavernoso come substrato lapideo sul quale è impostato il lago dell'Accesa.

METODI

Per le misure di batimetria è stata usata la tecnica dello scandaglio manuale per uniformità di metodo con i rilievi fatti all'inizio del XX secolo (Merciai, 1932); questo sistema fu usato anche nel 1995 e nel



Figura 3. Posizionamento su un punto di misura lungo il cavo teso attraverso il lago. L'immagine riprende il momento precedente alla calata del peso verso il fondo.

2007 (Negri, 1998; Negri, 2008). Lo scandaglio manuale serviva in marineria per misurare la profondità dei fondali. Era solitamente costituito da un peso legato a una cordicella e veniva utilizzato durante le operazioni di avvicinamento alla costa per sondare la presenza di scogli o secche. Attualmente non viene praticamente più utilizzato, sostituito dal più moderno ed efficiente ecoscandaglio, che usa onde sonore per rilevare la distanza dal fondale. Nel nostro caso per la misura della profondità è stata usata una rotella metrica da 50 m con un peso di un chilogrammo appeso all'estremità ed opportunamente sagomato per evitare affondamenti nel materiale del fondale. Ad ogni calata il peso veniva recuperato fino in superficie per assicurare la misura sulla verticale esatta del punto di stazione. Per il posizionamento sui punti di misura è stato utilizzato un cavo di 450 m del diametro di tre mm teso attraverso il lago secondo le due direzioni di rilievo, segnato ogni 10 m con la misura della distanza dall'inizio del cavo, preso come "0", ed ogni 5 m con un tratto di pennarello indelebile per avere un riferimento intermedio (Fig. 3). Nella ricostruzione dei profili batimetrici è stato tenuto conto dell'allungamento del cavo, provocato dal suo tensionamento. I rilevamenti di profondità sono stati eseguiti ogni 5 m, raggiungendo così un'approssimazione migliore di quella del Merciai che riferisce di misure eseguite ogni 10 m (Merciai, 1932).

La lunghezza del profilo A-B e del profilo C-D, considerando il tensionamento del cavo, è risultata essere, rispettivamente, di 462 m e di 359 m.

Il punto "A" del profilo è al caposaldo "0", il punto "B" è al caposaldo dei 430 m (435 nel rilievo 2007), il punto "C" del profilo è al caposaldo "0", il punto "D" è al caposaldo dei 345 m. Nell'articolo scritto nel 1932 dal Merciai si riportano due valori per la profondità massima: 39 m, nel testo, e 42 m nei grafici (Merciai, 1932). Considerando il valore di 39 m si ottiene una diminuzione della profondità massima, al 1995, di 1,4 m in 76 anni. Con 42 m dichiarati nel 1919 la diminuzione di profondità è di 4,4 m, sempre in 76 anni. Nel primo caso la velocità di accumulo del sedimento è di 18,42 mm/anno mentre nel secondo di 57,9 mm/anno. L'intervallo di tempo di 10 anni è stato considerato sufficiente per rilevare un aumento minimo di circa 20 cm (considerando un innalzamento del fondo di 18,42 mm/anno). Merciai indica il numero di scandagli effettuati nel 1919 per ottenere il rilievo del fondo del lago e le dimensioni della maglia delle calate ma non riporta le tabelle originali con i dati quindi non è stato possibile avere l'approssimazione delle misure verticali (Merciai, 1932). Nel riprendere la tecnica usata nel 1919 ci siamo resi conto che l'approssimazione verticale poteva essere considerata 5 cm, pertanto i rilievi del 1995, del 2006 e del 2017 sono stati condotti approssimando le letture ai 5 cm. In totale si sono ricavati due profili completi: uno (A-B) partendo dal centro del canale emissario (fosso Bruna) seguendo un azimut di 250° (nel 1995 si era scelto, invece, un punto di partenza alla destra idrografica del Bruna, a 3 metri di distanza dal punto "A" del 2006 e 2017) ed uno (C-D) partendo da un punto sulla sponda meridionale del lago (identificabile tramite le seguenti

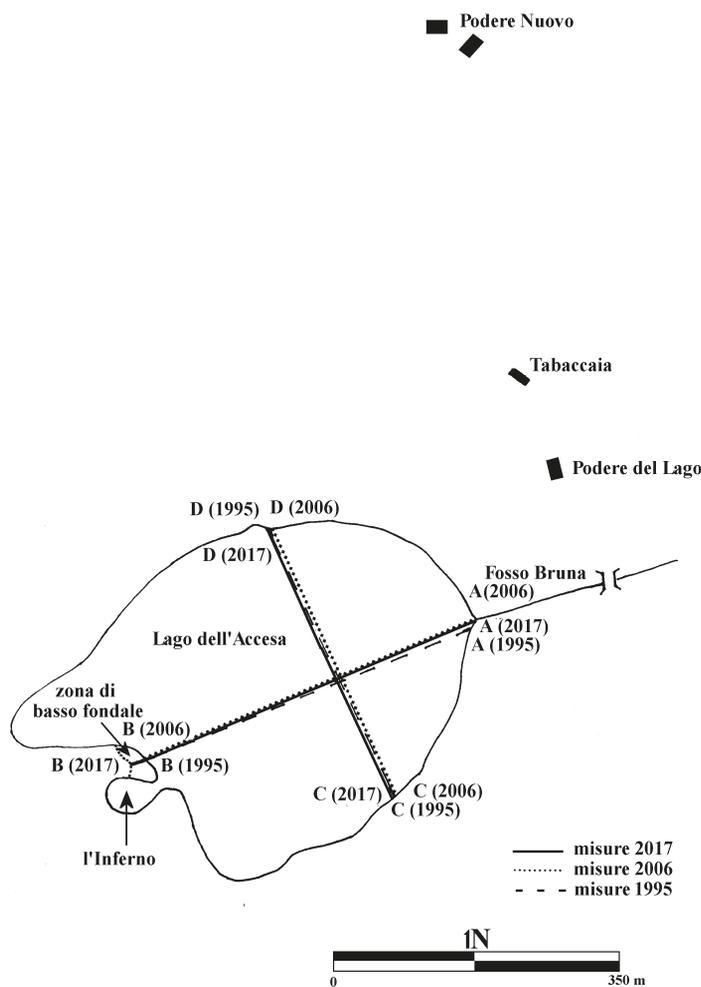


Figura 4. Posizione dei profili batimetrici eseguiti nel lago dell'Accesa nel 1995, in tratteggio, nel 2006, in puntinato e nel 2017 a tratto continuo. Il profilo C-D 1995, 2006 e 2017 è praticamente sovrapposto, anche se nel disegno è stato rappresentato separatamente per dare una maggiore leggibilità alla carta, mentre il profilo A-B 1995-2006 è sovrapponibile verso il punto B mentre i punti A 1995-2006 sono distanti circa 3 m l'uno dall'altro. Il profilo A-B 2017 ha lo stesso punto A del 2006, mentre il punto B è leggermente arretrato a causa delle variazioni di sponda avvenute.

mire: Podere Nuovo, lato sinistro, 5°; Tabaccaia, lato sinistro, 18°; Podere del Lago, lato destro, 29°) seguendo un azimut di 336°. Le posizioni e le denominazioni dei profili del Merciai non corrispondono a quelle usate per i rilevamenti descritti nel lavoro presente.

Nel 2017 i punti di partenza dei profili, ripresi nei luoghi del 2006, sono stati georeferenziati con un apparato GPS di tipo escursionistico con approssimazione di +/- 2 m. Le coordinate rilevate sono riportate nella Tab. 1 (sistema WGS84).

RISULTATI

La massima profondità rilevata lungo il profilo A-B nel lago dell'Accesa durante le tre campagne di mi-

sure (1995, 2006 e 2017) è stata 37,60 m nel 1995. Nel 2006 fu misurata una profondità massima di 37,50 m e nel 2017 di 37,45 m. In questo profilo, quindi, risulterebbe una diminuzione di profondità di 0,15 m in venti anni.

Nel profilo C-D la massima profondità rilevata durante le tre campagne di misure è stata di 37,65 m nel 2006. Nel 1995 era di 36,80 m e nel 2017 di 37,30 m. In questo profilo, quindi, risulterebbe un aumento di profondità invece che una diminuzione come ci si sarebbe aspettati, con la massima profondità rilevata nella campagna del 2007 (37,65 m) superiore sia a quella rilevata nel 1995 (36,80 m) sia a quella rilevata nel 2017 (37,30 m).

A seguire, per maggior chiarezza, si riportano in forma tabellare i dati sopra citati.

Tabella 1. Coordinate dei punti d'inizio e fine dei profili A-B e C-D.

Profilo "lungo" A-B con Azimut 250°			Profilo "corto" C-D con Azimut 336°		
Coord. A	42.988979	10.898502	Coord. C	42.987043	10.897122
Coord. B	42.987553	10.893141	Coord. D	42.990026	10.895466

Tabella 2. Rilievi delle profondità del 1995, del 2006 e del 2017 secondo la direzione 250° (profilo A-B). In neretto le massime profondità. Le misure e le profondità riportano nella prima colonna la “Distanza Caposaldo” che rappresenta la lettura di distanza effettuata direttamente sul cavo teso attraverso il lago, mentre le colonne “Distanza” riportano la misura della lunghezza reale corretta considerando l’allungamento del cavo dovuto al tensionamento.

Distanza Caposaldo	Anno 1995		Anno 2006		Anno 2017	
	Distanza	Profondità	Distanza	Profondità	Distanza	Profondità
0	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,50
5	5,37	1,10	5,31	1,10	5,37	0,85
10	10,74	1,70	10,62	2,10	10,74	1,27
15	16,12	3,30	15,93	4,40	16,12	1,90
20	21,49	7,40	21,24	8,40	21,49	4,70
25	26,86	10,90	26,55	11,80	26,86	8,70
30	32,23	14,20	31,86	15,40	32,23	12,25
35	37,60	16,80	37,17	18,20	37,60	15,10
40	42,98	19,50	42,48	20,80	42,98	17,75
45	48,35	22,00	47,79	23,20	48,35	20,75
50	53,72	24,40	53,10	25,40	53,72	22,40
55	59,09	26,00	58,41	27,00	59,09	23,85
60	64,47	28,00	63,72	29,30	64,47	26,60
65	69,84	31,40	69,03	31,15	69,84	28,80
70	75,21	32,60	74,34	33,40	75,21	31,30
75	80,58	34,00	79,66	35,30	80,58	33,20
80	85,95	35,50	84,97	36,50	85,95	35,00
85	91,33	36,30	90,28	37,00	91,33	36,25
90	96,70	36,90	95,59	37,20	96,70	36,80
95	102,07	37,00	100,90	37,25	102,07	36,90
100	107,44	37,10	106,21	37,35	107,44	37,00
105	112,81	37,20	111,52	37,40	112,81	37,10
110	118,19	37,20	116,83	37,45	118,19	37,10
115	123,56	37,40	122,14	37,45	123,56	37,10
120	128,93	37,20	127,45	37,45	128,93	37,15
125	134,30	37,10	132,76	37,50	134,30	37,15
130	139,67	37,00	138,07	37,50	139,67	36,90
135	145,05	37,30	143,38	37,40	145,05	36,95
140	150,42	37,20	148,69	37,35	150,42	37,00
145	155,79	37,60	154,00	37,30	155,79	37,00
150	161,16	37,20	159,31	37,20	161,16	37,10
155	166,53	37,30	164,62	37,20	166,53	37,15
160	171,91	37,30	169,93	37,25	171,91	37,20
165	177,28	37,30	175,24	36,70	177,28	37,20
170	182,65	37,20	180,55	37,25	182,65	37,15
175	188,02	37,20	185,86	37,40	188,02	37,15
180	193,40	37,20	191,17	37,20	193,40	37,10
185	198,77	37,20	196,48	37,20	198,77	37,10
190	204,14	37,20	201,79	37,20	204,14	37,00
195	209,51	37,20	207,10	36,65	209,51	37,45
200	214,88	36,90	212,41	37,15	214,88	36,60
205	220,26	36,90	217,72	37,10	220,26	36,70
210	225,63	37,10	223,03	36,65	225,63	36,85
215	231,00	37,10	228,34	36,50	231,00	36,30
220	236,37	36,70	233,66	36,85	236,37	36,75
225	241,74	36,70	238,97	36,70	241,74	36,70
230	247,12	36,20	244,28	36,20	247,12	36,30
235	252,49	36,20	249,59	36,30	252,49	36,20
240	257,86	36,10	254,90	36,30	257,86	36,20
245	263,23	36,10	260,21	36,35	263,23	36,20
250	268,60	36,20	265,52	36,40	268,60	36,10
255	273,98	36,20	270,83	36,20	273,98	36,00
260	279,35	36,00	276,14	36,10	279,35	35,90
265	284,72	36,00	281,45	36,10	284,72	35,75
270	290,09	35,50	286,76	35,80	290,09	35,30
275	295,47	35,50	292,07	35,55	295,47	34,70
280	300,84	34,30	297,38	35,05	300,84	34,10
285	306,21	33,70	302,69	34,30	306,21	33,40
290	311,58	33,00	308,00	33,70	311,58	32,65
295	316,95	32,20	313,31	33,10	316,95	31,80
300	322,33	31,50	318,62	32,30	322,33	31,10
305	327,70	30,70	323,93	31,70	327,70	30,20
310	333,07	30,00	329,24	31,00	333,07	29,40
315	338,44	29,20	334,55	30,20	338,44	28,65
320	343,81	28,20	339,86	29,15	343,81	27,60
325	349,19	27,70	345,17	28,80	349,19	26,60
330	354,56	26,20	350,48	27,40	354,56	25,65
335	359,93	25,70	355,79	26,55	359,93	24,80
340	365,30	24,30	361,10	25,90	365,30	23,60
345	370,67	23,50	366,41	24,95	370,67	22,55
350	376,05	22,10	371,72	23,75	376,05	21,25
355	381,42	21,00	377,03	22,65	381,42	19,65
360	386,79	19,30	382,34	21,80	386,79	17,40
365	392,16	17,50	387,66	19,95	392,16	14,10
370	397,53	14,60	392,97	18,15	397,53	11,60
375	402,91	11,70	398,28	14,60	402,91	8,70
380	408,28	8,70	403,59	11,40	408,28	5,75
385	413,65	6,20	408,90	8,90	413,65	3,15
390	419,02	3,90	414,21	6,70	419,02	1,40
395	424,40	1,70	419,52	3,80	424,40	1,00
400	429,77	1,10	424,83	2,80	429,77	0,90
405	435,14	0,90	430,14	1,60	435,14	0,65
410	440,51	0,60	435,45	1,60	440,51	0,70
415	445,88	0,50	440,76	1,60	445,88	0,60
420	451,26	0,50	446,07	1,60	451,26	0,45
425	456,63	0,30	451,38	1,60	456,63	0,25
430	462,00	0,00	456,69	1,60	462,00	0,00
435	0,00	0,00	462,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 3. Rilievi delle profondità del 1995, del 2006 e del 2017 secondo la direzione 336° (profilo C-D). In neretto le massime profondità.

Distanza Caposaldo	Anno 1995		Anno 2006		Anno 2017	
	Distanza	Profondità	Distanza	Profondità	Distanza	Profondità
0	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,50
5	5,20	1,30	5,28	2,10	5,28	2,00
10	10,41	5,60	10,56	7,80	10,56	6,80
15	15,61	10,70	15,84	11,70	15,84	11,20
20	20,81	13,90	21,12	14,75	21,12	14,35
25	26,01	16,80	26,40	17,55	26,40	17,00
30	31,22	18,40	31,68	19,90	31,68	19,30
35	36,42	20,00	36,96	21,70	36,96	21,30
40	41,62	21,90	42,24	23,30	42,24	22,85
45	46,83	23,10	47,51	24,55	47,51	24,10
50	52,03	24,40	52,79	28,05	52,79	25,70
55	57,23	25,80	58,07	27,50	58,07	27,40
60	62,43	27,40	63,35	28,90	63,35	28,80
65	67,64	28,70	68,63	30,30	68,63	30,00
70	72,84	30,00	73,91	31,45	73,91	31,10
75	78,04	31,80	79,19	32,90	79,19	32,60
80	83,25	32,90	84,47	34,40	84,47	34,30
85	88,45	34,50	89,75	35,80	89,75	35,50
90	93,65	35,50	95,03	36,55	95,03	36,00
95	98,86	36,00	100,31	37,00	100,31	36,65
100	104,06	36,30	105,59	37,30	105,59	36,85
105	109,26	36,40	110,87	37,30	110,87	36,95
110	114,46	36,50	116,15	37,35	116,15	37,00
115	119,67	36,40	121,43	37,20	121,43	36,90
120	124,87	36,50	126,71	37,40	126,71	37,20
125	130,07	36,60	131,99	37,55	131,99	37,20
130	135,28	36,70	137,26	37,60	137,26	37,25
135	140,48	36,70	142,54	37,60	142,54	37,25
140	145,68	36,70	147,82	37,65	147,82	37,30
145	150,88	36,80	153,10	37,60	153,10	37,30
150	156,09	36,70	158,38	37,60	158,38	37,25
155	161,29	36,60	163,66	37,45	163,66	37,15
160	166,49	35,50	168,94	37,30	168,94	35,95
165	171,70	36,40	174,22	37,30	174,22	36,95
170	176,90	36,40	179,50	37,30	179,50	36,95
175	182,10	36,40	184,78	37,25	184,78	36,90
180	187,30	36,30	190,06	37,15	190,06	36,80
185	192,51	36,20	195,34	36,30	195,34	36,10
190	197,71	35,30	200,62	36,45	200,62	36,05
195	202,91	35,60	205,90	36,50	205,90	36,15
200	208,12	35,40	211,18	36,25	211,18	36,00
205	213,32	35,20	216,46	36,05	216,46	35,80
210	218,52	35,10	221,74	35,75	221,74	35,50
215	223,72	34,70	227,01	35,05	227,01	34,90
220	228,93	34,00	232,29	34,30	232,29	34,20
225	234,13	33,20	237,57	33,45	237,57	33,30
230	239,33	32,40	242,85	32,65	242,85	32,45
235	244,54	31,50	248,13	31,75	248,13	31,45
240	249,74	30,80	253,41	30,80	253,41	30,55
245	254,94	29,80	258,69	29,80	258,69	29,65
250	260,14	28,90	263,97	28,95	263,97	28,60
255	265,35	28,00	269,25	27,90	269,25	27,80
260	270,55	27,10	274,53	27,05	274,53	26,85
265	275,75	26,20	279,81	26,00	279,81	25,95
270	280,96	25,30	285,09	25,10	285,09	25,00
275	286,16	24,40	290,37	24,35	290,37	24,15
280	291,36	23,50	295,65	23,30	295,65	23,15
285	296,57	22,70	300,93	22,50	300,93	22,25
290	301,77	21,70	306,21	21,75	306,21	21,40
295	306,97	20,80	311,49	20,70	311,49	20,40
300	312,17	19,80	316,76	19,90	316,76	19,50
305	317,38	19,00	322,04	19,00	322,04	18,50
310	322,58	18,20	327,32	17,60	327,32	17,25
315	327,78	16,90	332,60	15,40	332,60	15,35
320	332,99	14,60	337,88	13,65	337,88	13,15
325	338,19	12,00	343,16	10,30	343,16	10,20
330	343,39	9,30	348,44	7,60	348,44	7,15
335	348,59	6,50	353,72	3,00	353,72	3,30
340	353,80	2,20	359,00	0,00	359,00	0,10
345	359,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4. Profondità, in m ed evidenziate in neretto le massime, rilevate lungo i due profili A-B e C-D durante le tre campagne di misurazioni.

	1995	2006	2017
Profilo A-B	37,60	37,50	37,45
Profilo C-D	36,80	37,65	37,30

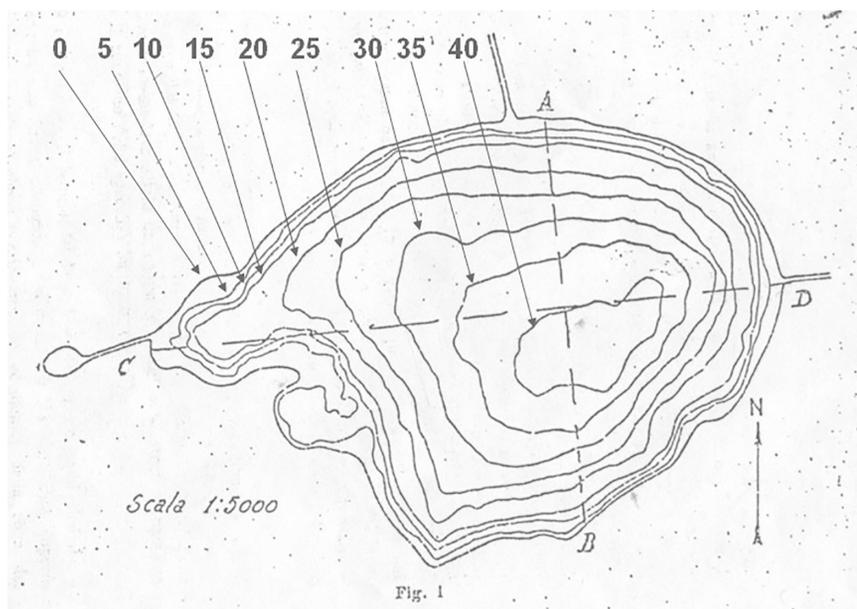


Figura 5. Carta batimetrica del lago dell'Accesa (modificata), tratta dal lavoro di Merciai del 1932 con la posizione dei profili batimetrici eseguiti nel 1919 (A-B e C-D) e le isobate. I numeri in alto a sinistra sono stati aggiunti dallo scrivente per indicare le profondità. Si noti, nella sponda occidentale, il piccolo bacino ad ovest del punto "C" che attualmente non è come rappresentato sopra.

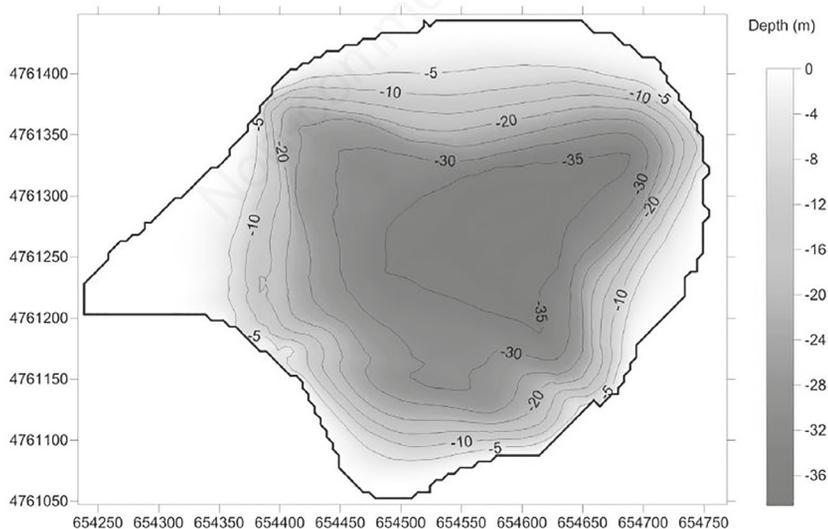


Figura 6. Carta batimetrica del lago dell'Accesa tratta dal lavoro di Tassi *et al.* del 2014. L'isobata di maggior profondità è quella dei 35 m. Nell'articolo viene indicata una profondità massima di 38,5 m.

Si noti che nell'arco di venti anni la massima profondità del lago lungo le due sezioni di misura ha subito una variazione di 0,20 m e che nel profilo più lungo (A-B) si è rilevata la tendenza costante alla diminuzione di profondità, condizione non verificatasi in quello più corto (C-D). Per confronto nelle Figg. 5 e 6 si riportano le carte batimetriche contenute nei lavori di Merciai (1932) e di Tassi *et al.* (2014).

Come detto Merciai riferisce dell'uso di uno scandaglio manuale per le rilevazioni (Merciai, 1932), mentre Tassi e colleghi usarono un ecoscandaglio con il quale fu misurata la profondità in oltre 500 punti del lago dell'Accesa (Tassi *et al.*, 2014).

Merciai (Merciai, 1932) riporta una profondità del lago superiore a 40 m (Fig. 5), essendo disegnata l'isobata relativa a tale profondità. Tassi riporta come quella di maggior profondità l'isobata dei 35 m (Fig. 6) e dichiara una profondità massima di 38,5 m (Tassi *et al.*, 2014). Questo dato è compatibile con quello misurato nel profilo A-B nel 2017 di 37,45 m (Tab. 2). In altri lavori (Rizzotto, 1981) si indica una profondità massima di 39 m ma non si cita la fonte di tale dato o il metodo usato per ottenerlo.

Nel profilo C-D da noi rilevato sono state notate delle anomalie morfologiche fino dalla prima campagna di misure (Fig. 7). L'anomalia individuata nel 2006 al

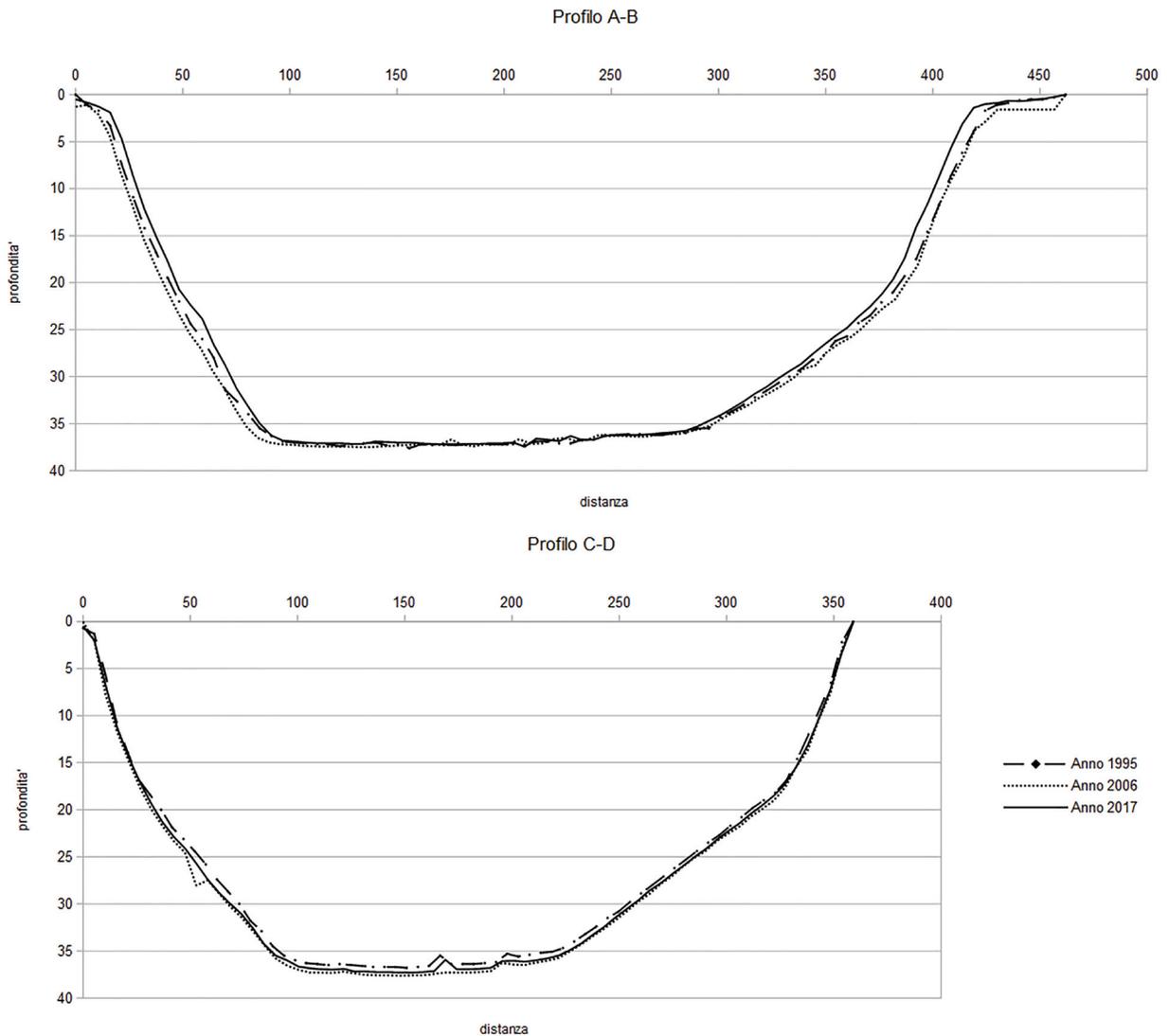


Figura 7. Profili batimetrici A-B e C-D rilevati nel 1995, 2006 e 2017 nel lago dell'Accesa, con esagerazione verticale.

caposaldo dei 55 m non è stata rilevata nel 1995 e nel 2017. Il motivo potrebbe essere dovuto alle dimensioni limitate dell'anomalia. Questo punto fu l'obiettivo di una immersione nel 2007 (Negri, 2008) durante la quale venne individuato un blocco lapideo che emergeva dal limo del fondale; i profili batimetrici precedenti e successivo a quello del 2006 potrebbero non avere intersecato il masso.

L'anomalia al caposaldo dei 160 m è stata rilevata nel 1995 e nel 2017; potrebbe trattarsi di un blocco lapideo di dimensioni limitate, come l'anomalia ai 55 m, non intersecato dal profilo del 2006. L'anomalia in prossimità del caposaldo dei 190 m è l'unica che si ritrova in tutti e tre i profili e, come ipotizzato (Negri, 2008), potrebbe avere un'origine tettonica.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I rilievi eseguiti nell'arco di venti anni nel bacino del lago dell'Accesa indicano una tendenza alla diminuzione della profondità massima. Nel profilo A-B la tendenza è confermata in tutte le tre campagne di misurazione. Nel profilo C-D si rileva invece un aumento di profondità di 0,5 m in venti anni, con picco nel 2007 quando la profondità, rispetto al 1995, aumentò addirittura di 0,85 m prima di tornare a decrescere, come rilevato nel 2017. Il motivo di tali variazioni è probabilmente da imputare a precipitazioni capaci di attivare sorgenti subacquee non perenni, individuate in alcuni settori delle sponde immerse del lago durante le immersioni, e descrivibili come piccole cavità parzialmente riempite di sedimenti fini (Negri, 2008). I depositi

sui fondali tendono ad attenuare e mascherare le piccole evidenze morfologiche con un effetto simile a quello che una coltre nevoosa produce sul terreno. Non si può escludere che anche in altre aree sommerse di questa depressione carsica non esplorate con le immersioni, si trovino sorgenti con flusso intermittente che si attivino in occasione di eventi di precipitazione intensi. Nel periodo intercorso fra le misure del 1995 e del 2007 si sono avuti nella zona eventi di questo tipo (dati dal pluviometro della stazione meteorologica di Casteani, Gavorrano-Grosseto: 68,4 mm/giorno il 31 ottobre 2002; 91,4 mm/giorno il 24 luglio 2004; 68,8 mm/giorno il 20 ottobre 2005; fonte Servizio Idrologico Regionale) in corrispondenza dei quali il flusso d'acqua in uscita dalle sorgenti potrebbe avere asportato il sedimento dai fondali di alcuni settori del lago con un aumento della profondità rispetto alle condizioni precedenti.

La presenza di sorgenti sommerse perenni nel lago dell'Accesa, nel settore denominato "l'Inferno" (si veda la Fig. 4), è stata accertata durante più immersioni svolte in stagioni diverse e documentata anche con riprese video (Negri, 2008). Le batimetrie confermano la presenza di un'anomalia nella topografia del profilo C-D presso il caposaldo dei 190 m che è stata individuata in tutte e tre le campagne di misura. Probabilmente si tratta di un'evidenza tettonica, forse una scarpata di faglia, che meriterebbe maggiori approfondimenti e potrebbe dare utili indicazioni sull'origine e sull'evoluzione del bacino. La presenza di scallops su affioramenti rocciosi presso la zona delle sorgenti nella zona del lago detta "l'Inferno" sembra confermare la possibilità che questo si sia originato come un sinkhole. Esempi di queste forme, definite anche voragini catastrofiche e che hanno spesso un'evoluzione molto veloce, si trovano sovente legate ad affioramenti di Calcare Cavernoso, formazione carsificabile individuata durante le immersioni presso le sorgenti del lago (Negri, 2008). Uno dei fenomeni di sprofondamento catastrofico più recente (29 gennaio 1999) è avvenuto a circa 21 km a sud-ovest dell'Accesa, in un contesto geologico paragonabile, nella località "gli Acquisti" o, secondo altre fonti toponomastiche, "Bottegone" (Braccagni-GR) (Caramanna *et al.*, 2004). La disponibilità di dati batimetrici solo lungo due profili, A-B e C-D, rilevati durante le campagne di misure 1995, 2007 e 2017, permette un confronto parziale con i lavori nei quali sono state ricostruite le isobate dei fondali dell'Accesa (Merciai, 1932; Tassi *et al.*, 2014), sufficiente però a verificare che le ipotesi formulate riguardo la diminuzione di profondità del lago rispetto alle misure del 1919 (Merciai, 1932) sono sostanzialmente corrette e le profondità rilevate con il metodo dello scandaglio manuale sono compatibili con quelle ottenute con tecniche ecosonar (Tassi *et al.*, 2014). Si ritiene non sia possibile una verifica di precisione fra i profili A-B e C-D misurati (approssimazione verticale stimata di 5 cm) e i profili ricostruiti lungo le

stesse direzioni grazie alle isobate rappresentate da Tassi (Tassi, 2014) poiché l'equidistanza fra quest'ultime è di 5 m, come si vede nella Fig. 6, rendendo poco significativo il confronto delle profondità viste le differenze di precisione fra le rappresentazioni grafiche, unica possibilità di paragone non avendo a disposizione i dati batimetrici ottenuti con l'ecoscandaglio da Tassi e colleghi. Una futura ed auspicabile collaborazione fra gruppi di lavoro potrebbe portare a nuove conoscenze sul lago dell'Accesa, nell'ottica di tutelare e valorizzare un'emergenza naturalistica peculiare.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale di Massa Marittima ed in particolare la Dottoressa Roberta Pieraccioli (responsabile) e la Dottoressa Giovanna Santinucci del Settore Politiche Culturali, Musei, Archivi, Biblioteca. Un ringraziamento al Gruppo Speleologico Massa Marittima e in particolare a Cinzia, Marco e Luciano, presenti a tutte le campagne di misura.

Il rilevamento batimetrico del 2017 è stato eseguito da: Marco Agati, Maurizio Negri, Giacomo Vinciguerra, Federico Montomoli, Giada Montomoli e Alessandra Atzeni. Marco Agati ha anche elaborato i dati di campagna apportando le correzioni di lunghezza dovute al tensionamento del cavo.

DICHIARAZIONE DI CONFLITTO DI INTERESSE

L'Autore dichiara di non avere né un conflitto di interessi né conosciuti interessi economici o relazioni personali che potrebbero aver influenzato il lavoro riportato in questo articolo.

BIBLIOGRAFIA

- CARAMANNA G., NISIO S., VITA L., 2004. *I fenomeni di annegamento dei sinkholes: studi preliminari su alcuni laghetti di origine incerta*. In: Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. Atti del 1° Seminario (Roma, 20-21 maggio 2004), APAT, 229-248.
- MAGNY M., DE BAULIEU J.L., DRESCHER-SCHNEIDER R., VANNIERE B., WALTER-SIMONNET A.V., MIRAS Y., MILLET L., BOUSSET G., PEIRON O., BRUGIAPAGLIA E., LEROUX A., 2007. *Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy)*. Quaternary Science Reviews 26: 1736-1758.
- MERCIAI G., 1932. *Il lago dell'Accesa presso Massa Marittima*. Industrie grafiche V. Lischi e Figli, Pisa.
- NEGRI M., 1998. *Contributo alla conoscenza del lago dell'Accesa, Massa Marittima (Grosseto)*. Atti del Museo di Storia Naturale della Maremma 17: 129-139.
- NEGRI M., 2008. *Nuove osservazioni geomorfologiche sul lago dell'Accesa, Massa Marittima (Grosseto)*. Atti del Museo di Storia Naturale della Maremma 22: 105-118.
- REGIONE TOSCANA, *Carta Geologica Regionale sezione 318030*, alla scala 1/10.000, ed. 20 luglio 2009, raggiungibile dal sito del portale Geoscopio della Regione Toscana <https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

REGIONE TOSCANA, *Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) sezione 318030*, alla scala 1/10.000, volo 30 settembre 1994, raggiungibile dal sito del portale Geoscopio della Regione Toscana <https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

Regione Toscana, *Data Base Geologico Regionale*, raggiungibile dal sito del portale Geoscopio della Regione Toscana <https://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

RIZZOTTO M., 1981. *Il lago dell'Accesa (Grosseto) note floristiche e vegetazionali*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B 88: 311-323.

SERVIZIO IDROLOGICO REGIONALE, *Dati/archivio storico*, raggiungibile dal sito <https://www.sir.toscana.it>.

TASSI F., BIOCCHI G., CABASSI J., CAPECCHIACCI F., VASELLI O., CAPEZZUOLI E., BROGI A., 2014. *Hidrogenochemical processes controlling water and dissolved gas chemistry as the Accesa sinkhole (southern Tuscany, central Italy)*. Journal of Limnology 73 (3): 523-535.

(ms. pres. 24 febbraio 2024; ult. bozze 12 giugno 2024)