

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

PROGETTO INTERREG PARCHI VERBANO TICINO

**SISTEMA LAGO (ambiente di monte): indicatori biologici quali  
 descrittori degli effetti sugli ecosistemi ripari e littorali.  
 Contestualizzazione, problematica e indicatori**

in relazione ai lavori dei:

WP3 (WP3.2 e WP3.3): Valutazione degli effetti delle variazioni dei livelli attraverso indicatori disponibili

WP4 (WP4.1, WP4.2, WP4.3, WP4.4, WP4.5): Valutazione degli effetti delle variazioni dei livelli sul sistema lago attraverso nuovi indicatori

v. 21 Giugno 2023

Nota sulle quote altimetriche

**HITA = HCH + 0.35(2) (m)**

0 m HSC a Sesto Calende = 192.65 m (CH)

	zero idrometrico Sesto Calende HSC	limite inferiore fascia di regolazione (-0.5 m HSC)	limite superiore fascia di regolazione mar-ott (+ 1 m HSC)	limite superiore fascia di regolazione nov-mar (+ 1.5 m HSC)
CH	192.65	192.15	193.65	194.15
I	193.00	192.50	194.00	194.50

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Sommario**

1. Contestualizzazione .....	5
1.1 Inquadramento geografico e climatico .....	5
1.2. Storia geomorfologica .....	6
1.3. Caratteristiche limnologiche .....	11
1.3.1 Regime idrologico degli immissari .....	11
1.3.2 Regime idrologico del Lago Maggiore .....	13
1.3.2.1 La regimazione naturale del lago .....	13
1.3.2.2 Gestione dei livelli del lago .....	15
1.3.2.3 Aspetti idrodinamici .....	15
1.4. Aspetti biologici.....	17
1.4.1 Sistema acquatico .....	17
1.4.2 Sistemi ripari e fluvio-deltizi .....	21
1.4.2.1 Origine geomorfologica .....	21
1.4.2.2 Sistemi fluvio-deltizi .....	21
1.4.2.3 Sistemi ripari.....	23
1.4.2.4 Sistemi effimeri .....	25
1.5. Cambiamenti in atto e conservazione.....	27
1.5.1 Cambiamenti climatici .....	27
1.5.2 Modifica dell'accordo I/CH di regolazione dei livelli .....	27
1.6. Referenze bibliografiche .....	29
2. Problematica.....	31
2.1 Prima e dopo la diga, scenari futuri .....	31
2.2 Problematiche ecologiche in atto correlabili alle quote medie del lago .....	33
2.2.1 Spostamento della fascia di zonazione verso l'entroterra .....	33
2.2.3 Regressione e cattivo stato di salute del canneto acquatico .....	37
2.2.4 Erosione al piede del canneto (Fascia di erosione) .....	41
2.2.5 Forte diminuzione o perdita degli ambienti litoranei temporaneamente emersi (Litorali).....	42
2.2.6 Mancata riproduzione dell'avifauna.....	43
2.2.7 Ambiente idoneo per la fregola e l'utilizzazione da parte del pesce litoraneo (Ciprinidi) .....	43
2.2.7 Pullulazione di zanzare .....	44
2.3 Periodi di riferimento.....	45
2.4 Per i sistemi litorali-spondali una variazione di 25-50 cm è influente o rilevabile? .....	46

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

2.5 Come distinguere la “maturazione evolutiva” (successione) delle formazioni palustri da cambiamenti indotti dalla variazione di un solo parametro (soglia di regolazione)?.....	47
2.6 Scelta degli indicatori .....	53
3.Scelta dei bioindicatori per la valutazione degli effetti dovuti alla regimazione artificiale delle medie del Lago Maggiore (fascia di regolazione).....	55
3.1 Progetto Verbano Interreg II (1999-2003) .....	55
Ricerca di indicatori per il Progetto Verbano.....	55
Indicatori scelti .....	56
Condizioni complessive dell’ecosistema.....	56
Erosione del canneto lacustre .....	56
Riproduzione dei Ciprinidi .....	57
Nidificazione dell’avifauna.....	57
Emersione dei litorali.....	57
Indicatore Zanzare .....	57
Ambiente di monte.....	57
3.2 Protocollo di sperimentazione nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore. Valutazione degli effetti sul Lago Maggiore.....	60
3.2.1 Indicatori analizzati.....	60
3.2.1.1 Caratterizzazione del Lago Maggiore: Rilievo dell’Indice di Funzionalità Perilacuale (IFP).....	60
3.2.1.2. Canneto lacustre .....	61
3.2.1.3. Habitat di interesse comunitario.....	64
3.2.1.4. Specie di interesse comunitario nei Siti di interesse comunitario oggetto di monitoraggio .....	66
3.2.1.5. Variazioni nelle comunità di specie target .....	68
3.2.1.6. Presenza/assenza di fioriture algali.....	68
3.2.1.7 Conclusioni .....	68
3.3 Progetto PARCHI VERBANO TICINO 2019-2023 .....	69
3.3.0. Applicazioni di indicatori esistenti alla fascia di regolazione “rialzo estivo” (WP3.2). Indicatori del progetto Verbano/Strada e della Sperimentazione dei livelli estivi del Lago Maggiore realizzata fra il 2016 e il 2018.....	69
3.3.1 Verifica e perfezionamento di alcuni indicatori utilizzati finora e a disposizione (WP3.3) .....	74
3.3.1.1 specie ornitiche (WP 3.3.1) .....	74
3.3.2 Ricerca di nuovi indicatori e approfondimenti per la valutazione dello scenario “rialzo estivo” (WP4).....	77

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

3.3.2.1 Habitat di interesse comunitario 3150 (habitat acquatico e vegetazione macrofitica) e 91EO (foreste palustri), approfondimento tramite rilievo e analisi dello stato rispetto allo scenario “rialto estivo” (WP4.1) .....	77
3.3.2.2 Modello tridimensionale della morfologia litorale e riparia (per le aree tutelate), quantificazione delle aree spondali di sommersione, correlazione con la vegetazione igrofila presente (WP4.2.2) .....	80
Previsione di perdita di habitat per i siti Bolle di Magadino e Foce della Maggia .....	82
Previsione per i canneti sulla sponda italiana del lago Maggiore .....	85
Riserva naturale dei canneti di Dormelletto, ZSC-ZPS IT1150004 “Canneti di Dormelletto” .....	86
Riserva naturale del Fondo Toce, ZSC-ZPS IT1140001 “Fondo Toce” .....	87
Sintesi di quantificazione della perdita di habitat .....	88
3.3.2.5 Analisi della funzionalità ecologica dell’area palustre quale sito di sosta migratoria (solo alle Bolle di Magadino) (4.4) .....	95
3.3.2.6 Analisi delle condizioni di riferimento extrabacino (situazione di confronto non regolata del lago di Mezzola) (WP4.5) .....	98
3.3.2.7 Sperimentazione e realizzazione di interventi di riqualifica ambientale (WP6)	101
3.4 Altri esperimenti/studi effettuati in parallelo utili come informazioni complementari sulla relazione livelli del lago - biocenosi .....	102
Fondazione Bolle di Magadino - 2020-2021: studio delle cenosi di ragni e carabidi delle tipologie palustri non boscate presenti nelle Bolle di Magadino e confronto con le stesse stazioni analizzate nel 1999-2000. (Rapporto definitivo non ancora pronto). L. Giollo, N. Patocchi.....	103
Fondazione Bolle di Magadino - 2021-2022: studio della produttività in biomassa della ditterofauna a larva edafica nelle tipologie palustri non boscate presenti nelle Bolle di Magadino e confronto con le stesse stazioni analizzate nel 1999-2000 / 2002-2003.(Rapporto definitivo non ancora pronto). L. Giollo, N. Patocchi.....	105

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****1. Contestualizzazione**

Caratteristiche ecosistemiche del Lago maggiore

**Un fondovalle riempito d'acqua: il Lago Maggiore**

*Nicola Patocchi e Cristian Scapozza*

Come gli altri principali laghi insubrici, il Lago Maggiore occupa una valle profondamente scavata dall'erosione fluviale prima delle grandi glaciazioni. Nato durante l'ultima deglaciazione, questo bacino lacustre molto profondo unisce diverse pianure fluvio-deltizie che sono oggi delle riserve naturali di pregio poiché racchiudono ambienti golenali e palustri di particolare integrità e diversità.

**1.1 Inquadramento geografico e climatico**

Il Lago Maggiore o Lago Verbano (dal latino *Verbanus lacus* di origine romana) è il più grande fra quelli della cosiddetta regione dei tre laghi (comprendente anche il Lago di Lugano o Ceresio e il Lago di Como o Lario) ed è il secondo lago dell'Italia sia per estensione (dopo quello di Garda) sia per profondità massima (dopo il Lario). A livello svizzero, è il quarto lago per estensione (dopo il Lemano, il Bodanico e quello di Neuchâtel) ma il primo per profondità massima. Un compendio delle principali caratteristiche geografiche del Lago Maggiore è presentato nella **Tabella 1** (si veda anche Ciampittiello, 1999).

Il suo bacino idrografico di 6'599 km<sup>2</sup> comprende buona parte delle Alpi Lepontine (bacini imbriferi dei fiumi Ticino, Brenno, Moesa, Verzasca e Maggia), la parte orientale delle Alpi Pennine (bacino imbrifero del fiume Toce) e le Prealpi Luganesi (bacino imbrifero del Lago di Lugano e del fiume Tresa), e penetra nella parte settentrionale della Pianura Padana. Lo sviluppo altitudinale del bacino idrografico è notevole e supera i 4400 m, poiché si spinge dai 193.50 m slm dell'altezza media del pelo d'acqua fino ai 4617 m slm del Grenzgißel, una vetta secondario della Punta Dufour (4634 m slm) nel massiccio del Monte Rosa.

**Tabella 1** Principali caratteristiche geografiche del Lago Maggiore.

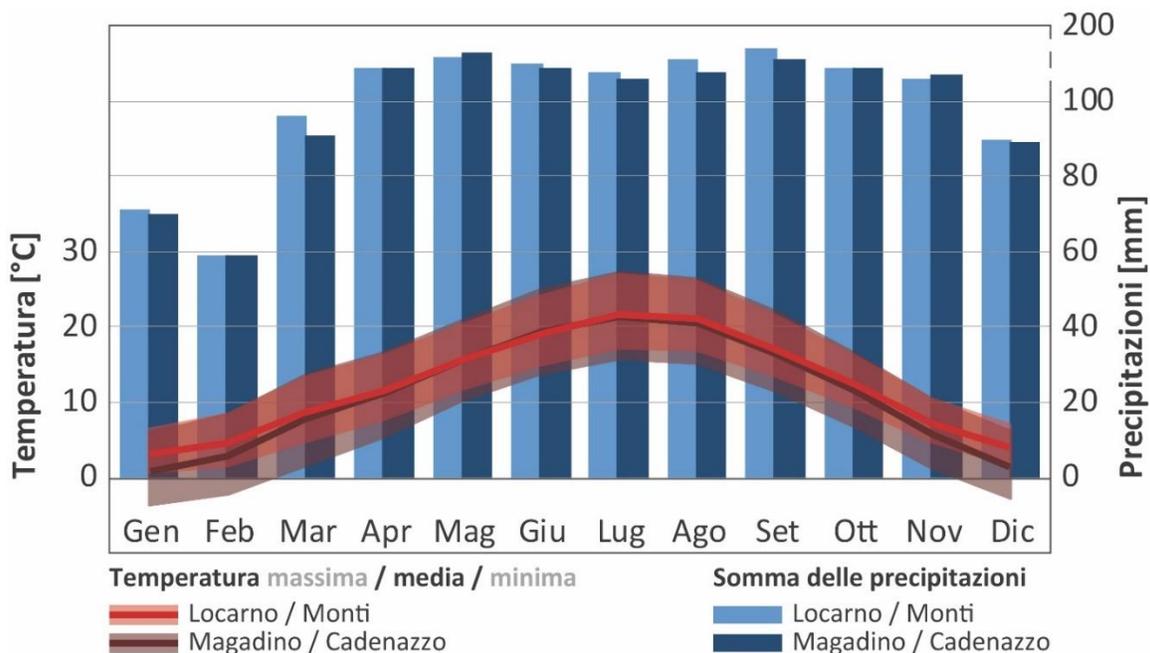
Fonte: [https://www.treccani.it/enciclopedia/lago-maggiore\\_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/lago-maggiore_(Enciclopedia-Italiana)/) (15.03.2021).

Parametro	Dimensione	Osservazioni
Superficie [km <sup>2</sup> ]	212.16	secondo O. Marinelli, 1893-1897
Altezza media del pelo d'acqua [m slm]	193.50 (+0.85)	secondo G. Fantoli, 1897
Perimetro [km]	170.02	secondo O. Marinelli, 1893-1897
Lunghezza massima [km]	64.37	da Magadino a Sesto Calende
Larghezza massima [km]	12	fra Mergozzo e Cerro
Larghezza media [km]	3.90	
Volume [10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> ]	37.10	Ufficio idrografico della R. Marina, 1891
Profondità massima [m]	372	fra Caldè e Ghiffa
Profondità media [m]	175	Ufficio idrografico della R. Marina, 1891
Numero di isole	7	Superficie complessiva 0.24 km <sup>2</sup>

Dal punto di vista climatico, per il periodo 1981–2010 le temperature medie registrate nella parte superiore del Lago Maggiore a Locarno-Monti (OTL) e Magadino-Cadenazzo (MAG) (stazioni dell'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera) sono comprese fra 11.4 e 12.4 °C, mentre la media della somma delle precipitazioni è di 1831–1897 mm/a. Le temperature mensili possono scendere di alcuni gradi sotto gli 0°C nei settori con minore

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

soleggiamento (media mensile delle temperature minime di  $-3.4^{\circ}\text{C}$  a Magadino-Cadenazzo per gennaio), anche se le temperature medie sono sempre positive. Il mese più freddo dal 1980 è stato quello di gennaio del 1985 a Magadino-Cadenazzo ( $-2.0^{\circ}\text{C}$ ), mentre il più caldo è stato il mese di luglio del 2015 a Locarno-Monti ( $25.8^{\circ}\text{C}$ ). Con una temperatura media annua di  $12.4^{\circ}\text{C}$ , una media annua delle temperature massime di  $16.7^{\circ}\text{C}$  e una media annua delle temperature minime di  $8.9^{\circ}\text{C}$ , Locarno-Monti può essere considerato il luogo più caldo della Svizzera unitamente a Lugano (Figura 1).



**Figura 1** Diagramma ombrotermico delle stazioni climatiche di Locarno / Monti (2'704'172/1'114'341; 367 m slm) e Magadino / Cadenazzo (2'715'480/1'113'161; 203 m slm). Coord. CH1903+ / LV95. Dati: Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera.

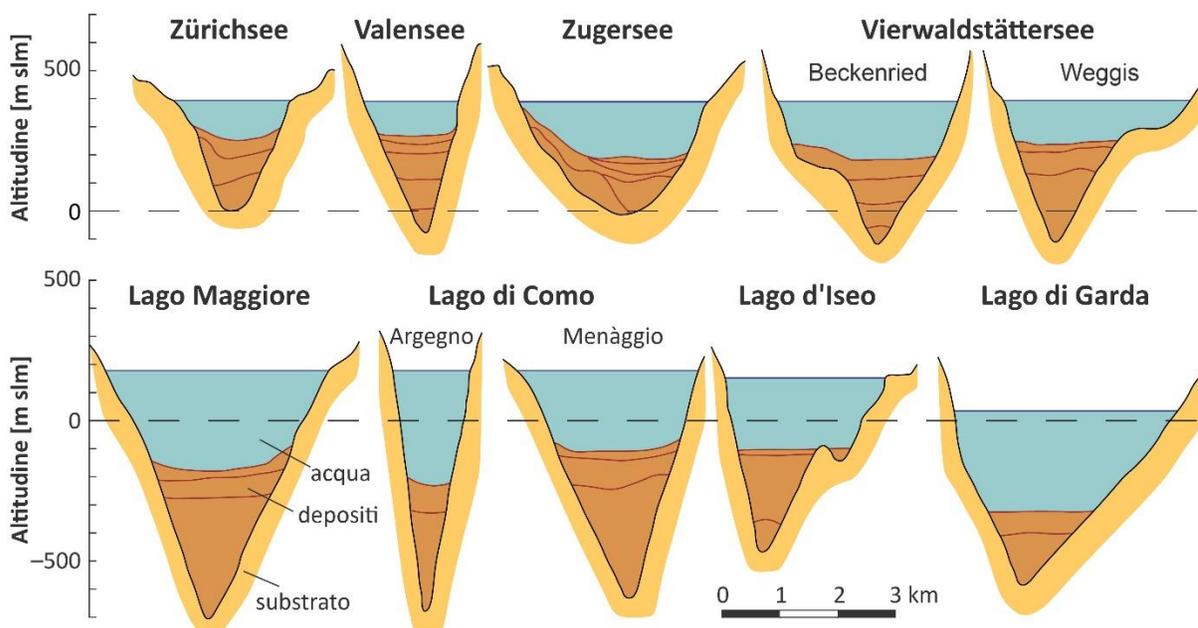
Secondo l'indice di aridità di E. De Martonne [ $I = P / (T + 10)$ ], calcolato sulla base della media della somma delle precipitazioni annue ( $P$ ) e della temperatura media annua ( $T$ ), con valori di  $I$  superiori a 80 le stazioni meteorologiche di Locarno / Monti ( $I = 84.69$ ) e Magadino / Cadenazzo ( $I = 85.56$ ) presentano un clima molto umido. Nessuno dei 12 mesi dell'anno può essere considerato secco, vale a dire con  $P < 2T$ , o a tendenza secca, vale a dire con  $2T < P < 3T$  (Bagnouls & Gaussen, 1957). Il clima del Lago Maggiore secondo la classificazione di Wladimir Köppen è quindi del tipo **Cwa**, corrispondente a un clima temperato-caldo piovoso (**C**), a stagione secca nel trimestre freddo (**w**) tipica di un clima caldo con estate umida (**Cw**) la cui temperatura media del mese più caldo supera i  $22^{\circ}\text{C}$  (**a**).

### 1.2. Storia geomorfologica

Il Lago Maggiore occupa oggi un profondo fondovalle il cui fondo roccioso è situato fino a 700 metri al di sotto del livello del mare attuale (Figura 2). Come gli altri principali laghi insubrici, si tratta quindi di una profonda incisione valliva riempita oggi di acqua, formatasi durante la fine dell'Epoca del Miocene (da 23.03 a 5.33 Ma = milioni di anni fa) e l'Epoca del Pliocene (da 5.33 a

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

2.58 Ma), vale a dire prima del Periodo Quaternario (da 2.58 Ma a oggi), che nelle Alpi è stato segnato dalle grandi glaciazioni dell'Epoca del Pleistocene (da 2.58 Ma fa a 11.70 ka = migliaia di anni prima del 2000).



**Figura 2** Profili geologici attraverso la parte più profonda di alcuni laghi del Nord (in alto) e del Sud delle Alpi (in basso). Fonte: modificato da P. G. Finckh (1978), [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(78\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0025-3227(78)90036-1)

La formazione pre-quaternaria dei profondi solchi vallivi oggi occupati dai laghi insubrici è avvenuta per erosione fluviale accresciuta in un contesto climatico sub-tropicale (Scapozza & Ambrosi, 2021). L'erosione fluviale ben al di sotto del livello odierno del mare è stata particolarmente intensa durante i ripetuti episodi di regressione marina del Mediterraneo avvenuti durante il Messiniano (da 7.25 a 5.33 Ma): questi episodi, denominati "crisi di salinità del Messiniano", furono scatenati dalla chiusura dello stretto di Gibilterra per ragioni tettoniche, e causarono l'evaporazione quasi completa del Mediterraneo, come lo provano le centinaia di metri di depositi salini ritrovati sul fondo del mare. Il conseguente abbassamento del livello dell'erosione fluviale provocò la formazione di valli e canyon oggi in parte sepolti e di superfici di erosione messiniane riconosciute dalle prospezioni geologiche e geofisiche (soprattutto grazie alla sismica a riflessione) realizzate sul Piano di Magadino, nel Mendrisiotto, sugli stessi laghi insubrici e a valle di questi nella Pianura Padana.

Se la valle che è occupata oggi dalle acque si è originata più di 5 Ma, il Lago Maggiore nella sua conformazione simile a quella attuale è nato in seguito all'Ultima grande glaciazione, che nel bacino del fiume Ticino ha avuto il suo culmine durante l'Ultimo massimo glaciale (UMG), datato fra 27.32 e 23.06 ka. Durante questo periodo, sono infatti state depositate dal paleo-ghiacciaio del Ticino e del Toce le morene che barrano il Lago Maggiore fra Mèina, Arona, Castelletto sopra Ticino, Sesto Calende e Taino. Il fronte del ghiacciaio durante l'Ultimo massimo glaciale era situato fra Dormello (Dormelletto) e Lisanza (Sesto Calende). Il bacino lacustre barrato a valle dalle morene degli antichi ghiacciai del Ticino e del Toce è quindi andato riempiendosi,



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

principalmente a seguito della fusione dei ghiacci, dopo la fine dell'Ultimo massimo glaciale 23.06 ka e prima di 20.50 ka. Quest'ultima data corrisponde al cosiddetto "Stadio di Cugnasco", quando il fronte del paleo-ghiacciaio del Ticino è già attestato a metà Piano di Magadino (che all'epoca era occupato interamente dal Lago Maggiore) fra Cadenazzo e Cugnasco.

Il Lago Maggiore, nato dalla fusione dell'ultimo ghiacciaio pleistocenico ad averne occupato il bacino, presentava una quota massima più elevata rispetto a oggi ed era di conseguenza più esteso. Al momento della sua deglaciazione, quando il paleo-ghiacciaio del Ticino ne occupava ancora la parte superiore (fase glacio-lacustre), il livello massimo raggiunto era di circa 220 m slm (+27.25 m), abbassatosi progressivamente dapprima a 215 m slm (+22.35 m), e poi a 212–210 m s.l.m (+19.35 – +17.35) fra 19.90 e 15.11 ka. Durante la fase di massima estensione, il Lago Maggiore arrivava fino a Giubiasco nella Valle del Ticino e Ponte Brolla nelle Terre di Pedemonte allo sbocco della Valle Maggia. In territorio lombardo, raggiungeva Mirandola in Val Travaglia, occupava la pianura alluvionale che oggi si trova fra Angera e Taino e la piana di Sesto Calende. Risalendo sulla riva piemontese, occupava la zona di Castelletto sopra Ticino, inglobava il Lago di Mergozzo e la pianura di Gravelona Toce, risaliva la Valle d'Ossola fino a Pieve Vergonte (**Figura 3**).

Il livello medio plurisecolare del lago si abbassò progressivamente lungo tutto l'Epoca dell'Olocene (da 11.70 ka a oggi), attestandosi progressivamente verso 207–204 m slm (+14.35 – +11.35 m) nel Groenlandiano (da 11.70 a 8.24 ka), scendendo a 200 m slm (+7.35 m) e poi progressivamente a 197–193 m slm (+4.35 – +0.35 m) nel Nordgrippiano (da 8.24 a 4.25 ka) e fissandosi finalmente attorno ai 193 m slm (+0.35 m) verso l'inizio del Periodo Romano all'incirca 2.0 ka (**Figura 4**).

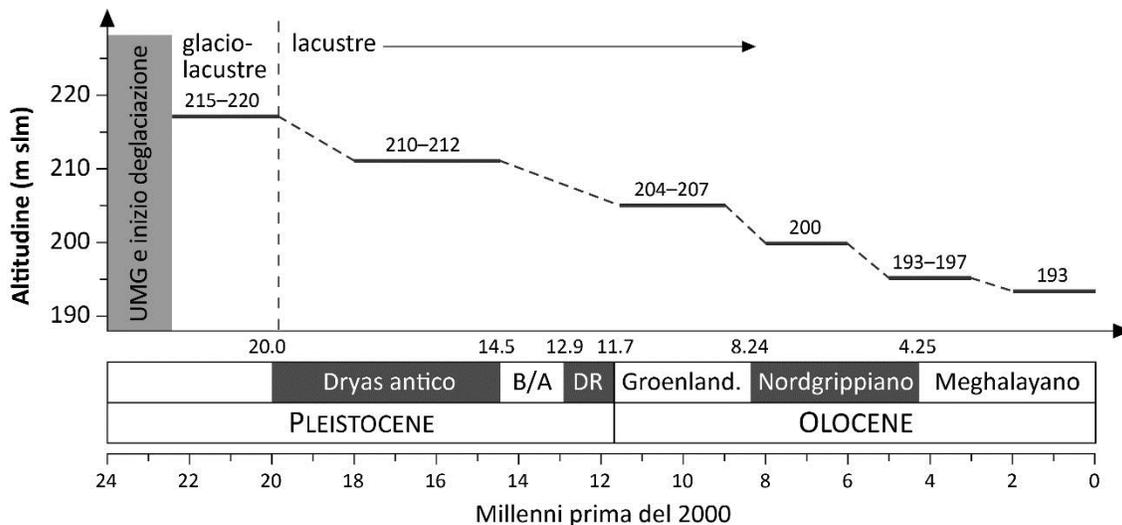


**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**



**Figura 3** Ricostruzione della massima estensione del Lago Maggiore, del Lago di Lugano e del Lago di Como al termine della deglaciazione dei bacini lacustri verso 19.90 ka. Fotografia aerea: ArcGIS Online ©ESRI. Cartografia ed elaborazione grafica: C. Scapozza.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.



**Figura 4** Evoluzione del livello medio del Lago Maggiore e quadro cronostratigrafico di riferimento dall'Ultimo massimo glaciale (UMG) a oggi. B/A: Bølling/Allerød; DR: Dryas recente; Groenland.: Groenlandiano. Quote svizzere. Fonte: modificato da C. Scapozza *et al.* (2012), <https://repository.supsi.ch/2146/>

L'abbassamento del livello lacustre medio durante l'Olocene è stato accompagnato da un graduale restringimento del Lago Maggiore a seguito del costante apporto detritico che ha creato le pianure fluvio-deltizie alla foce dei principali affluenti del Lago (Ticino e Verzasca, Maggia e Melezza, Toce e Tresa). La progradazione del delta del Ticino nel Piano di Magadino nel corso dell'Olocene è stata ben documentata grazie ai numerosi sondaggi geognostici e alle datazioni al radiocarbonio di materiale organico trovato nei depositi fluviali (Scapozza & Czerski, 2019; Scapozza & Ambrosi, 2021). All'incirca 10.75 ka il lago arrivava ancora fino a Camorino, all'incirca 10 km più a monte della foce del Ticino attuale. Nel Neolitico inferiore verso 7.22 ka, all'epoca della prima colonizzazione umana a valle del lago attestata sulla collina di Castelgrande a Bellinzona fra 7.32 e 7.07 ka, il delta terminava poco a valle della linea Cadenazzo–Gudo. Fra 3.94 e 3.63 ka, iniziò a formarsi l'attuale territorio delle Bolle di Magadino, poiché il fronte del delta del Ticino è attestato a valle della linea Quartino–Riazzino.

In epoca più recente, il ritrovamento di parecchie tombe con fittili, vetri e bronzi del Periodo Romano a Riazzino, indica con certezza che il fronte del delta si trovava a quell'epoca più a valle, probabilmente fra Quartino e Magadino di Sopra in riva sinistra e fra Riazzino e Gordola in riva destra del Piano di Magadino. In riva destra, il passaggio a valle di Gordola del fronte del delta avvenne fra il 1400 e il 1490. Il completo interrimento dell'estuario che conduceva al porto di Gordola avvenne probabilmente nel 1515 quale conseguenza della celebre Buzza di Biasca. Parimenti, in riva sinistra, un sondaggio realizzato in località Castellaccio nelle Bolle di Magadino consente di documentare la transizione da lago aperto a piana deltizia fra il 1365 e il 1600. Facendo un rapporto fra la distanza di avanzamento del delta sul lago e la sua cronologia, ne risulta un tasso di progradazione medio di 1 m all'anno (10 km in 10 ka).

Considerando tutta la lunga storia geologica del Lago Maggiore negli ultimi 5 Ma, l'apporto di depositi fluviali, glaciali, fluvio-glaciali, glacio-lacustri e lacustri nel periodo pre-Quaternario e Quaternario ha causato un riempimento detritico di più di 700 m di spessore nel punto più profondo del Piano di Magadino (località Ramello a Cadenazzo), e di spessore variabile fra 300 e



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

500 m sul fondo del Lago Maggiore, considerando i settori di maggiore profondità e di maggiore riempimento detritico.

### 1.3. Caratteristiche limnologiche

#### 1.3.1 Regime idrologico degli immissari

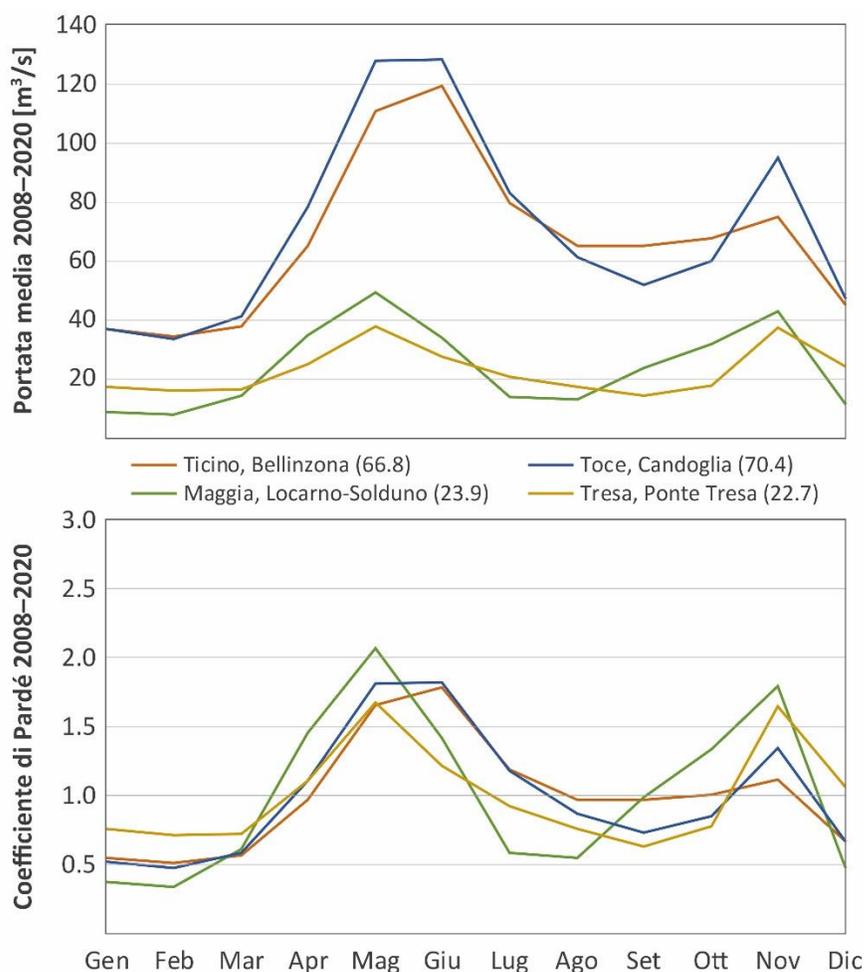
Il bacino idrografico di 6599 km<sup>2</sup> del Lago Maggiore è ripartito in 15 sottobacini, dei quali i quattro più importanti sono quelli del Ticino (1616 km<sup>2</sup>), del Toce escluso lo Strona (1551 km<sup>2</sup>), della Maggia (927 km<sup>2</sup>) e della Tresa incluso il Lago di Lugano (754 km<sup>2</sup>), i cui dati idrologici principali sono riportati nella **Tabella 2**. Questi quattro sotto bacini messi assieme coprono il 73.5% della superficie totale. Il regime dei quattro affluenti principali del Lago Maggiore è di tipo misto, con due massimi annuali in maggio (e giugno per Ticino e Toce) e novembre, un minimo pronunciato da dicembre a marzo e un secondo minimo estivo (fino a inizio autunno), visibili sia nei valori della media mensile delle portate nel periodo 2008–2020 (**Figura 5, in alto**) sia nell'evoluzione dei coefficienti di Pardé (**Figura 5, in basso**). Questo è un coefficiente di deflusso normalizzato che consente il confronto fra il regime di diversi bacini idrografici diversi ed è definito come il rapporto fra la portata media mensile e la portata media annua.

Il massimo primaverile (e di inizio estate), con un coefficiente di Pardé compreso fra 1.7 e 2.1, è dovuto principalmente alla fusione nivale, mentre quello autunnale (coefficiente di Pardé fra 1.1 e 1.8) è esclusivamente di origine pluviale. Considerata la maggiore ampiezza del picco di portata di maggio-giugno rispetto a quello di novembre, il regime del Ticino (fattore di 1.6) e del Toce (fattore di 1.4) può essere considerato di tipo nivo-pluviale. Viceversa, per la Tresa il regime è di tipo pluvio-nivale poiché l'ampiezza del picco autunnale è quasi marcata quanto quella del picco primaverile (fattore di 1.1). La Maggia presenta un regime ibrido fra il nivo-pluviale puro e il pluvio-nivale puro (fattore di 1.2 fra primavera e autunno).

Stando alla classificazione dei 16 tipi di regime idrologici proposta dall'Università di Berna per i corsi d'acqua svizzeri, Ticino, Maggia e Toce presentano un regime *pluvio-nivale meridionale* mentre la Tresa un regime *pluviale meridionale*. Il regime delle precipitazioni nevose, unitamente a quello delle piogge, costituisce quindi un parametro fondamentale nel regime di alimentazione del Lago Maggiore. L'apporto idrico da parte dei ghiacciai è invece scarso, poiché questi coprono solamente una superficie compresa fra lo 0.2 e lo 0.4% dei bacini idrografici di Ticino, Maggia e Toce e sono assenti nel bacino della Tresa.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**
**Tabella 2** Dati idrologici principali dei quattro maggiori affluenti del Lago Maggiore. Portate in m<sup>3</sup>/s Dati: Ticino, Maggia e Tresa, Ufficio federale dell'ambiente; Toce, ARPA Piemonte (\*media 2008–2020).

Corso d'acqua, stazione	Portata media	Portata della annuale	media piena	Portata massima	Data della portata massima	Periodo di osservazione
Ticino, Bellinzona	67.6	880		1500	25.09.1927	1914–2018
Maggia, Locarno-Solduno	22.8	1370		4500	07.08.1978	1970–2018
Toce, Candoglia	70.4*	–		2600	15.10.2000	1974–2020
Tresa, Ponte Tresa	23.5	122		255	27.11.2002	1901–2018


**Figura 5** Evoluzione della portata media mensile (in alto) e del coefficiente di Pardé (in basso) per il periodo 2008–2020 per i quattro affluenti principali del Lago Maggiore. Il dato riportato fra parentesi si riferisce alla portata media annua. Proprietà dei dati (coord. CH1903+ / LV95): Ticino, Bellinzona (2°721'245/1°117'025; 220 m slm); Maggia, Locarno-Solduno (2°703'100/1°113'860; 202 m slm); Tresa, Ponte Tresa (2°709'580/1°092'145; 268 m slm), Ufficio federale dell'ambiente. Toce, Candoglia (2°676'277/1°092'201; 201 m slm), ARPA Piemonte. Fonte dei dati: [www.ti.ch/oasi](http://www.ti.ch/oasi).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.3.2 Regime idrologico del Lago Maggiore

#### 1.3.2.1 La regimazione naturale del lago

Il regime dei livelli, che naturalmente tende a riflettere quello delle precipitazioni e del loro stato (pioggia o neve), si esprime attraverso una doppia ciclicità inverno ed estate con livelli bassi e primavera e autunno con livelli alti. La fascia riparia emersa era una componente caratterizzante il paesaggio lacustre invernale, come lo rilevano alcuni dipinti dell'800 o dei manufatti calibrati alle quote lacustri inferiori come il lavatoio a riva ancora oggi esistente ad Ascona e visibile nei periodi siccitosi.



**Figura 6** Antico lavatoio sulla riva presso il lungolago di Ascona, che emerge solo con livelli del lago inferiori a 192.50 m (-0.15 m), e testimonia di un uso continuo calibrato a un livello del lago abituale in tempi passati.

Anche gli studi di Jäggi (1922) sulla vegetazione riparia svolti sul delta della Maggia descrivono l'esistenza di fasce vegetazionali legate alle cosiddette spiagge basse emergenti solo con livelli bassi del lago (cf. Cap. 4.2.4).

I periodi con acque mediamente alte occupano la fascia primaverile, in correlazione con la fusione delle nevi e le piogge primaverili fino ad alta quota, e quella autunnale, dovuta al passaggio delle perturbazioni tra settembre e ottobre.

I livelli di piena possono toccare quote molto alte, creando un'oscillazione naturale tra minime e massime di oltre 5.5 m. Diversi fattori concorrono a determinare questo comportamento naturale, che però si avvicina a quello dei bacini artificiali: l'estensione del bacino imbrifero, circa 30 volte più esteso della superficie del lago, i rilievi prealpini e alpini che creano un forte



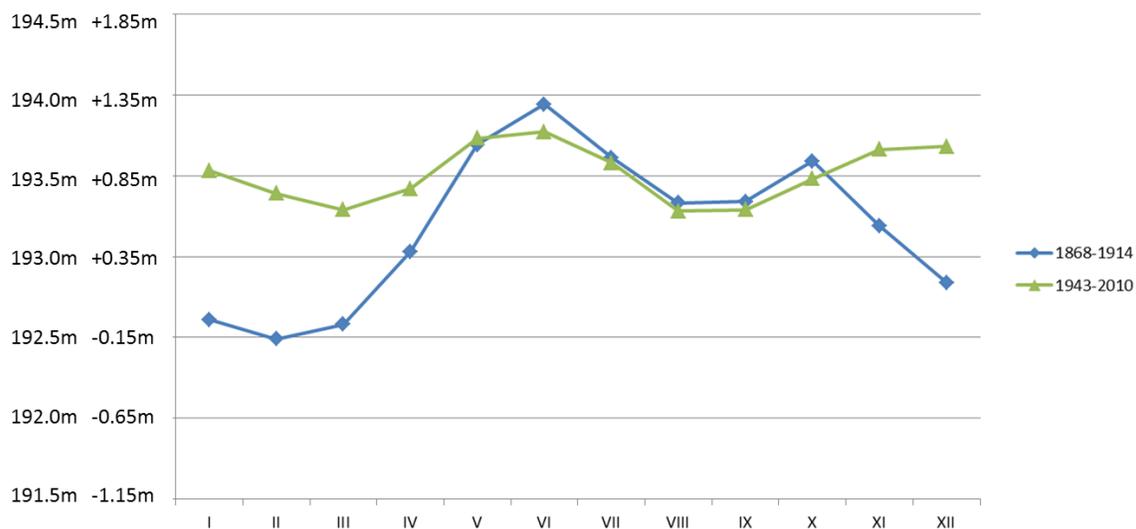
### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

effetto barriera alle perturbazioni che si avvicinano dal bacino mediterraneo, l'intensità stessa delle precipitazioni con relativi tempi di corrivazione brevi e la ristrettezza del canale emissario a Sesto Calende.

Le esondazioni del lago sulle rive abitate (con superamento della soglia 195.0 m, +2.35 m) avvengono in media ogni 19 mesi (Ambrosetti et al., 1994). Le grandi esondazioni con superamento della soglia di 196 m (+3.35 m) sono avvenute una trentina di volte dal 1868 a oggi. Il massimo è stato misurato il 4 ottobre 1868: 200.23 m, +7.63 m; la seconda punta massima il 17 ottobre 2000: 197.48 m, +4.83 m (fonte dei dati: [www.hydrodaten.admin.ch/it/2022.html](http://www.hydrodaten.admin.ch/it/2022.html)).

Visti i brevi tempi di corrivazione, in occasione di perturbazione estese e a passaggio lento sul bacino imbrifero, un'impressionante quantità di acqua raggiunge lo specchio del Verbano in poco tempo (vedi **Tabella 2**). Per questo motivo è possibile assistere ad aumenti rapidi del livello del lago. Memorabile quanto misurato tra il 2 e il 4 ottobre 2020, quando il lago è passato da 193.12 m (+0.48 m) a 195.42 (+2.78 m), vale a dire un innalzamento di 2.3 m in 24 ore.

Le magre corrispondenti a periodi siccitosi prolungati vedono i livelli del lago ritirarsi fino alla quota dell'incile, corrispondente a circa 192.10 m, -0.55 m (Zampaglione, 1993; minimo storico: 1991.99 m, -0.66 m, misurato il 17.01.1922). Più che la punta minima è determinante per l'ecosistema la durata delle magre, che può prolungarsi per diversi mesi. Nel 2003, ad esempio, durante il periodo metà aprile – inizio novembre il lago rimase per 164 giorni al di sotto dei 193.00 m (+0.35 m). I fondali emersi in questi periodi di magra diventano habitat effimeri particolari e molto interessanti (cf. Cap. 4.2).



**Figura 7** Confronto delle medie mensili per i periodi prima e dopo la costruzione della diga della Miorina. Sono indicate le altezze in m slm con la quota CH e rispetto allo 0 di Sesto Calende.



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.3.2.2 Gestione dei livelli del lago

La volontà di poter usufruire delle acque che scendono dai pendii sudalpini, e che già in modo naturale si accumulano nei grandi laghi affinché ci possa essere una distribuzione delle disponibilità idriche verso i periodi meno favorevoli, ha portato anche sul Verbano alla costruzione di uno sbarramento nel 1943. Questo manufatto permette una regolazione tale da invasare in periodi di maggiore piovosità (primavera e autunno) o al momento della fusione delle nevi in altitudine (giugno). Le disponibilità idriche accumulate, le cosiddette “acque nuove”, vengono poi erogate nei periodi irrigui (primaverile-estivo) e per le utenze industriali (maggiormente in autunno-inverno).

Dal 1943 è in vigore una convenzione italo-svizzera che stabilisce gli estremi all'interno dei quali è possibile regolare il livello lacustre: per le soglie massime è stabilito 193.65 m / +1.00 m dal 1° marzo al 31 ottobre; 194.15 m / +1.50 m dal 1° novembre alla fine di febbraio. A ciò corrisponde una possibilità di invaso pari a 315 milioni di m<sup>3</sup>, che salgono a 420 milioni nel periodo invernale. ([www.ticinoconsorzio.it/regolazione](http://www.ticinoconsorzio.it/regolazione))

La **Figura 7** visualizza i livelli medi mensili misurati prima e dopo la costruzione della diga della Miorina. La doppia ciclicità ne risulta attenuata, con il periodo invernale che vede i livelli medi di 1 m più alti rispetto alla situazione naturale.

La tipologia strutturale della diga della Miorina non permette regolazioni durante le fasi di piena, per cui il suo influsso sulle punte di piena rimane significativo solamente rispetto alla quota di partenza all'inizio dell'evento piovoso. Con previsioni meteo di precipitazioni prolungate, svassi preventivi possono essere realizzati alcuni giorni prima dell'evento, ma il margine di manovra rimane ridotto.

### 1.3.2.3 Aspetti idrodinamici

L'aspetto idrodinamico più importante per un lago subalpino profondo come il Verbano è sicuramente il mescolamento verticale delle acque alla fine dell'inverno limnologico (nello specifico circa a fine febbraio), che assicura l'ossigenazione delle acque ipolimnetiche profonde. Dalla primavera avanzata fino all'autunno, il lago presenta una stratificazione dovuta alle differenze di temperatura e di densità tra i diversi strati di acqua. A causa dell'elevata profondità e delle condizioni meteorologiche caratteristiche della regione, il mescolamento completo delle acque del Lago Maggiore non si verifica ogni anno. Solo in caso di inverni molto freddi e ventosi il mescolamento sarà completo, ma l'ossigenazione degli strati profondi viene garantita almeno parzialmente dall'apporto di ossigeno fornito dalle acque fluviali (**Figura 8**). Lo strato che viene rimescolato in inverno raggiunge normalmente profondità di 100–150 m (CIP AIS, 2007, 2016 limno).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.



**Figura 8** La penetrazione delle acque fluviali negli strati profondi è visibile nel periodo estivo a seguito di eventi temporaleschi e grazie alla forte differenza di temperatura e di particolato in sospensione rispetto alle acque del lago. Foce del Ticino, 29.5.2008, portata del Ticino a  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ .



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.4. Aspetti biologici

#### 1.4.1 Sistema acquatico

La qualità chimica dell'acqua contiene una forte impronta antropica. Essa emerge sia attraverso la presenza di antibiotico-resistenze, sebbene in quantità non ancora critiche, sia attraverso la salinizzazione dovuta all'uso del cloruro di sodio come antigelo sulle strade (CIPAIS 2016 limno). I contaminanti come Policlorobifenili PCB, Alcool isopropilico IPA, Polibromodifenileteri PBDE mostrano uno stato di contaminazione entro i limiti normativi, fatta eccezione per il mercurio in alcune specie ittiche. Il DDT occupa ancora oggi un ruolo particolare nel lago. Questo insetticida, molto pericoloso per via della sua persistenza nell'ambiente e della sua tendenza ad accumularsi lungo le reti trofiche, fu prodotto a Pieve Vergonte, lungo il fiume Toce, fino al 1997. I suoli e i sedimenti del fiume contaminati in prossimità del vecchio stabilimento di produzione, dove il DDT si accumulava essendo poco solubile in acqua, a ogni piena del fiume venivano mobilitati e diffusi nel lago (CIPAIS, 2019 sos). Le concentrazioni di DDx (l'insieme dei metaboliti derivati da DDT) degli ultimi anni mostrano continue fluttuazioni, strettamente legate ai fenomeni meteorologici, che sembrano indicare un non equilibrio per questi contaminanti, sebbene siano in corso importanti misure di risanamento a Pieve Vergonte.

La situazione petrografica, geomorfologica e limnologica determina una qualità oligotrofica delle acque del Verbano. Tuttavia, a partire dagli anni '70 del secolo scorso la pressione antropica ha innescato un processo di eutrofizzazione del lago. Con l'entrata in attività degli impianti di trattamento delle acque reflue e la messa in atto di norme di controllo della dispersione dei nutrienti algali nell'ambiente, la qualità dell'acqua dei tributari e, di conseguenza, del bacino iniziano a migliorare, fino a raggiungere una situazione praticamente corrispondente all'obiettivo del carico ammissibile per ritrovare e mantenere condizioni oligotrofiche. In correlazione al processo di oligotrofizzazione del Lago Maggiore iniziato nel 1981, si può osservare come i valori medi annui del biovolume complessivo del fitoplancton e della concentrazione della clorofilla *a* sono in costante diminuzione (CIPAIS, 2007 limno).

Sebbene vi sia una forte variabilità interannuale, imputabile principalmente alle fluttuazioni idrologiche, i dati più recenti mostrano però una lieve inversione di tendenza. Questo cambiamento è osservabile nella diversità di diatomee e cianobatteri, dove si registra una riduzione di alcune specie tipiche di acque oligotrofe e un aumento di specie a carattere meso-eutrofo. Un altro indizio del cambiamento in atto sono gli eventi di fioritura cianobatterica osservati negli ultimi anni. Il volume totale annuo di fitoplancton si mantiene però nei valori di acque oligotrofe. Il Lago Maggiore si trova quindi oggi in una situazione di equilibrio piuttosto instabile tra oligotrofia e mesotrofia (CIPAIS, 2016, 2019 limno).

L'aumento di nutrienti nel lago osservato recentemente non sembra essere dovuto a variazioni negli apporti di nutrienti dal bacino. Non è però ancora chiaro da dove provengano i nutrienti che stanno peggiorando nuovamente lo stato delle acque del Lago Maggiore. Le cause sarebbero da cercare nei fattori meteo-idrologici brevi e intensi alternati a periodi siccitosi importanti, con dilavamento importante dei suoli e liberazione di nutrienti che raggiungono il bacino in situazione di livello basso; anche il riscaldamento delle acque e i cambiamenti del regime di mescolamento delle acque possono giocare un ruolo importante. Molto probabilmente a causa di questi processi in atto, negli anni più recenti si è osservata più volte la fioritura del cianobattere *Anabaena lemmermannii*, fenomeno che non si era mai osservato prima del 2005 nel Lago Maggiore (CIPAIS, 2016 limno).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Negli anni più recenti, anche la successione delle diatomee, la classe di fitoplancton storicamente dominante per questo bacino in termini di biovolume, segnala come le dinamiche di crescita del fitoplancton vengano regolate principalmente dalle condizioni meteo-climatiche e non più dai fattori legati all'eutrofizzazione. La maggiore influenza delle variabili meteo-climatiche sullo zooplancton lacustre e la sua dinamica stagionale è pure segnalata dalla sua successione, che presenta una maggiore e crescente variabilità interannuale. L'ampio margine di incertezza potrebbe venir interpretato come un segno di minore stabilità (CIPAIS 2007 limno).

Un centinaio di specie macrofite sono state osservate nel lago (Lachavanne & Perfetta, 1981; CIPAIS, 2019 spam). Attualmente una cinquantina di esse è stata censita, ma poche di esse sono abbondanti e frequenti, mentre le altre sono rare e localizzate o non più osservate da tempo. Il 10% delle specie censite sono specie invasive, in grado di ricoprire superfici estese sostituendosi alle specie native meno efficienti e rapide nell'acquisizione delle risorse (luce e nutrienti), nella crescita, nella riproduzione e nella colonizzazione di nuove aree (CIPAIS, 2019 spam).

Ciononostante, il Verbano rimane un ecosistema importante da conservare per la presenza di diverse specie di pregio (specie prioritarie di conservazione o inserite nelle liste rosse delle specie a rischio di estinzione), come per esempio *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton nodosus*, *Ranunculus trichophyllus* e *Zannichellia palustris*. La castagna d'acqua *Trapa natans*, presente con la varietà *verbanensis* Cesati (frutto con due cornetti), rimane confinata nella parte sud del lago (la popolazione più estesa si trova nella Riserva naturale del Fondo Toce, VB), così come i popolamenti interessanti di ninfee (per es. il raro *Nuphar lutea*) si sviluppano solo in piccole baie delle rive tranquille ancora naturali (**Figura 9**) e mancano completamente sul lago nella parte settentrionale.



**Figura 9** Lamineto a Sabbie d'oro, comune di Brebbia (28.6.2021).

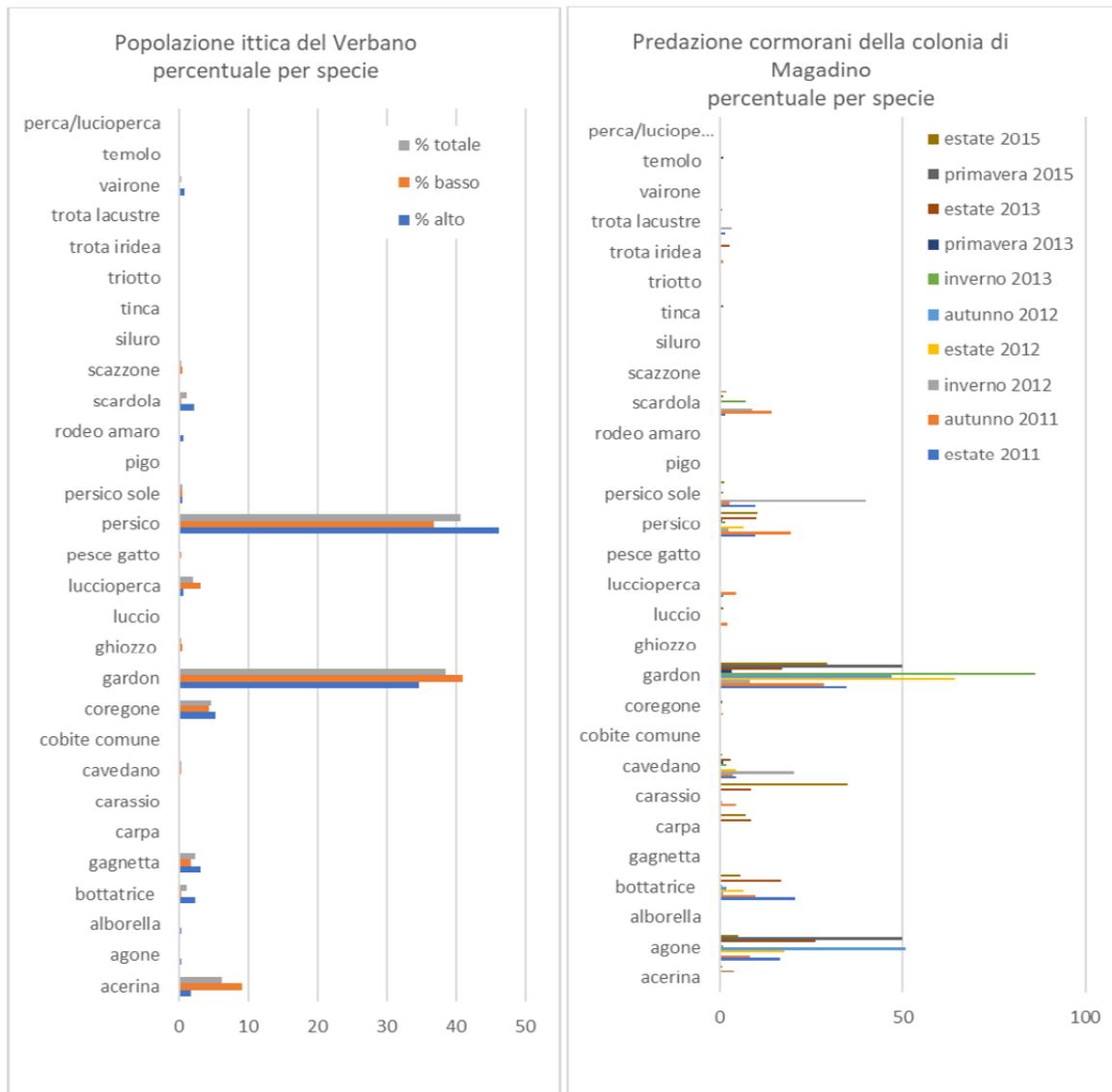


### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Il problema dell'arrivo di specie esotiche fortemente competitive è ben presente anche per la fauna del lago. Per esempio, la presenza di molluschi bivalvi invasivi come *Dreissena polymorpha*, *Corbicula fluminea* e *Sinanodonta woodiana* determinano competizioni importanti con riduzione effettive degli habitat favorevoli alle specie autoctone (Riccardi, 2019), provocando un danno grave poiché il Lago Maggiore è il sito in cui si registra la più elevata diversità di specie autoctone di bivalvi in Italia. La specie più abbondante e infeudata al solo Verbano è *Unio elongatulus*, mentre sono presenti tutte e tre le specie europee di Anodonta (*A. anatina*, *A. cygnea* ed *A. exulcerata*). Si tratta quindi di una regione molto importante per la conservazione di molluschi, che però stanno diminuendo in modo allarmante. La popolazione di *U. elongatulus*, una volta stabile ed abbondante, è diminuita del 90% negli ultimi 20 anni di monitoraggi (CIPAIS, 2019 spam).

Il problema è reale anche per i gamberi, con la presenza puntuale di specie esotiche come il Gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) e il Gambero dal segnale (*Pacifastacus leniusculus*), mentre nella parte meridionale del lago è ben installato il Gambero americano (*Orconectes limosus*) (CIPAIS, 2019 spam). Gli importanti popolamenti di Gambero dai piedi bianchi (*Austropotamobius pallipes*) presenti ancora abbondanti nei canali del Piano di Magadino, per esempio, sono destinati a scomparire a causa di un fungo parassita portato dai gamberi americani. Solo misure attive di conservazione potranno evitare questa scomparsa.

L'ittiofauna subisce lo stesso fenomeno, poiché attualmente su 23 specie censite, 4 sono alloctone di recente introduzione e 4 sono considerate alloctone acclimatate. Le specie esotiche sono però dominanti in termini di numero e di biomassa rispetto alle specie autoctone e sono distribuite lungo tutta la colonna d'acqua, sia nella zona litorale sia in quella pelagica (CIPAIS, 2016 limno). Le specie ittiofaghe sembrano seguire le nuove opportunità trofiche, come l'abbondanza dei popolamenti di Gardon (Figura 10). Non è ancora chiaro però in che modo anche le colonie di ittiofagi installate da poco sul lago potranno influenzare gli effettivi del popolamento di pesci e le relazioni tra le diverse specie.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 10** Confronto tra il risultato del censimento della fauna ittica del Verbano (sinistra; AAVV, 2015) con la dieta della colonia di Cormorani delle Bolle di Magadino attraverso l'analisi dei contenuti delle borre (destra; Gandolla, 2017).

È importante sottolineare l'importante sforzo sviluppato negli ultimi decenni per ricostituire il *continuum* del corridoio ecologico sulla rete idrografica che permette di ricollegare il Verbano al mare Adriatico. Questo collegamento oggi è tornato una realtà.



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.4.2 Sistemi ripari e fluvio-deltizi

#### 1.4.2.1 Origine geomorfologica

Attorno al Lago Maggiore, sono presenti numerose zone umide di particolare pregio per la biodiversità, che occupano dei settori di pianura fluvio-deltizia di formazione recente (alcuni millenni) o sono legate alla storia geomorfologica del Lago Maggiore.

Le zone umide di origine fluvio-deltizia situate a diretto contatto con il lago si sono installate su depositi medio-fini (perlopiù sabbia fine limosa o limo sabbioso) dovuti a una sedimentazione fluviale calma in ambiente di piana deltizia oppure in depositi fini (limi inorganici e organici) negli ambienti occupati dalle fluttuazioni stagionali del livello lacustre tipici della fronte deltizia. Essendo situate a quote inferiori ai 200 m s.l.m. (+7.35 m), la loro formazione è avvenuta negli ultimi 5 millenni, con i settori più prossimali alla riva lacustre che si sono formati a partire dal Periodo Romano, come lo testimoniano alcune datazioni di materiale organico in sondaggi (per es. datazione fra 1–210 d.C. in località Castellaccio a Magadino di Sopra, Bolle di Magadino, a 1.5 km dal lago aperto).

L'abbassamento progressivo del livello lacustre medio avvenuto nel corso dei millenni (vedi **Figura 4**) ha favorito anche la creazione di sistemi ripari in depressioni perilacuali, emerse con la regressione lacustre. Queste depressioni sono state probabilmente originate dall'erosione glaciale lungo terrazzi strutturali del substrato roccioso. I depositi glaciali di fondo, caratterizzati da una matrice fine (sabbia fine e limo), e gli stessi depositi lacustri/palustri di interrimento progressivo dei bacini hanno poi favorito la persistenza di ambienti parzialmente umidi.

Un discorso diverso vale per i Lagoni di Mercurago, le cui depressioni lacustri e palustri sono localizzate fra i cordoni morenici che sono stati depositati in riva destra del paleo-ghiacciaio del Ticino–Toce. Non si tratta delle morene dell'Ultimo massimo glaciale depositate fra 27.32 e 23.06 ka, ma dei depositi di una delle glaciazioni precedenti di estensione maggiore, avvenuta probabilmente fra 191 e 130 ka. La parziale impermeabilizzazione del fondo, che ha consentito l'installazione di laghi e paludi, è avvenuta a causa del lavaggio della matrice fine dei depositi glaciali per opera del ruscellamento superficiale, che ha selezionato il materiale asportando la sabbia fine e il limo e trasportandolo sul fondo delle depressioni fra i cordoni morenici.

#### 1.4.2.2 Sistemi fluvio-deltizi

I sistemi fluvio-deltizi sono caratterizzati dall'incontro fra il trasporto solido dinamico dei fiumi e la massa d'acqua lacuale e combinano processi ecologici alluvionali con quelli palustri. Dove le dighe hanno bloccato o limitato la dinamica golenale, sono diventati preponderanti i processi ecologici legati alle successioni palustri, specialmente dopo la costruzione della diga della Miorina nel 1943, che ha innalzato il livello medio annuale del lago di almeno 40 cm (**Figura 7**).

L'aspetto più importante è la possibilità di neoformazione, cioè la creazione di nuovi ambienti litoranei o palustri con la progradazione del cono deltizio nel lago. Questi habitat neoformati entreranno in equilibrio con le situazioni regimate attuali.

Il delta della Maggia è senz'altro l'esempio di sistema fluvio-deltizio attivo più spettacolare per il Verbano (**Figura 11**). Ma relativamente alle proprie dimensioni, anche il Ticino immissario, il Toce e la Tresa hanno questa particolarità (se i nuovi isolotti sono tutelati e possono conservarsi). La Verzasca invece risulta oggi un delta senza più neoformazione, poiché la grande diga subito a monte blocca l'apporto del materiale necessario alla sua progradazione.



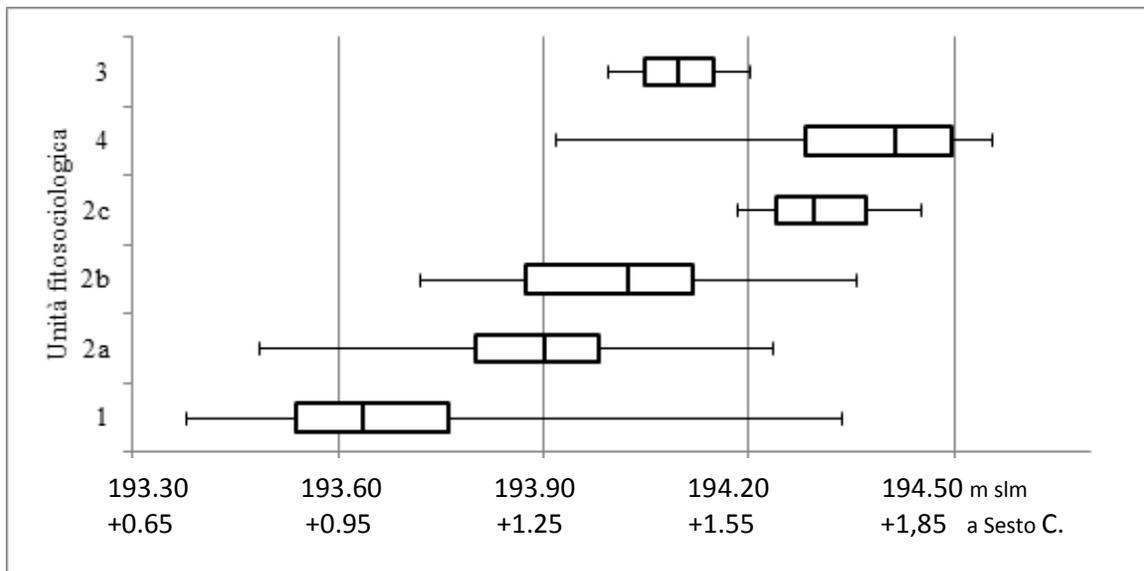
### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.



**Figura 11** Fronte deltizia e prodelta del fiume Maggia (19.5.2021 con creazione di un nuovo isolotto al centro dopo le piene di ottobre 2020).

Sulla cosiddetta riva bagnata (dove l'acqua tocca le sponde per la maggior parte del tempo) la zonazione vegetazionale che si sviluppa, si avvicina molto a quella classica palustre, ma senza la fascia del lamineto poiché la violenza delle piene eradica le piantine a foglie galleggianti. Anche il canneto forma dei consorzi molto vigorosi, ma senza sviluppo di zattere a radici galleggianti. In questo caso se alla forza della piena del fiume aggiungiamo il forte aumento possibile del livello del lago, lo sviluppo di questo tipo di habitat galleggianti diventa quasi impossibile sul Verbano, anche nelle zone palustri situate lontano dai fiumi.

Gli aspetti pedologici rimangono comunque caratterizzati dai fiumi, con componenti scheletriche sabbiose, ghiaiose e ciottolose, e nessun accumulo torboso. Anche per questo motivo il legame con la falda del lago è diretto e determinato dalla sola quota. Il sistema è molto sensibile e le associazioni vegetali cambiano lungo il gradiente di quota alle minime variazioni (**Figura 12**). Queste caratteristiche determinano anche gli habitat palustri retrostanti il fronte, dove troviamo praterie umide a grandi carici, prati umidi e praterie a strutture fisionomiche basse su letti ghiaiosi molto filtranti (parvocariceti). Da segnalare anche le formazioni che troviamo nei settori più alti, ma sempre di tipo palustre, che se gestite regolarmente originano associazioni fitosociologiche uniche e poco descritte in letteratura (lischeti a *Poa pratensis* e *Deschampsia caespitosa*, una sorta di duna sabbiosa maturata verso un prato palustre).

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 12** Variazione (zonazione) delle formazioni palustri non boscate rispetto alla quota nel 2015 nelle Bolle di Magadino (modificato da Haritz et al., 2017). Unità fitosociologiche: 1-Canneti puri, 2-Cariceti con *Carex acuta* e *Carex elata*, 2a-cariceti con *Phragmites* denso, 2b-Cariceti con poco *Phragmites*, 2c-Cariceti var. con *Lysimachia vulgaris* e *Allium angulosum*, 3-Pseudocanneti, 4-Lischeti e Megaforbie.

Questo tipo di formazioni ospita molte specie rare e adattate ad una nicchia ecologica molto ristretta, oggi minacciate di estinzione proprio perché specializzate a vivere in ambienti particolari. La presenza di ambienti pionieri, dovuti ai processi alluvionali, arricchisce e diversifica l'ecosistema, riattivando costantemente la successione ecologica: un'ottima premessa per una conservazione a lungo termine.

### 1.4.2.3 Sistemi ripari

Nei sistemi ripari, caratterizzati da processi palustri, la successione risulta completamente sviluppata, dal lamineto al bosco fradicio di Salice bianco o Ontano nero. A contatto con la sponda bagnata ritroviamo le stesse formazioni degli spazi laterali dei delta. Nelle parti più alte ed esterne, l'accumulo di torba eutrofa combinato a uno scheletro pedologico molto fine, permette la formazione di condizioni pedologiche che garantiscono un carattere fradicio alle formazioni anche in periodi di lago medio-basso. Il legame con il livello del lago non è più quindi diretto, come invece nei sistemi deltizi, e le formazioni vegetazionali più palustri sembrano riuscire a risalire il gradiente verso l'entroterra.

Con la mancanza di neoformazione attiva, questi ambienti sono tendenzialmente più stabili, ma proprio per questo sono molto più esposti alla presenza di specie vegetali invasive che trovano in questa nicchia l'habitat ottimale. È il caso con *Amorpha fruticosa*, specie delle mangrovie della Florida che riesce ad essere concorrenziale rispetto al canneto e a creare formazione cespugliose dove prima si avevano habitat favorevoli agli abitanti del canneto. Misure gestionali mirate sono dunque necessarie per conservare a lungo termine questi habitat.

Questi sistemi ripari sono presenti nella parte meridionale del lago, con sviluppo più esteso della zonazione come nelle parcelle attorno ad Angera (Bozza, Sabbie d'oro, Bruschera) e vicino a Sesto Calende, oppure sulla sponda Piemontese come formazioni di canneto (Dormelletto).



**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**



**Figura 13** Sopra: suolo alluvionale grezzo polifasico sul delta del Ticino (profondità fino alla falda di diversi metri); sotto: suolo idromorfo *a gley* e torba eutrofa presso la palude di Sabbie d'oro (Brescia: profondità fino alla falda 20 cm).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.4.2.4 Sistemi effimeri

Le forti variazioni naturali dei livelli del Verbano creano ambienti effimeri, sia durante le esondazioni sia durante i periodi di ritiro delle acque. Ecologicamente si tratta di veri e propri ecosistemi temporanei, che possono riuscire a ospitare una cenosi specifica solo se si ripetono nel tempo con una certa frequenza.

Quando sono importanti ed estese, le esondazioni del lago creano ambienti acquatici dove solo poche ore prima si aveva un ambiente palustre o terrestre. Questa nicchia viene occupata da specie opportuniste, che sanno colonizzare velocemente il nuovo habitat (è il caso, per esempio, di alcuni coleotteri acquatici) oppure che utilizzano una forma di resistenza, sviluppandosi appena arriva l'acqua. Quest'ultimo è il caso delle uova di zanzare di *Aedes vexans* e *Aedes sticticus*, che vengono depositate nel suolo fangoso appena l'esondazione si ritira e possono attendere nel suolo per anni la prossima esondazione. Per questo motivo queste specie di zanzare possono dare origine a veri e propri picchi di pullulazioni primaverili, quando le acque del lago non trasportano con sé nessun avannotto durante le esondazioni e mancano altri antagonisti predatori poiché fino a pochi momenti prima era un habitat asciutto. Da notare come la famigerata zanzara tigre *Aedes albopictus*, specie antropofila, non riesce fortunatamente a colonizzare le paludi naturali, rimanendo confinata nell'area urbanizzata.

Nei periodi di magra, quando le acque si ritirano e il livello lacustre si abbassa, emergono all'aria i fondali ripuali, che vanno in secca. L'importanza di questo fenomeno dipende naturalmente dalla morfologia delle rive e si concentra maggiormente nei sistemi deltizi dove l'inabissamento delle sponde è più dolce, almeno nella fronte deltizia e nella parte superiore del prodelta. La durata dell'emersione permetterà o meno, lo sviluppo, la colonizzazione o anche semplicemente la possibilità di accedervi a diverse specie. La frequenza nel tempo dell'emersione determinerà lo sviluppo di vere e proprie cenosi infeudate a questo habitat effimero.

Questi habitat sono molto rari in tutta Europa, dove ambienti naturali con queste caratteristiche sono poco frequenti, ancor di più legati a laghi con dimensioni importanti. Per questo vanno considerati come delle perle preziose che adornano, a volte, le sponde del Verbano. Sono conosciuti da molto tempo, specialmente dai botanici, poiché potevano essere fonte di osservazioni ambite per specie molto rare e localizzate. Ma anche per l'ornitologo possono essere ambienti interessanti per osservare specie rare di limicoli nel periodo migratorio.

Lo studio più interessante su questi habitat è quello svolto da Jäggi (1922) sul delta della Maggia. Egli descrisse un sistema di fasce litorali emergenti a mano a mano che il lago si abbassava. Le cosiddette rive basse, come le ha definite, erano caratterizzate da "...vasti tappeti di *Litorella (uniflora)*... dove ha dominio incontrastato, è la sola specie capace, per copia e densità di individui, di formare associazioni di autonoma fisionomia. Il *Litorelletum* non prospera tuttavia che in questa angusta zona dove condizioni biologiche specialissime limitano assai la concorrenza vitale, lo difendono dagli invasori degli adiacenti territori." (pag. 73)

La riva alta contigua a quella bassa, si arricchisce maggiormente di specie, favorite dall'insediamento precoce di un muschio, *Archidium alterniflorum*, che prepara il terreno e con l'apparizione di specie (prevalentemente ornitocore!) che per la "...singolare loro dispersione geografica generale discontinua, spesso interrotta da grandi lacune, rappresentano il fenomeno floristicamente più interessante del Delta della Maggia. Sono: *Riccia ligula*, *Schoenoplectus supinus*, *Eleocharis atropurpureum*, *Juncus tenageja*, *Fimbristylis annua*, *Limosella aquatica*." (pag. 174).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Purtroppo, dal 1943, la regolazione del lago e l'accumulo delle cosiddette "acque nuove" con la diga della Miorina, hanno provocato la sommersione spesso continua su più anni di queste spiagge basse, oggi non più osservabile nella forma descritta da Jäggi (1922). Le specie più pregiate non sono più osservate da decenni.

Rimangono tuttavia ancora presenti diverse specie rare e preziose, che crescono e fioriscono nei sempre più lunghi periodi siccitosi con lago basso, come ad esempio nel 2003.

Oggi si possono distinguere tre gruppi ecologici principali determinati dal substrato del fondale emerso: ghiaioso (specie indicatrice: *Littorella uniflora*), sabbioso (specie indicatrice: *Eleocharis acicularis*), melmoso (specie indicatrici: *Cyperus fuscus*, *Lindernia procumbens*).



**Figura 14** Litorali emersi sabbiosi sul delta (in alto) e melmosi davanti al canneto delle Bolle di Magadino (in basso nella foto); la vegetazione effimera (sfumatura verde), comincia a crescere dopo 40 giorni di emersione: foto 25.10.2018 con lago a 192.28 m (-0.38 m).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.5. Cambiamenti in atto e conservazione

#### 1.5.1 Cambiamenti climatici

Il processo di surriscaldamento recente del clima, in atto a livello planetario, sta modificando anche le condizioni climatiche regionali. Le conseguenze possono essere evidenziate attraverso queste tendenze: estati più asciutte, piogge più forti e intense, aumento delle giornate canicolari, inverni con meno neve (<https://www.meteosvizzera.admin.ch/home/clima/i-cambiamenti-climatici-in-svizzera.html>).

Le acque del Verbano si stanno riscaldando fino in profondità. Se questo riscaldamento delle acque, in particolare dello strato superficiale, dovesse continuare al ritmo attuale si stima che le fioriture algali aumenteranno del 20% e quelle delle alghe tossiche (cianobatteri) del 5% (CIPAIS, 2016 limno), influenzando le successioni fitoplanctoniche caratteristiche di questo bacino.

Con l'aumento della temperatura media in inverno e la riduzione del vento, gli eventi di circolazione totale e di rimescolamento degli strati d'acqua sono sempre meno frequenti: la profondità di mescolamento non raggiunge i 100 m dal 2013. Questa situazione determina una aumentata stabilità della colonna d'acqua, una mancanza di ossigenazione e un accumulo di nutrienti, in particolare negli strati profondi (ipolimnio) (CIPAIS, 2019 limno).

La situazione potrebbe ulteriormente peggiorare in futuro, siccome un ulteriore aumento della temperatura delle acque causerebbe ulteriori cambiamenti nei processi idrodinamici e di conseguenza influenzerebbe l'ecologia degli organismi che vivono negli strati più prossimi alla superficie. Questi cambiamenti avrebbero poi ripercussioni su tutta la catena trofica lacustre (CIPAIS, 2007 limno).

Il cambiamento climatico recente avrà conseguenze anche sulla gestione e l'uso dell'acqua in futuro. Il conflitto tra i settori sicurezza dalle esondazioni, irrigui, industriali, naturalistici, di svago, potranno aggravarsi significativamente (Micotti & Weber, 2013).

#### 1.5.2 Modifica dell'accordo I/CH di regolazione dei livelli

L'acqua è una risorsa preziosa, ancora di più con la tendenza all'aumento dei periodi siccitosi provocati dal surriscaldamento climatico recente. La possibilità di accumulare ulteriore acqua nei periodi piovosi per poi disporre in quelli secchi è un tema sul tavolo della regolazione del lago.

Da sempre gli utenti di valle sono interessati in modo particolare alla produzione agricola e industriale, per cui desiderano innalzare l'estremo superiore della soglia di accumulo delle acque nuove, mentre gli utenti di monte, preoccupati per le possibili esondazioni sulle loro terre e città, tendono a richiederne un abbassamento. La fascia attuale di regolazione non è più ritenuta soddisfacente, per cui sono in esperimento e progettazione nuove proposte di compromesso (Soncini Sessa, 2004). Un rialzo estivo, tra aprile e luglio, a +1.25 m (con punte possibili a 1.50 m) è stato realizzato sperimentalmente tra il 2015 e il 2020.

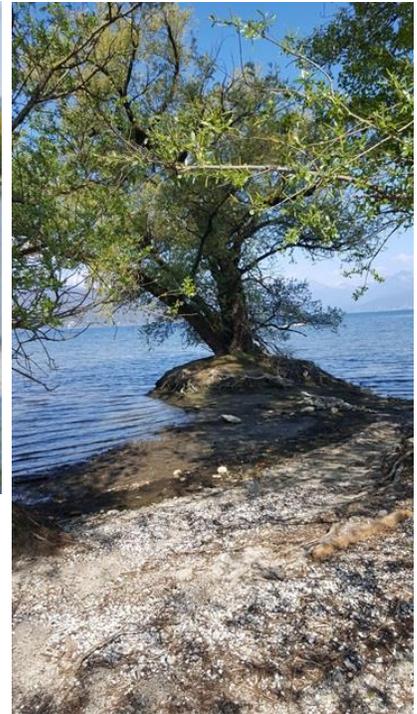
L'innalzamento della soglia di regolazione, in aggiunta all'intervento del 1943, porta a un ulteriore arretramento della linea di riva. Nelle riserve naturali a bordo lago di fatto si concretizza con la perdita netta di superficie palustre. Inoltre, il gradiente palustre risulta spostato verso l'entroterra, con perdita del canneto acquatico e trasformazione delle superficie palustri retrostanti la linea di riva.

Questa perdita potrebbe essere compensata localmente dove abbiamo sistemi deltizi che permettono le neoformazioni di nuovi ambienti (crescita nel lago), se tutelati adeguatamente. Altrimenti si tratta di una perdita diretta di superficie protetta per conservare la biodiversità



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

degli ambienti ripari e palustri. I biotopi e le rive naturali esistenti ancora oggi sulle rive del Verbano interessano oramai solo poco più del 7% delle sponde totali.



**Figura 15** 22.4.2021 Bruschera di Angera (livello del lago 192.90 m, +0.25 m). Vaste aree di canneto morto (sono visibili le radici non più vitali emerse) e Sabbie d'oro a Brebbia dove è evidente l'erosione della riva dove non trattenuta dalle radici dei salici bianchi (foto L. Pollini).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 1.6. Referenze bibliografiche

- Ambrosetti W., Barbanti L., de Bernardi R., Libera V. & Rolla A. (1994). La piena del Lago Maggiore dell'autunno 1993. Un evento di portata secolare. Documenta Istituto italiano Idrobiologia, 45, 49 pp.
- AA.VV. (2015). Censimento della fauna ittica nei laghi alpini nel territorio della regione Lombardia. Relazione generale. Regione Lombardia, Agricoltura. Rapporto, 168 pp.
- Bagnouls F. & Gaussen H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. Annales de Géographie, 66, 193–220.
- Ciampittiello M. (1999). I livelli del Lago Maggiore: una grande risorsa da gestire, un problema da affrontare. Alberti Libraio Editore, Verbania-Intra, 203 pp.
- Finckh P.G. (1978). Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? – Geophysical evidence for preglacial erosion in the southern Alpine lakes. Marine Geology, 27(3-4): 289–302. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(78\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0025-3227(78)90036-1)
- Gandolla S. (2017). Dinamica di insediamento e rapporto con l'ittiofauna della colonia di Cormorano (*Phalacrocorax carbo*) delle Bolle di Magadino. Ufficio Caccia e Pesca, Dipartimento del Territorio del Ct. Ticino. Rapporto, 28 pp.
- Haritz C., Gaggini L., Babbi M., Catalano C., Donati F., Meier S., Krüsi B. & Patocchi N. (2017). Modifiche vegetazionali delle associazioni palustre aperte su substrato sabbioso (località Piattono): confronto tra il 1992 e il 2015. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 105: 39–51.
- Jäggli M. (1922). Il delta della Maggia e la sua vegetazione. Commissione fitogeografica della Società Elvetica di Scienze Naturali, Contributo allo studio geobotanico della Svizzera 10. In: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft, 30, 174 pp..
- Lachavanne J.B. & Perfetta J. (1981). Etude des Macrophytes des lacs de Lugano (Ceresio) et Majeur (rives suisses). Rapport, Université de Genève, 128 pp.
- Micotti M. & Weber E. (2013). Programma di ricerca Lago Maggiore: Sintesi del Progetto VerbaCe, Rapporto D6. Progetto Interreg Strada: Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero, 35 pp.
- Scapozza C., Antognini M., Oppizzi P. & Patocchi N. (2012). Stratigrafia, morfodinamica, paleoambienti della piana fluvio-deltizia del Ticino dall'Ultimo Massimo Glaciale a oggi: proposta di sintesi. Bollettino della Società ticinese di scienze naturali, 100: 89–106. <https://repository.supsi.ch/2146/>
- Scapozza C. & Czernski D. (2019). Geomorfologia della Svizzera italiana / Die Geomorphologie der Südschweiz, Archäologie Schweiz, 42: 8–13, <https://doi.org/10.5169/seals-860436>
- Scapozza C. & Ambrosi C. (2021). Between glaciers, rivers and lakes: the geomorphological landscapes of Ticino, in: Reynard E. (ed.), Landscapes and Landforms of Switzerland. Springer Nature, Cham, 325–336, [https://doi.org/doi:10.1007/978-3-030-43203-4\\_22](https://doi.org/doi:10.1007/978-3-030-43203-4_22)
- Soncini Sessa R. (2004). Il progetto Verbano. Modellistica integrata e decisione partecipata in pratica. McGraw-Hill Education, New York (NY), 448 pp.
- Zampaglione D. (1993). Cinquanta anni di regolazione: Note, informazioni ed elaborazioni idrologiche. Consorzio del Ticino, pubbl. nr. 18, 92 pp.
- Rapporti della Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere ([www.cipais.org](http://www.cipais.org)):
- CIPAIS 2007 limno. A cura di Roberto Bertoni. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2003-2007. Campagna 2007 e Rapporto quinquennale. 132 pp.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

CIP AIS 2016 limno. A cura di Giuseppe Morabito. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2015 e Rapporto triennale 2013-2015. 146 pp.

CIP AIS 2019 limno. A cura di Michela Rogora. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2016-2018. Campagna 2018 e Rapporto triennale 2016-2018. 161 pp.

CIP AIS 2019 spam. Andrea Beghi, Luca Gariboldi, Angela Boggero, Nicoletta Riccardi, Pietro Genoni. SPecie Alloctone invasive nel bacino del Lago Maggiore (SPAM). Programma triennale 2016-2018, Rapporto finale. 166 pp.

CIP AIS 2019 sos. A cura di Aldo Marchetto. Indagini sulle sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2016-2018, Rapporto finale. 121 pp.



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 2. Problematica

#### 2.1 Prima e dopo la diga, scenari futuri

Con la regolazione delle soglie medie, le medie primaverili di maggio-giugno-luglio sono rimaste simili a quelle del periodo pre-diga. Sono aumentati invece di quasi 1 m le medie invernali e di marzo, 50 cm le medie di aprile. La media annuale aumentata di 50 cm circa.

L'intero sistema spondale ha dunque subito una maggior presenza dell'acqua, ma non nel periodo primaverile. L'arretramento della riva, fenomeno in atto dal 1943, è però avvenuto con una certa lentezza, così come l'aumento della presenza della Canna verso l'entroterra, colonizzando i lischeti che allora erano gestiti regolarmente a sfalcio.

Per esempio, il canneto acquatico tipico e in buona salute si situa appena sotto e attorno alla soglia di regolazione primaverile storica (+1 m HSC). Questa diventa dunque il fattore chiave su cui il sistema canneto si adatta.

Il fatto che questa soglia applicata dal 1943 al 2007 non si discosti da quella delle medie primaverili naturali (prima dell'entrata in funzione della diga), ha probabilmente permesso almeno in parte la conservazione degli habitat palustri.

La regolazione ha comunque anticipato l'innalzamento primaverile (aprile in media ha 50 cm di acqua) ed ha incrementato l'aumento della media annuale di circa 50 cm.

Questi innalzamenti sono probabilmente comunque all'origine di una regressione del fronte del canneto in atto nell'ultimo cinquantennio fino al 2007. Dal 2007 il fenomeno è stato accelerato.

Nel periodo precedente al 1943, la media primaverile più alta si osservava in giugno. In quel mese la canna dovrebbe essere già alta e subire meno gli effetti della sommersione.

Con gli scenari di regolazione attuali (+1.25 e +1.50) i mesi interessati dal rialzo primaverile sono a partire da metà marzo.

Gli scenari futuri (in parte già in atto dal 2007) prevedono l'innalzamento delle medie primaverili, dunque di fatto per la prima volta, si innalzano le medie primaverili. Questo aspetto può spiegare una certa lentezza del cambiamento osservato nel periodo 1943-2007 (dove, comunque, si osserva un arretramento spondale con gli anni) a riscontro di un'accelerazione sul cambiamento degli ambienti negli ultimi 15 anni (dal 2007 ad oggi).

Gli anni estremi come il 2022 e le risposte ambientali osservate sono stati molto utili per capire le dinamiche ecologiche in atto, come la ricrescita del canneto e l'estensione degli ambienti litorali emersi. La maggior frequenza di anni siccitosi prevista per il futuro in base ai modelli di cambiamento climatico, non potranno contrastare l'effetto delle medie più alte in periodo vegetativo e l'arretramento spondale.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 16.** Confronto delle medie mensili per i periodi prima e dopo la costruzione della diga della Miorina e per i 16 anni 2007-2022 (con soglia +1.25 m HSC). Sono indicate le altezze in m slm con la quota CH e rispetto allo 0 di Sesto Calende. Nel grafico sotto sono evidenziate le differenze tra le medie degli ultimi 15 anni (2007-2021) rispetto al periodo prima e dopo la diga. Si noti le medie tra aprile e luglio con 15 cm di scarto (dati: Consorzio del Ticino, REPORT WP3\_01 2019-2022).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 2.2 Problematiche ecologiche in atto correlabili alle quote medie del lago

Vengono elencate le problematiche osservate correlabili al livello del lago. L'identificazione di questi problemi, che di fatto diventano problematiche di conservazione degli ambienti, delle specie e di funzionalità ecologica a lungo termine, ha influito sulla scelta degli indicatori, approfonditi mano a mano che si sono sviluppati nei vari studi e monitoraggi (dal 1999 al progetto attuale).

#### 2.2.1 Spostamento della fascia di zonazione verso l'entroterra.

A partire dal 1943 con l'aumento annuale medio e le variazioni del livello medio mensile del livello del lago (ca +0.5 m per media annuale e ca. + 1 m nel periodo invernale), il contatto acqua-sponde subisce uno spostamento ("*shifting*") verso l'entroterra. Visto che la zonazione degli ambienti umidi aperti (quelli più pregiati per la conservazione della natura) avviene all'interno di una quota di ca 1 m (in media con una variazione di 20-30 cm di quota si ha la formazione di un ambiente vegetazionale palustre differente), l'impatto di questa maggior livello è importante e all'origine di diversi processi ecologici.

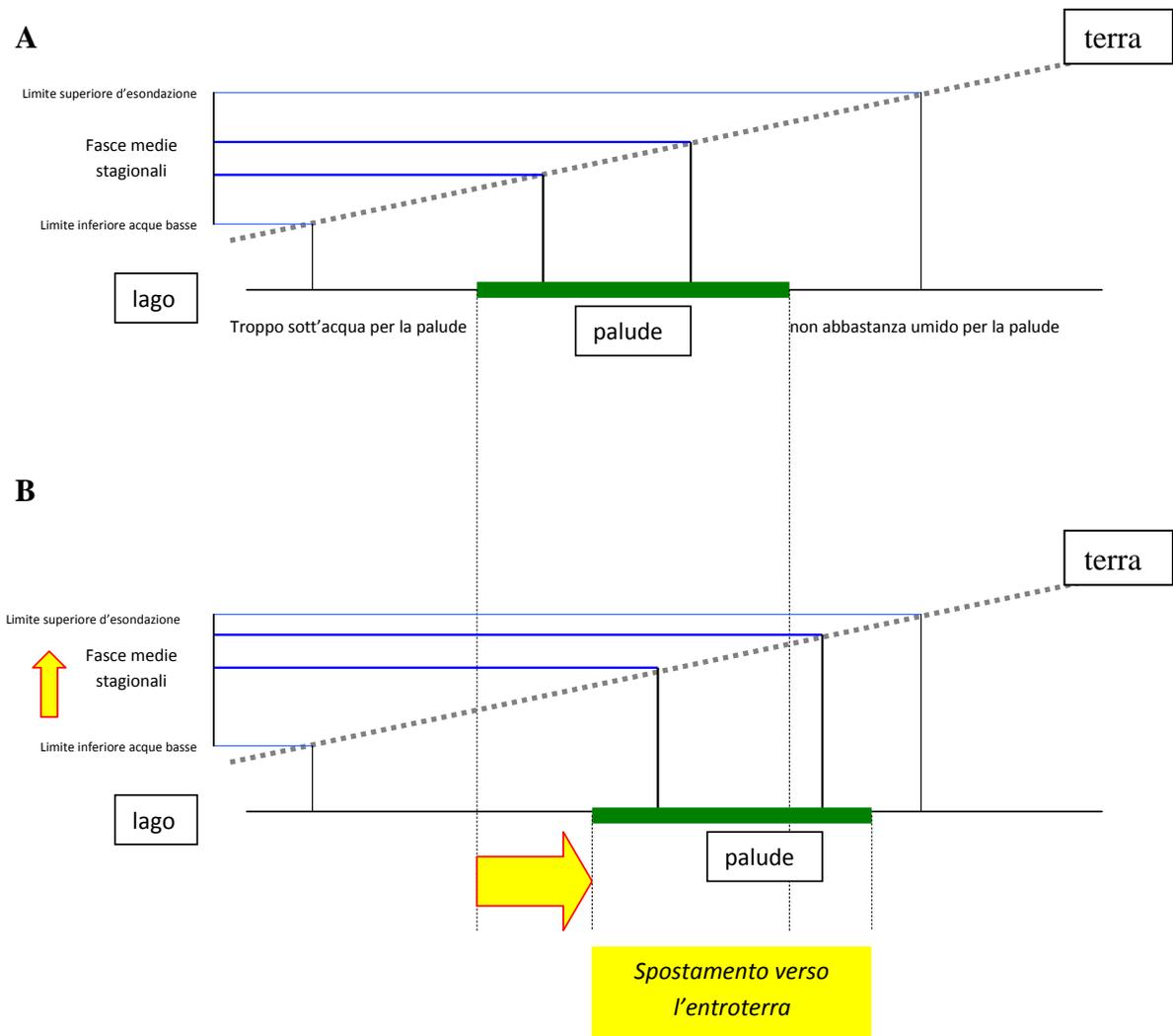
Per esempio sono stati osservati:

- la scomparsa di alcune specie ed alcune tipologie ambientali
- il favoreggiamento delle specie competitive a detrimento delle specialiste
- perdita delle tipologie meno palustri
- invasione della Canna palustre nelle paludi retrostanti (fenomeno dei "pseudocanneti": settori dominati dalla canna palustre, con conseguente eliminazione di specie che necessitano condizioni di luminosità al suolo marcate, ma senza riuscire a creare le condizioni dei veri canneti, per cui specie tipiche dei canneti non riescono a colonizzare queste superfici)
- mancata crescita e stato di salute carente del canneto acquatico nelle sue porzioni a lago

Nella figura sotto viene schematizzato un sistema palustre. Lungo il gradiente lago-terra (linea grigia punteggiata) è evidenziata (in verde) la zona in cui si forma la palude, la cui estensione è appunto determinata dall'intervallo entro cui varia stagionalmente il livello del lago (fig. 3A). Se il livello lacuale medio si alza (la variazione minima a cui le tipologie vegetali reagiscono è di circa 20 cm), la palude slitta verso il polo terrestre, contrariamente se il livello si abbassa la palude si sposta verso il polo acquatico (fig. 3B): il sistema mantiene così la sua integrità e diversità. Tali adattamenti avvengono in modo relativamente rapido (pochi anni) ma la stabilizzazione del sistema impiega più tempo.

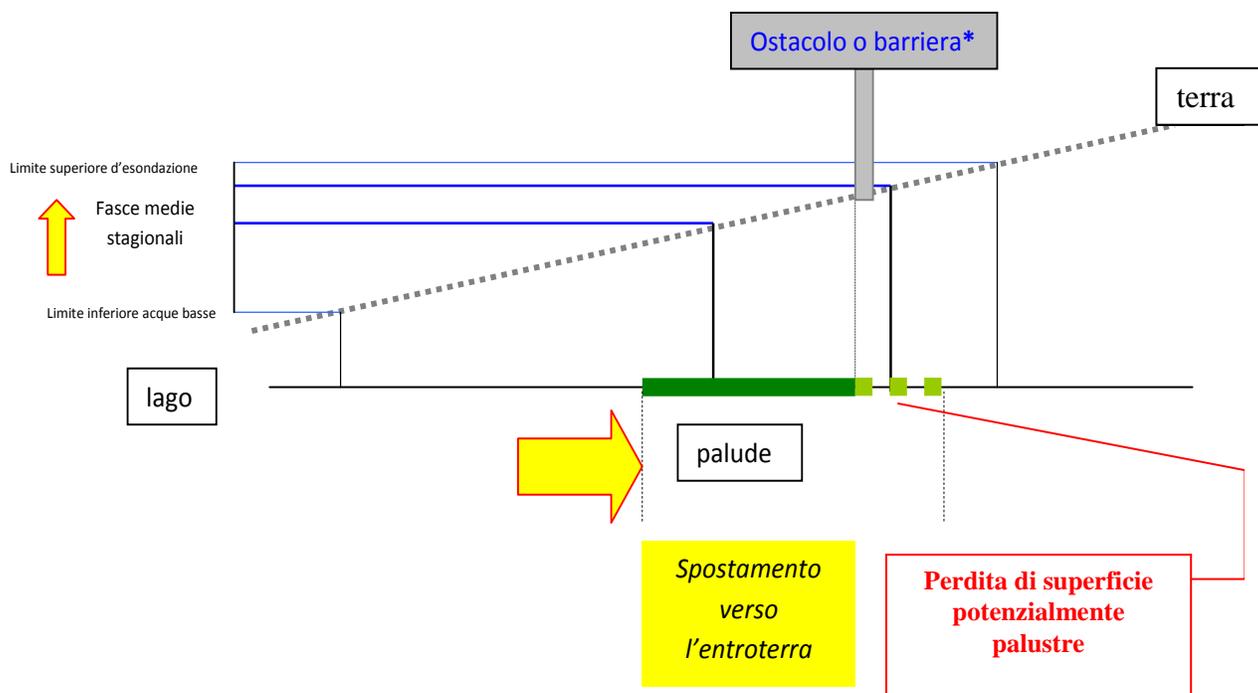
Il problema nasce quando a monte della palude esiste una barriera, come ad esempio un terreno agricolo, che impedisce alla palude di traslare verso il polo terrestre (fig. 17). Conseguentemente si osserva:

- una riduzione generale del sistema palustre
- una perdita degli ambienti più a lago (riassorbimento nel sistema acquatico)
- una perdita degli ambienti meno igrofilo (parte alta: segmento verde tratteggiato)

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 17** Rappresentazione schematica del sistema palustre in corrispondenza di livelli di acqua differenti. In (B) livello del lago è aumentato.

Lo scenario appena descritto è esattamente quanto si è verificato alle Bolle e nelle Riserve naturali del Fondo Toce e dei canneti di Dormelletto per esempio. L'aumento di quasi 30 cm dei livelli medi annuali, e di quasi 1 m di quelli invernali, spinge la palude a ridosso dei terreni agricoli o con insediamenti umani retrostanti che ne impediscono la traslazione. Questo provoca la compressione del sistema palustre con la conseguente perdita di specie e tipologie ambientali.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 18** Rappresentazione schematica dell'impedita traslazione del sistema palustre causata dalla presenza di un ostacolo a monte. Presenza di elementi (ad esempio una diga) o di aree di attività (agricole, forestali) di natura artificiale che non si adattano automaticamente allo spostamento verso l'entroterra.

Tra le conseguenze dell'impedita traslazione vi è l'aumento del canneto terrestre o pseudocanneto a scapito di tipologie vegetali meno palustri (fig. sotto). Tale formazione è dominata dalla cannuccia di palude (*Phragmites australis*) ed è tipica di aree in cui il livello dell'acqua si trova per la maggior parte del tempo al di sotto della superficie del terreno. Dal 1943 al 1989 alle Bolle è stato registrato un aumento del canneto terrestre che va dal 7 al 12% (Greco & Patocchi, 2004). In particolare, è la fascia centrale dei cariceti, dove è ancora presente la maggior diversità specifica e strutturale, ad essere influenzata dalla dinamica della cannuccia che invade e soffoca queste associazioni. La *Phragmites* cresce infatti così densa e fitta da limitare lo sviluppo di altre specie vegetali tipiche del sistema palustre, oltre a limitare l'accesso all'avifauna che tipicamente nidifica nei cariceti.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 19** Confronto fotografico della medesima area di rilevamento botanico presso la Riserva delle Bolle di Magadino nel 1985 (a sinistra) e nel 2012 (a destra). Le foto testimoniano la forte avanzata del canneto terrestre (da Patocchi *et al.*, 2014).

In generale ne consegue una banalizzazione del sistema palustre aperto con la scomparsa di alcune specie e con la sostituzione di specie specialiste, molto sensibili alle variazioni dei fattori ambientali, da parte di quelle generaliste con ampia nicchia ecologica e grande capacità di adattamento.

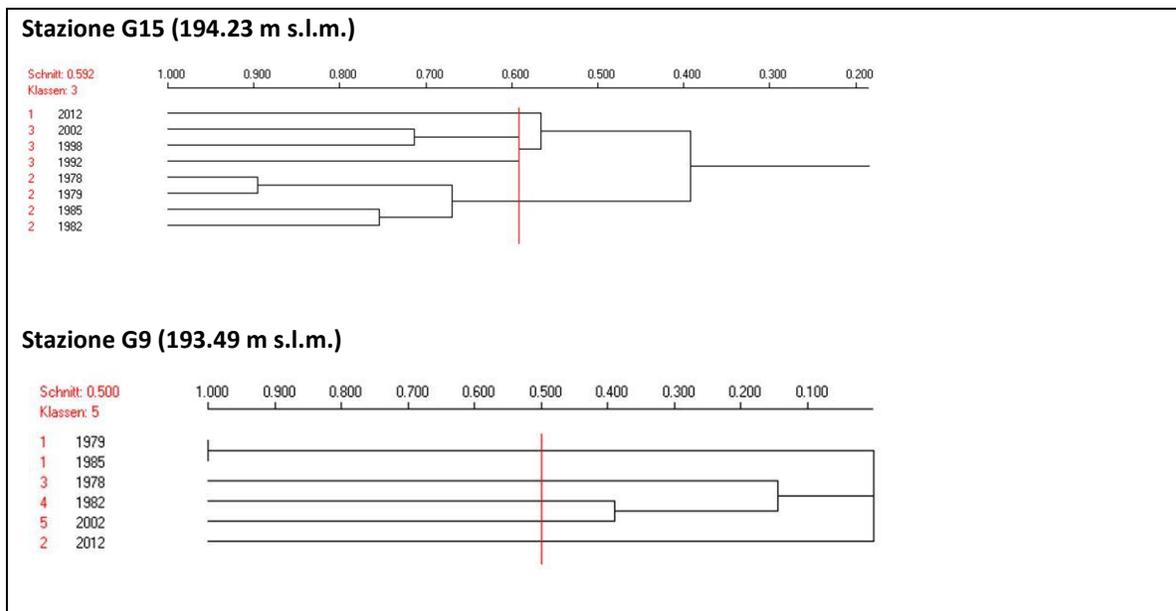
Il controllo dei quadrati permanenti in 30 anni di rilievi (Patocchi *et al.*, 2014) assieme alle analisi delle cenosi faunistiche epigee (Pierallini & Patocchi, 2001) hanno permesso di identificare le fasce altitudinali maggiormente coinvolte dalla trasformazione.

**Nella fascia di quota 193.80 m s.l.m. (194.29 / +1.15 m HSC) – 194.30 (194.79 / +1.65 m HSC) sembra evidenziarsi lo spazio d'espressione delle paludi aperte delle Bolle adattate alle nuove caratteristiche del sistema.**

Lo slittamento verso l'entroterra appare evidente, anche con la fauna epigea che ha un tempo di inerzia e di risposta molto più breve rispetto alla vegetazione.

Anche l'analisi statistica della similarità cenotica (fig. sotto) tra i rilievi effettuati in diversi anni nella stessa stazione/quadrato permanente, conferma nettamente la dinamica cenotica delle varie stazioni che stanno mutando in modo importante, specialmente negli ultimi anni e soprattutto nel 2012, dopo 3 anni di regolazione estiva innalzata.

Proprio la situazione del canneto acquatico (calcolata in base alla situazione attuale) è proposta per definire un indicatore pertinente della situazione, in cui è possibile in base ai dati attuali, definire una quota-soglia pertinente.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 20** Dendrogramma secondo l'indice di similarità cenotica floristica di Van der Maarel per due differenti stazioni: una della fascia più bassa (G9) e una della fascia più alta (G15). Gli anni con i rilievi più differenti si distanziano, con valori di similarità bassi (a destra della scala). In entrambi i casi i rilievi 2012 confermano come le stazioni stiano mutando in modo importante.

**2.2.3 Regressione e cattivo stato di salute del canneto acquatico**

Il canneto acquatico, ovvero quello inondato per la maggior parte dell'anno, costituisce una formazione quasi sempre monospecifica, dove la specie dominante è *Phragmites australis*. L'importanza di tale tipologia di canneto è attribuibile alle molteplici funzioni di grande valore ecologico che esso svolge, quale ad esempio la stabilizzazione delle rive, l'ossigenazione del terreno e la fitodepurazione delle acque, oltre a essere l'habitat riproduttivo e il luogo di rifugio per molte specie animali.

Nella riserve naturali delle Bolle di Magadino, del Fondo Toce e dei canneti di Dormelletto da diversi anni si assiste ad un progressivo declino del canneto acquatico che in alcune aree si presenta con formazioni frammentate e in cattivo stato di salute. Le cause possono essere molteplici, ma ha sicuramente giocato un ruolo fondamentale l'aumento dei livelli medi annuali del Verbano.

La profondità dell'acqua a cui si trova il canneto è infatti determinante per la sua crescita e sopravvivenza, valori ottimali si situano attorno ai 10-30 cm. Durante la stagione invernale, da novembre a febbraio, può sopportare di essere sommerso fino a 1,5 m, ma durante il periodo vegetativo da metà marzo a fine giugno necessita di acque basse, da pochi millimetri a circa 10 cm e anzi un periodo di emersione da uno a tre mesi fortifica il canneto (ammesso che il suolo rimanga umido e la falda non si abbassi oltre i 20 cm).

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.



**Figura 21** Ortofoto del territorio delle Bolle nel 2012. I punti rossi rappresentano i picchetti cn1 - cn40 che nel 1994 segnavano il limite del canneto acquatico. Risulta evidente la fascia di canneto scomparsa.

Gli alti livelli estivi del lago, registrati soprattutto negli ultimi anni, hanno causato un indebolimento del canneto. L'inondazione delle giovani piante ne impedisce l'attività fotosintetica, riducendo al contempo l'approvvigionamento di ossigeno, e ne limita la capacità di fabbricare riserve nutritive. In tali condizioni il canneto tende a crescere in altezza, invece che ad espandersi orizzontalmente, formando dei cespi (fenomeno ben conosciuto e noto come *clumping*) che, soggetti nel tempo allo sradicamento, lo rendono più fragile e meno stabile.

La necessità di un periodo di emersione per assicurare lo sviluppo del canneto è stata chiaramente dimostrata nel 2003 ma ancora di più nel 2022 quando, a seguito di un periodo siccitoso di molti mesi, si è assistito in tutte le aree a canneto del lago a una forte ricrescita a fronte lago del canneto. In alcuni casi tale ricrescita non solo ha ridotto la fascia di regressione del canneto (misurata grazie a picchetti di riferimento posizionati nel 1994 nelle Bolle), ma l'ha addirittura annullata facendo registrare una crescita positiva.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 22** Rizomi di ricrescita del canneto acquatico in periodi con livelli lacuali bassi (settembre 2013 lago a 192.60 m s.l.m.).



**Figura 23** Foto del canneto acquatico, nella parte centrale della Riserva naturale delle Bolle di Magadino, scattata il 16 ottobre 2013 con livello del lago a 192.80 m s.l.m. Si noti come la ricrescita della parte più a lago (linea rossa bassa) sia ridotta rispetto alla fascia retrostante (linea verde, altezza normalmente raggiunta dal canneto). Infatti, nel 2013 il lago ha mantenuto livelli medio-alti durante tutto il periodo primaverile e fino a fine giugno (193.80-194.00 m s.l.m. – cf fig. 2). Il canneto ha cominciato a ricrescere nella fascia più vicina al lago solo a luglio. Tale fascia in quell'anno fu inutilizzabile per gli uccelli del canneto.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 24** Formazioni di cespi (*clumping*) e loro destabilizzazione, in evidenza con lago basso, Riserva naturale delle Bolle di Magadino.

Gli alti livelli lacuali possono causare anche lo sradicamento del canneto. Secondo la teoria lineare sulle onde, il loro effetto sul litorale raggiunge una profondità pari alla metà della loro lunghezza. Si stima che le onde nel lago Maggiore raggiungano una lunghezza di circa 2 m, pertanto, i sedimenti vengono interessati fino a 1 m di profondità (Giugni, 2001). Ne consegue che con l'innalzamento del lago il canneto è sottoposto a un continuo disturbo meccanico da parte delle onde. A ciò si aggiunga che essendo sommersa per più della metà della sua altezza, la cannuccia subisce naturalmente una spinta idrostatica che ne facilita lo sradicamento. Se a ciò si somma il fenomeno del *clumping* i danni sono importanti.

Infine, la presenza di legname flottante, che spinto dal vento e dalle onde investe il canneto già frammentato e pertanto più facilmente penetrabile, danneggia ulteriormente tale formazione vegetale, soprattutto localmente. Il danno meccanico appena descritto diventa tanto più importante quanto più è alto il livello del lago.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 2.2.4 Erosione al piede del canneto (Fascia di erosione)

Se per lungo tempo le onde hanno la possibilità di toccare la sponda dove il fronte del canneto cresce e si installa, vi possono essere dei problemi di erosione e sradicamento dei cespi di canna stessi. Problematica non accentuata dove il litorale scende gradualmente e con bassa pendenza (caso generale delle Bolle) ma più delicata dove la sponda è più ripida come a tratti accade ad esempio a Fondotoce.



**Figura 25** Erosione al piede del fronte del canneto (nella foto esempio a Fondotoce).

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****2.2.5 Forte diminuzione o perdita degli ambienti litoranei temporaneamente emersi (Litorali)**

Quando il livello idrico di un lago si abbassa emergono estese aree sabbio-fangose che vengono facilmente colonizzate da specie vegetali adattate a questi habitat transitori (fig. 11). Tali cenosi generalmente formate da erbe annuali di piccola taglia sono soggette di anno in anno a notevoli variazioni sia per la distribuzione, sia per l'estensione dei popolamenti. La condizione indispensabile per la loro formazione è che il tempo di emersione del litorale sia sufficientemente lungo da consentirne la colonizzazione e la germinazione dei semi.



**Figura 26** Litorali emersi colonizzati da rara vegetazione effimera (Nanocipereti).

Prima della regolazione il Lago Maggiore era famoso per questo tipo di formazioni, denominate Nanocipereti litoranei, che sui suoli emersi sabbiosi e ciottolosi formavano dei veri e propri tappeti verdi durante le magre estivo-autunnali (Schröter & Wilczek, 1904; Jäggli, 1922; Klötzli 1963; Patocchi, 2004). Con il regime regolato i periodi di emersione sono drasticamente diminuiti e le aree emerse si sono ridotte.

I nanocipereti sono ambienti molto importanti, oltre che da un punto di vista ecologico, anche per la conservazione poiché ospitano specie vegetali minacciate di estinzione o estremamente rare a sud delle Alpi. Specie quali *Litorella uniflora*, *Juncus tenageia* e *Eleocharis acicularis*, tipiche di questi ambienti, sopravvivono solo in alcune zone rifugio. Altre invece sono oggi praticamente scomparse (*Juncus bulbosus*, *Eleocharis atropurpurea*, *Isoëtes lacustris*).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Tali aree emerse sono anche luoghi di sosta ideali per gli uccelli limicoli che durante le migrazioni vi si fermano per alimentarsi. È stato stimato che i litorali sono sommersi quando il livello lacuale a Sesto Calende supera la soglia di 0.35 m (Soncini Sessa, 2004), corrispondente alla quota di 193 m s.l.m. (l 193,37 m s.l.m.).

Quanto successo nel 2003 e ancor di più nel 2022, con lunghi mesi dei litorali in emersione, ha permesso di osservare che le specie importanti sono ancora presenti, sebbene su superfici meno estese rispetto alle descrizioni di inizio secolo scorso.

Il cambiamento climatico in atto, con la previsione di maggior frequenza di eventi siccitosi, dovrebbe favorire questo habitat.

#### 2.2.6 Mancata riproduzione dell'avifauna.

Il canneto rappresenta l'ambiente ideale per la nidificazione di alcune specie dell'avifauna (cf Gli uccelli del Lago Maggiore, 2022). È cosa nota che le variazioni primaverili del livello del lago condizionino fortemente il successo riproduttivo delle specie che nidificano negli strati più vicini all'acqua. Già la situazione particolare del lago, con escursioni importanti e rapide, impedisce la permanenza di specie che amano costruire il nido nella parte inferiore del canneto, come per esempio la Salciaola (*Locustella luscinioides*).

Alle Bolle la riproduzione dell'avifauna che nidifica nel canneto avviene tra il 15 aprile e il 31 agosto. Se durante tale periodo il livello del lago supera la quota a cui sono stati costruiti i nidi, questi vengono sommersi e la riproduzione è compromessa.

È stato stimato che l'acqua raggiunge mediamente i nidi quando il livello lacuale supera la soglia di 0.85 m sull'idrometro di Sesto Calende (Soncini Sessa, 2004), ovvero i 193.50 m s.l.m. (l 193.87 m s.l.m.).

Contemporaneamente anche un abbassamento importante e improvviso del livello del lago nel periodo tardo primaverile può rappresentare un problema per l'avifauna. Lo è ad esempio per lo Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) che nidifica tra inizio aprile e fine giugno. Il nido flottante ancorato ai canneti rischia di essere danneggiato da repentini abbassamenti di livello.

#### 2.2.7 Ambiente idoneo per la fregola e l'utilizzazione da parte del pesce litoraneo (Ciprinidi)

Numerose specie di pesci utilizzano la fascia litoranea e palustre/acquatica quale habitat per la fregola o il periodo di sviluppo (stadi giovanili specialmente). Un abbassamento in periodo primaverile-estivo del livello del lago risulta quindi un evento limitante notevole, poiché l'accesso al canneto non è possibile. Chiaramente le magre naturali estive rientrano nel ciclo naturale del lago.

Diverse specie di pesci sfruttano la fascia litorale come habitat per la riproduzione e le prime fasi di sviluppo degli avannotti. Tra questi compaiono ad esempio la tinca (*Tinca tinca*) e l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*) appartenenti alla famiglia dei Ciprinidi ed il luccio (*Esox lucius*) appartenente alla famiglia Esocidae.

La tinca e il luccio depongono le loro uova sui fusti e sulle foglie della cannuccia di palude. Un eccessivo abbassamento del livello lacuale durante il periodo della riproduzione (primavera-estate) ne compromette il successo poiché riduce la profondità del canneto e l'area di deposizione. Per i pesci che depongono le uova sul fondo, come l'alborella, i danni maggiori si hanno invece quando il lago decresce oltre la profondità a cui sono state deposte.





### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Gli eventi rischiosi non sono le magre naturali estive, ma i prolungati periodi di abbassamento del livello lacuale dovuti alle necessità delle utenze a valle, in particolare di quelle irrigue nel periodo primaverile-estivo.

Si è stimato che per il gruppo dei Ciprinidi e per il luccio le difficoltà riproduttive si presentano quando il livello lacuale a Sesto Calende scende al di sotto della soglia di 0.50 m, corrispondente alla quota di 193.15 m s.l.m. (l. 193.57 m s.l.m.), perché la profondità dell'acqua nel canneto e l'area sommersa diventano insufficienti (Soncini Sessa, 2004).

#### 2.2.7 Pullulazione di zanzare

L'aumento dei livelli medi annui del Verbano può essere messo in relazione anche con episodi di pullulazione di zanzare.

Il problema delle zanzare alle nostre latitudini è esclusivamente legato al disturbo della popolazione e dei turisti che durante la stagione primaverile-estiva frequentano le sponde lacustri. La questione ha quindi anche importanti ripercussioni economiche.

Le pullulazioni riguardano oggi in particolare due specie, *Aedes vexans* e *A. sticticus*, molto comuni nelle zone periodicamente inondate delle regioni temperate e ben adattate a queste condizioni. Le specie depongono le uova nel fango e queste si schiudono quando il terreno viene allagato, viene così consentita la sopravvivenza delle larve acquatiche (fig. 12). Dopo la schiusa, che avviene in 48 ore, le larve rimangono nell'acqua per 8-15 giorni prima di passare alla fase adulta durante la quale le femmine necessitano di sangue per la produzione di uova.

Tale ciclo biologico trova nel territorio delle Bolle condizioni ideali. Da metà aprile a metà settembre anche un periodo di pioggia non eccessivo può causare l'esondazione del lago che negli ultimi anni si trova già a livelli sempre più alti. Quando l'acqua si ritira lascia dietro di sé un terreno fangoso ideale per la deposizione delle uova da parte delle femmine adulte. Ad ogni successiva esondazione si schiudono sempre più uova, in questo modo viene garantita la sopravvivenza della specie.



**Figura 27** Aree agricole inondate presso la riserva naturale delle Bolle di Magadino e schiusa sincrona di centinaia di larve di *Aedes spp.* al litro.

In un ecosistema equilibrato le popolazioni di zanzara sono regolate dai predatori naturali, quali avannotti, libellule o coleotteri che si cibano delle larve. La strategia ecologica sviluppata dalle *Aedes spp.* permette lo sviluppo di molte larve in condizioni praticamente prive di predatori. Inoltre in un ecosistema antropizzato come lo sono i campi agricoli inondati della Riserva, la pullulazione delle popolazioni di *Aedes* è facilitata ancor di più.

Le piene molto ravvicinate dell'ultimo ventennio hanno contribuito a rendere esplosivo il fenomeno. Si è valutato che pullulazioni non avvengono quando il livello del lago rimane



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

inferiore a 0.85 m sull'idrometro di Sesto Calende, corrispondente alla quota di 193.50 m s.l.m. (l 193.87 m s.l.m.). Infatti solo quando viene superata questa soglia si allagano terreni che normalmente rimangono asciutti.

A partire dal 1989 alle Bolle di Magadino e dal 2004 a Fondotoce e Dormelletto le pullulazioni di zanzare vengono controllate tramite la dispersione sui terreni allagati di un insetticida biologico costituito da un batterio sporigeno, il *Bacillus thuringiensis israelensis*. Questo, ingerito dalle larve, ne distrugge l'epitelio intestinale uccidendole.

### 2.3 Periodi di riferimento

Nel capitolo contestualizzazione viene descritto la successione di eventi che hanno portato alla situazione odierna, con l'innesto della diga della Miorina nel 1943 e l'inizio quindi del periodo con le medie regolate (ma non gli estremi).

Già dagli anni '60 del secolo scorso si discute della modifica della normativa di regolazione e nel 1999 si iniziò con uno studio d'impostazione scientifica che cercò di capire il grado di insoddisfazione dei vari portatori di interesse (Progetto Verbano).

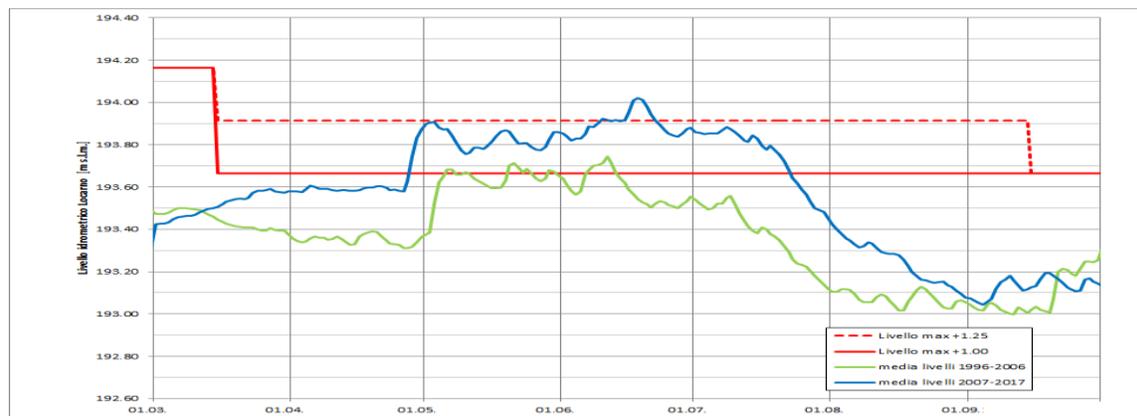
Ma a partire dal 2007, per la prima volta dal 1943, l'applicazione della fascia di regolazione estiva a +1.25 diventa effettiva\* e si abbandona la soglia storica estiva stabilita a +1m.

Questo cambiamento reale determina di fatto il termine di confronto dei dati raccolti nel presente studio, che non deve limitarsi al 2015, ma considerare il periodo 2007-2022 come insieme omogeneo riguardo la normativa di regolazione estiva.

\*Estratto da "Nota all'indirizzo dell'Autorità di bacino del Po, tavolo tecnico per la regolazione del Lago Maggiore – Osservazioni sul primo triennio di sperimentazione, Dipartimento del Territorio, Ufficio Corsi d'acqua, UCA, 5.12.2017":

"Negli anni recenti, prima dell'inizio della sperimentazione in corso, autorizzata il 12 maggio 2015, il livello estivo del lago Maggiore, è stato già mantenuto a una quota superiore a +1.00 m sullo zero idrometrico di Sesto Calende: in occasione dell'emergenza idrica del 2007 la Presidenza del Consiglio dei Ministri ha autorizzato il Consorzio del Ticino a derogare al limite massimo ordinario di regolazione il 30 maggio 2007. L'autorizzazione è stata prorogata fino al 30 giugno 2008 con un decreto del 28 dicembre 2007 e successivamente prorogata ancora il 30 giugno 2008. In anni più recenti, anche nel corso delle stagioni estive 2012 e 2013 sono stati registrati livelli superiori al limite massimo definito dal Disciplinare di Regolazione del 24 gennaio 1940.

Confrontando i valori medi del periodo 1996-2006 e quelli del periodo 2007-2017 (cfr. Figura 29) appare evidente la differenza dei livelli, in particolare da inizio maggio a fine agosto.



**Figura 29** Livelli medi giornalieri a Locarno, periodo 1996-2006, 2007-2017 e confronto con i limiti massimi di regolazione [Elaborazione UCA su dati Ufficio federale dell'ambiente].



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Ora si tratta di dover valutare gli effetti sull'ambiente di un cambiamento indotto dalle regolazioni con un innalzamento della soglia primaverile-estiva di 0.25 m (di fatto la soglia 0.35 cm e 0.50 cm non è stata applicata finora, se non per brevi periodi ininfluenti sugli studi) e una previsione di tali effetti se in futuro la soglia sarà aumentata di ulteriori 25 cm (+1.50 posto come obiettivo della sperimentazione).

#### 2.4 Per i sistemi litorali-spondali una variazione di 25-50 cm è influente o rilevabile?

Le conoscenze scientifiche e gli studi fatti finora sugli ambienti litorali e palustri segnalano che il sistema comincia a manifestare dei cambiamenti, in modo misurabile, con variazione dell'ordine della decina di cm.

#### Le cenosi vegetazionali palustri alle Bolle di Magadino

Studiati nella riserva delle Bolle di Magadino già dagli anni '60 del secolo scorso, a partire dal 1992 le stazioni di rilievo sono state quotate precisamente e si è quindi potuto correlare la quota con il tipo di associazione vegetale palustre. Oltre ad una trentina di quadrati permanenti rilevati ad intervalli decennali (cf. cap. 2.4), nel 2015 si è potuto ripetere il rilievo di circa un'ottantina di stazioni e confrontarle con gli stessi rilievi eseguiti nel 1992 (Haritz *et al.* 2017), considerando che il legame con la falda del lago è diretto e determinato dalla sola quota (per lo meno nei sistemi fluvio-deltizi).

Il sistema è molto sensibile e le associazioni vegetali cambiano lungo il gradiente di quota: si può leggere dal grafico della figura 12 del capitolo "contestualizzazione" che all'incirca ogni 20 cm cambia il tipo di associazione vegetale. Queste caratteristiche determinano anche gli habitat palustri retrostanti il fronte, dove troviamo praterie umide a grandi carici, prati umidi e praterie a strutture fisionomiche basse su letti ghiaiosi molto filtranti (parvocariceti). Da segnalare anche le formazioni che troviamo nei settori più alti, ma sempre di tipo palustre, che se gestite regolarmente originano associazioni fitosociologiche uniche e poco descritte in letteratura (lischeti a *Poa pratensis* e *Deschampsia caespitosa*, una sorta di duna sabbiosa maturata verso un prato palustre).

Questo tipo di formazioni ospita molte specie rare e adattate ad una nicchia ecologica molto ristretta, oggi minacciate di estinzione proprio perché specializzate a vivere in ambienti particolari. La presenza di ambienti pionieri, dovuti ai processi alluvionali, arricchisce e diversifica l'ecosistema, riattivando costantemente la successione ecologica: un'ottima premessa per una conservazione a lungo termine.

Si noti sullo stesso grafico come tra la fascia +1 m - +1.50 m HSC si situano diversi tipi di cariceti e l'unità 3 corrispondente ad una forma invasiva di canneto (pseudocanneto).

Proprio sullo pseudocanneto, formazione vegetale che crea problemi di conservazione della biodiversità, Greco&Patocchi nel 2003 analizzarono la correlazione tra tipi di suolo e invasione da parte della Cannuccia palustre (=Canna per semplificare) nei cariceti. Furono evidenziati i fattori ambientali che, attraverso le loro variazioni, possono aver contribuito all'invasione di *P. australis*:

- L'abbondanza di cannuccia di palude sembra innanzitutto influenzata dalla quota; attorno ai 194 +/-0,20 m s.l.m. (+1.30 +/-0,20 m HSC) sono in atto dei processi che favoriscono fortemente *P. australis*.
- L'abbondanza di *P. australis* è correlata significativamente con il valore del pH (a 30 cm di profondità).

Considerando che la quota con il livello medio del lago situato a ca. 193,7 m s.l.m. cioè proprio 30 cm al di sotto delle stazioni dove si osserva la massima abbondanza (194 m) della specie in



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

situazione terrestre) i parametri correlati risultano essere a -30 cm dove si presume che a livello di radici e rizomi vi sia una competizione determinante.

Pertanto, la fascia di influenza della quota media, specialmente in periodo vegetazionale, va considerata per le associazioni vegetali che inonda completamente, ma anche per quelle che si ergono al di sopra per almeno 30 cm (quindi nel profilo pedologico fino a -30 cm almeno dalla quota della superficie).

Per questo motivo, le fasce di analisi scelte in seguito considerano anche la fascia +1.75m HSC:

≤+1 m HSC	≤ 193.65 m.s.l.m
+1.25 m HSC	193.65 - 193.90 m.s.l.m
+1.50 m HSC	193.90 - 194.15 m.s.l.m
+1.75 m HSC	194.15 - 194.40 m.s.l.m

L'intervallo di 25 cm per fascia è determinato dal modello di terreno.

### 2.5 Come distinguere la “maturazione evolutiva” (successione) delle formazioni palustri da cambiamenti indotti dalla variazione di un solo parametro (soglia di regolazione)?

Le osservazioni a lungo termine permettono di distinguere i vari processi in corso. Come riportato in Patocchi *et al.* (2014), nella riserva naturale delle Bolle di Magadino la vegetazione viene periodicamente controllata e rilevata dal 1978 in una trentina di quadrati permanenti. Nel 2012 i rilievi sono stati ripetuti per la sesta volta rispettivamente per la settima/ottava in alcuni quadrati. Sulla base dei risultati finora ottenuti la tendenza evolutiva delle associazioni vegetali è stata studiata con il confronto temporale delle serie di rilievi e l'analisi della stabilità e della dinamica interna alle associazioni stesse. La quota delle varie stazioni permette di evidenziare delle fasce altitudinali in cui le trasformazioni sono maggiori. Si osserva una generale convergenza verso stadi nettamente più palustri e la perdita di identità delle associazioni meno igrofile rilevate negli anni 1978-1985. Tale tendenza è indipendente dalla gestione applicata. Queste trasformazioni non sono inoltre causate dall'invasione di specie neofite assenti nei primi anni di rilievo (queste specie per ora causano problemi solo puntuali). Più stabili appaiono le paludi aperte su substrati ciottolosi acidi, anche se si denota pure una perdita di specie differenziali. Le formazioni boscate restano tendenzialmente stabili, ma si segnala la presenza potenzialmente problematica di neofite invasive. Il legame, evidenziato con le quote per le stazioni più dinamiche, segnala un certo ruolo dei livelli medi del lago nel periodo vegetazionale.

Si osserva dunque una tendenza contrapposta tra il polo più alto e meno bagnato e il polo più fradicio sul continuum acqua-terra. L'ultimo rilievo del 2012 testimonia di un'accelerazione del processo di “infradiciamento” delle stazioni più basse, comunque rilevabile nelle sue fasi iniziali già nel 2002.

Dove il lago e le sue medie ha un'influenza diretta, la vegetazione si trasforma verso cenosi più fradice, mentre all'opposto, le condizioni climatiche più estreme condizionate dai cambiamenti climatici, portano ad una perdita di specie caratterizzanti.

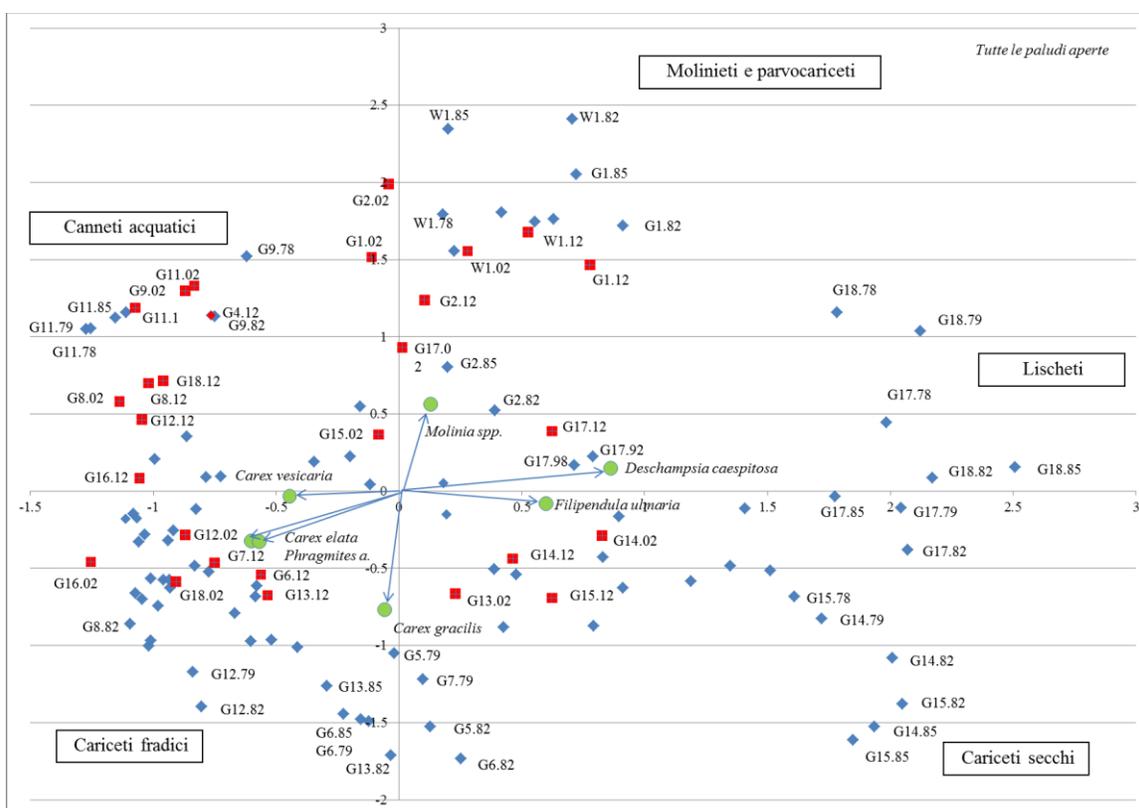
Con i risultati descritti in Patocchi *et al.* 2014, per fasce di quota si può descrivere in questo modo questa contrapposizione:

- Gruppo 1: Fascia altitudinale: 193.49 (+0.86 m HSC) – 193.70 m (+1.05 m HSC)  
Stazioni che mostrano poca dinamica: poche specie scompaiono, poche arrivano ma anche poche sono stabili. Si tratta in effetti di stazioni estreme: condizioni al limite con quelle acquatiche dove la vegetazione palustre fatica a crescere. Sono le zone



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

- tipicamente dominate dal canneto acquatico anche se questa formazione fatica a crescere a seconda degli anni. Sono associazioni in generale con poche specie (alfa-diversità bassa) situate alle quote più basse e indipendenti dal settore geografico.
- Gruppo 2: *Fascia altitudinale 193.74 (+1.09 m HSC) – 194.05 m (+1.40 m HSC)*. Stazioni che conservano una loro identità e una certa stabilità cenotica, anche se evidenziano l'inizio di una trasformazione, sia pure non ancora drastica: alcune tendono a evolvere verso formazioni più fradice e palustri, per altre invece si può ipotizzare una trasformazione determinata dalla presenza di specie neofite che cominciano ad essere invasive.
  - Gruppo 3: *Fascia altitudinale 194.11 (+1.46 m HSC) – 194.55 m (+1.92 m HSC)*. Stazioni con grande dinamica e in pieno cambiamento, con molte nuove specie ma altrettante scomparse. Forte dinamica delle neofite invasive.



**Figura 30** Rappresentazione grafica dell'Analisi delle componenti principali basata sulla composizione delle specie delle comunità di tutte le paludi aperte (G e W1, 92 specie x 119 stazioni). Variabilità spiegata dagli assi 1 e 2: 34.1%. Le stazioni rilevate dopo il 2000 sono indicate con un quadrato (rosso). Freccie seguite dai pallini (verdi): proiezione del risultato per alcune specie che maggiormente caratterizzano le differenze tra stazioni. Ogni rilievo che definisce una stazione è composto dalla sigla della stazione e dall'anno di rilevamento (p.es. W1.85: stazione W1, anno del rilievo 1985). Si noti come i quadrati rossi si spostino verso il polo "canneti acquatici".

D'altro canto, anche l'analisi del comportamento di alcune specie negli anni, segnala chiaramente uno *shifting* verso l'alto delle specie palustri e acquatiche. La tabella 3 riporta i rilievi per gli anni 1978-2012, indicando con gli indici Braun-Blanquet la copertura delle specie per area di rilievo 5x5m; sono riportati gli esempi per la *P. australis* e *C. vesicaria*, due specie che



### **WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

amano i suoli fradici e sommersi per molto tempo; le stazioni sono ordinate in base alla loro quota (quote CH).



**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

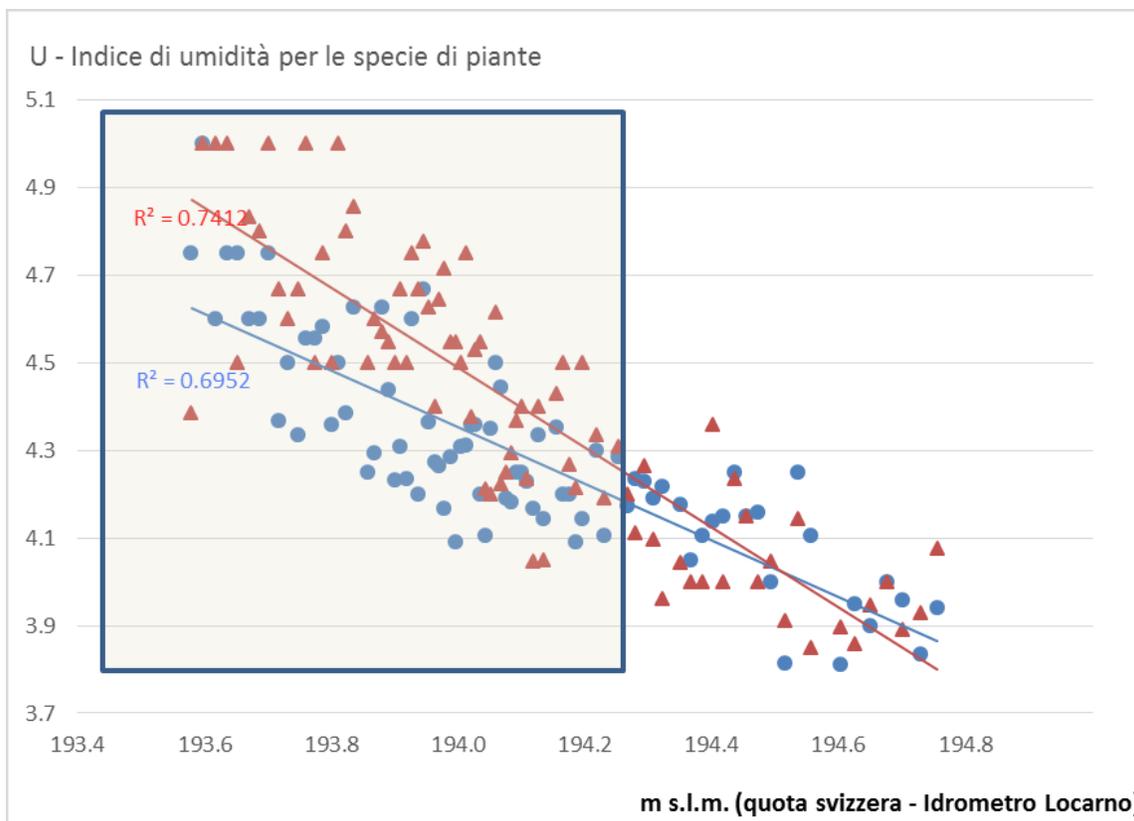
**Tabella 3** Stabilità di *Phragmites australis* e *Carex vesicaria*

Dinamica											
stabilità		<i>Phragmites australis</i>									
GRUPPO		Quota (m)		1978	1979	1982	1985	1998	2002	2012	
1	B o l l e	193.7	G11	4	4	4	5		4	4	
2		193.73	G12	3	3	3	3	3	3	3	
2,3		193.76	G16	2	2	1	+	2	3	2	
2		194.05	G13	3	3	3	3	5	3	3	
3		194.1	G14	+	1	1	3	3	3	3	
3		194.11	G18					3	4	3	
3		194.23	G15	+	+	+	2	3	3	3	
3		194.55	G17					+	1	1	
1	C e n t r o	193.49	G9	r		1			5		
1		193.64	G8	4	4	4			5	+	
2		193.76	G7	1	r	r	r				2
2		193.85	G5		1	2	4		5	3	
2		193.88	G6								
1	N o r d	193.66	G4	4	4	3	4		5	1	
2		193.74	G3	4	3	3	4		3	+	
2		193.75	G2	+	+	+	+		r	r	
2		193.84	W1					1			
2		193.9	G1								
		<i>Carex vesicaria</i>									
				1978	1979	1982	1985	1998	2002	2012	
1	B o l l e	193.7	G11	2	1	+	+			+	
2		193.73	G12						1	1	
2,3		193.76	G16			+	+		1	1	
2		194.05	G13						1	1	
3		194.1	G14								
3		194.11	G18						+		
3		194.23	G15								+
3		194.55	G17								
1	C e n t r o	193.49	G9								
1		193.64	G8			+			3	+	
2		193.76	G7			1	+			1	
2		193.85	G5							1	
2		193.88	G6								+
1	N o r d	193.66	G4			2	2				
2		193.74	G3			+	+			2	
2		193.75	G2							+	
2		193.84	W1								
2		193.9	G1								

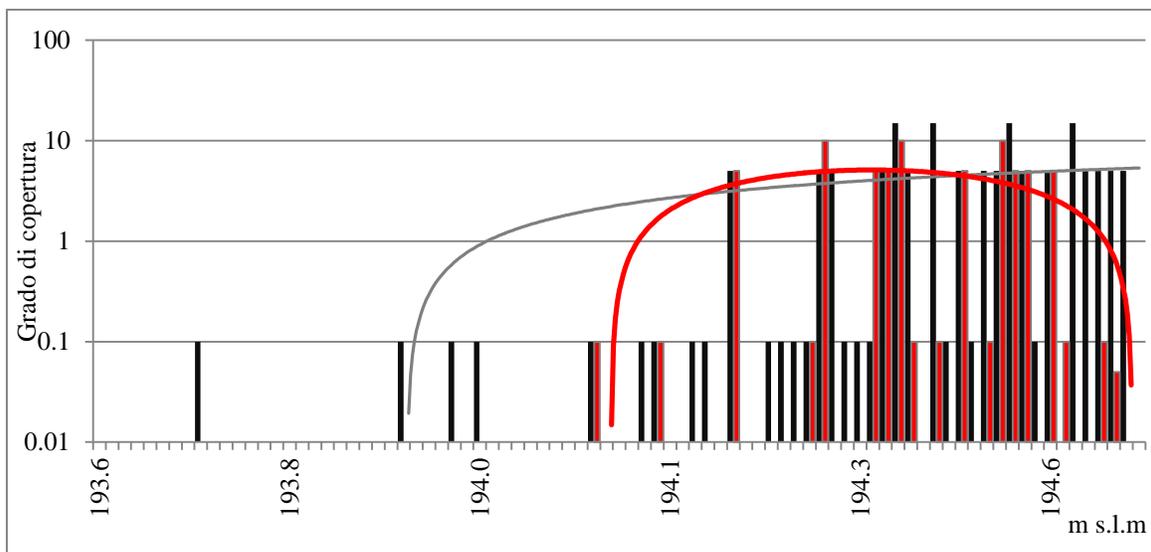


**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

Haritz et al. (2017) hanno evidenziato ancora in modo più chiaro questa contrapposizione attraverso l'analisi degli indici vegetazionali delle specie rilevate nel 2015 in più di 80 rilievi confrontandoli con i rilievi di 24 anni prima (1992) negli stessi posti. Con l'indice di umidità di Landolt si classificano le piante in base alle loro preferenze ecologiche riguardo la presenza di acqua nel suolo (1: molto secco – 5: acquatico). Si noti come il punto di svolta sembra attestarsi attorno alla fascia di quota 194.20 m (+ 1,50 m HSC) (Figura 32), confermando le tendenze emerse nel 2012 (Patocchi et al. 2016).



**Figura 31** Andamento dell'indice di umidità U secondo Landolt in funzione della quota. Ogni punto rappresenta il valore U medio ottenuto con le specie rilevate presso la stazione con la quota corrispondente. Legenda: i pallini sono i rilievi 1992, i triangoli rossi quelli del 2015.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Figura 32** **completare**

*Allium angulosum*, specie a rischio estinzione (CR per il Sud delle Alpi) e tipica dei cariceti. Alla figura 32 viene raffigurato il grado di copertura in 80 rilievi ordinati sull'asse orizzontale per la loro quota, confrontando la situazione 1992 (colonne nere) e 2015 (colonne rosse). Risulta evidente il restringimento della sua nicchia ottimale: la specie non cresce più al di sotto di 194.10 m (+1.45 m HSC – se si considera -25 cm sotto la superficie dell'epigeo si ottiene +1.20 m!). Mentre oltre 194.60 (+1.95 m HSC) subisce la concorrenza di altre specie più invasive favorite dal cambiamento climatico.

Con una nicchia ecologica così ristretta, tipica delle specie "Stenoes" (specialiste), la modifica del livello medio influente di poche decine di cm può provocare effetti importanti: arretramento e indebolimento delle specie competitive antagoniste nella parte alta del gradiente con conseguenze "shifting" della nicchia ecologica verso l'alto (se esiste spazio colonizzabile).

Risulta evidente che al di sotto della soglia 194.20 m (+1.55 m HSC), sono in atto dinamiche causate dal livello medio del lago. Se consideriamo i *trend* delle medie mensili nel periodo vegetazionale otteniamo una buona correlazione con i *trend* evolutivi della vegetazione palustre. Le trasformazioni in atto dovute al periodo di cambiamento climatico influiscono favorevolmente su alcune specie esotiche (a tutte le quote) ma a livello cenotico solo alle quote meno influenzate dal lago (oltre 194.20 m, +1.55 HSC).

Manca fino ad oggi una quantificazione della superficie spondali effettivamente inondata con variazioni decimetriche.



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 2.6 Scelta degli indicatori

#### Bioindicatori

La complessità degli ecosistemi, la loro funzionalità ecologica e la dinamica spazio-temporale sono difficilmente descrivibili con pochi e semplici parametri abiotici, anche se alcuni di questi parametri assumono un ruolo caratterizzante. Nel nostro caso il livello dell'acqua e la sua presenza nel tempo è uno di questi parametri caratterizzanti.

Per questo motivo è riconosciuta l'importanza di trovare indicatori biologici che con la loro presenza e vitalità sintetizzano/riflettono l'andamento complessivo dell'ecosistema e i processi ecologici attivi o mancanti. La contestualizzazione del sistema "Lago Maggiore" analizzato e il riconoscimento dei vari sottostimi dinamici è la condizione primordiale per questa scelta di bioindicatori.

#### Inerzia e sfasamenti temporali

Un ecosistema è un superorganismo vivo che reagisce ai cambiamenti. La reazione è correlata alla capacità di resilienza del sistema stesso e si manifesta nel tempo in modo non graduale o quale evoluzione "punteggiata". L'inerzia o la rapida risposta al cambiamento è determinata dalla forza del cambiamento stesso, dalla velocità di crescita dei vari organismi presenti e dalla forza delle interazioni tra di loro determinata dalle strategie ecologiche evolutivamente selezionate.

Per questi motivi una fotografia istantanea della situazione può mostrare nello stesso tempo tracce del passato, optimum ecologici attuali e segnali anticipatori del futuro prossimo. Illustrazione molto diversificata se si analizza attraverso gruppi molto reattivi agli stimoli (animali in senso lato, con grosse differenze tra specialisti e generalisti) o meno reattivi (piante legnose).

Sul lago Maggiore le istantanee odierne possono riflettere la situazione prima del 1943 (in rari casi), tra il 1943 e il 2007 con una gestione dei livelli modificata ma costante (ancora marcante per molti habitat), dopo il 2007 (già segnalata dagli elementi più reattivi) con modifica della gestione, negli ultimi decenni la manifestazione emergente del periodo di riscaldamento climatico in atto e l'importazione con l'attività umana di animali e piante esotiche invasive. A questi si aggiunge la modifica drastica avvenuta per determinati processi ecologici come l'incanalamento dei fiumi o la perdita di trasporto solido degli stessi.

Per questo motivo, le risposte degli indicatori biologici non sono univoche o nette, e sono correlate alla loro velocità di reazione (rapida negli organismi animali, specialmente negli invertebrati, media negli organismi vegetali senza lignina, più lenta nei vegetali legnosi).

Per ogni indicatore al termine di questo studio si cercherà di riassumere le informazioni pertinenti sul suo utilizzo, soprattutto in chiave di utilizzo futuro.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Caratteristiche per indicatore:

- spettro di confronto (quali cambiamenti misura)
- velocità di risposta
- sensitività della risposta (“tuning”)
- pertinenza rispetto al contesto Lago Maggiore (a quale sistema è legato: deltizio, riparo, effimero)
- pertinenza rispetto al fattore livello medio del lago
- pertinenza funzionale ecologica? produttore, consumatore, predatore...?
- importanza per la conservazione e protezione (priorità conservativa?)
- Quantificazione? qualitativo (presenza assenza)

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****3. Scelta dei bioindicatori per la valutazione degli effetti dovuti alla regimazione artificiale delle medie del Lago Maggiore (fascia di regolazione)****3.1 Progetto Verbano Interreg II (1999-2003)**

(descrizione in Soncini Sessa, 2003) e **progetto VERBACE** all'interno del progetto Interreg **STRADA (2009-2013)**

rif: Soncini 2004; rapporto di sintesi del progetto VERBACE (Micotti & Weber, 2013. Rapporto D6: Sintesi del Progetto VerbaCe. Progetto STRADA. Politecnico di Milano

Applicazione del metodo MAVT (Analisi a molti attributi Classica) per la valutazione delle alternative. Viene definito il modello del comportamento del lago, che permette la definizione di livelli e deflussi con riferimento la situazione attuale regolata (A0, nulla cambia) e il regime naturale (come sarebbe il livello senza la diga); si confrontano le possibili alternative generate da azioni strutturali (sbancamento incile con modifica della scala di deflusso, costruzione di nuova diga regolabile durante le piene) o normative (diverse fasce di regolazione, diversi DMV per il Ticino sublacuale).

Lo scopo è individuare le diverse alternative che godono del consenso di tutti o di parte dei portatori d'interesse.

**Ricerca di indicatori per il Progetto Verbano****Scopi cui tendono i portatori d'interesse**

Le problematiche messe in evidenza sopra segnalano una situazione insoddisfacente per gli ambienti di monte. Ne è chiara conferma anche l'indice di distanza del regime storico con quello naturale. Un ripristino della situazione naturale, obiettivo ideale da raggiungere attraverso un periodo assai lungo di transizione, è riconosciuto come altamente conflittuale oggi. D'altra parte, un miglioramento della situazione attuale è possibile.

Questo significa approfittare dei margini di spazio nella decisione della fascia di regolazione, elemento determinante per gli ambienti monte. Il presente studio dimostra che questi margini esistono.

Va in ogni caso considerato che qualsiasi cambiamento di una certa importanza andrebbe applicato gradualmente, rispettando, almeno in parte, il tempo di inerzia di adattamento dei sistemi naturali.

Gli obiettivi di compromesso possono dunque venir identificati in alcuni concetti chiave:

- evitare fasce di regolazione non modulate stagionalmente
- conservare e ripristinare maggiormente il tipico ritmo di variazione del Lago Maggiore (bifasico annuale)
- contenere i livelli primaverili per evitare che anche eventi meteorologici di portata limitata causino variazioni di livello oltre le soglie critiche



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Proposte operative:

La situazione 1943-2000 va considerata come una situazione minima accettabile. Un peggioramento della situazione non è accettabile. In questo senso va introdotto un valore di veto sul limite inferiore dell'utilità del settore.

Le soglie stabilite per la valutazione delle alternative di regolazione stabiliscono una sorta di finestra spazio-temporale attorno alla quale i livelli medi stagionali dovrebbero oscillare.

Complementarmente, devono essere valutate attentamente le possibilità reali di estensione dei sistemi palustri verso l'entroterra, prima di tutto garantendo la presenza di fasce di rispetto (fasce di transizione), e cercando di ridare al sistema palustre il suo spazio effettivo per esprimersi:

visto la ridotta superficie rimasta allo stato semi-naturale sulle sponde del lago, uno sforzo in questo senso da parte della collettività non è pretenzioso. Questo sforzo potrebbe portare a proposte concrete di mitigazione a fronte di interventi sugli altri settori, approfittando della capacità di adattamento dei sistemi palustri (cf. capitolo problematiche) se le condizioni base sono rispettate: disponibilità di spazio e transizione temporale graduale.

*Nel caso del settore Ambiente di monte, i portatori d'interesse aspirano a una situazione in cui si assicura una conservazione a lungo termine di tutti gli elementi, specifici e cenotici, che compongono e formano il sistema palustre: primi fra tutti i processi ecologici che ne determinano le caratteristiche.*

### Indicatori scelti

Gli indicatori scelti nel progetto Verbano per il settore Ambiente di monte sono definiti rispetto ad una specifica area del lago: la Riserva delle Bolle di Magadino. Ciò nonostante, essi sono atti a valutare gli effetti delle alternative su tutti gli ambienti palustri periacquiali presenti sulle rive del Verbano.

Descritte le problematiche riconosciute, sono ricercati indicatori che permettono di valutare le varie alternative generate.

A fianco di un indicatore il simbolo (↓) indica che i portatori di interesse vorrebbero minimizzarne il valore, mentre il simbolo (↑) indica l'opposto.

### Condizioni complessive dell'ecosistema

Se si parte dal presupposto che la condizione migliore per lo sviluppo degli ecosistemi sia quella naturale, è immediato pensare che una misura del degrado ambientale sia la distanza tra il regime dei livelli presenti prima della costruzione della diga (regime naturale) e quello creatosi a seguito della regolazione (regime regolato). Si definisce quindi l'indicatore

**iAmb\_M\_1** (↓) distanza [m] tra regime regolato e regime naturale.

### Erosione del canneto lacustre

Se le onde battono a lungo sulla sponda al piede delle canne, il terreno sotto le radici viene lentamente eroso e i cespi di canna sradicati. Per tener conto di questo fenomeno si è definita una fascia Fero di livelli, detta fascia di erosione del canneto, all'interno della quale è opportuno che il livello del lago rimanga il meno possibile. Il corrispondente indicatore è stato quindi così definito:

**iAmb\_M\_2** (↓) numero medio annuo [g/anno] di giorni in cui il livello del lago è nella fascia di erosione del canneto.



**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Riproduzione dei Ciprinidi**

Tra il 16 marzo e il 15 agosto, avviene la riproduzione dei Ciprinidi, una famiglia di pesci che depone le uova sulla parte sommersa degli steli del canneto. Quando il livello lacuale è troppo basso la profondità dell'acqua nel canneto e l'area sommersa divengono insufficienti per la riproduzione. Il corrispondente indicatore è stato quindi così definito

**iAmb\_M\_3** (↓) frazione [%] del periodo di fregola in cui i Ciprinidi non possono utilizzare il canneto.

**Nidificazione dell'avifauna**

Tra il 15 aprile e il 31 agosto avviene la riproduzione dell'avifauna che nidifica nel canneto. Se il livello lacuale supera la quota a cui i nidi vengono posti essi sono distrutti e la riproduzione compromessa. Per salvaguardare la nidificazione dell'avifauna è stato quindi introdotto l'indicatore

**iAmb\_M\_4** (↓) frazione [%] del periodo di nidificazione in cui il livello lacuale è superiore alla soglia dei nidi

**Emersione dei litorali**

A seguito della regolazione, il periodo di emersione dei banchi di sabbia e ghiaia (litorali), su cui si riproducono i Nanocipereti litoranei, è drasticamente diminuito.

Questi litorali costituiscono un ambiente ecologicamente molto importante, sia per la conservazione dello spazio vitale di questa e altre specie minacciate d'estinzione, sia per la migrazione dell'avifauna. In condizioni naturali i litorali emergono per lunghi periodi tra il 1° settembre e il 31° marzo e pertanto, per valutare la riduzione della loro emersione, è stato introdotto l'indicatore

**iAmb\_M\_5** (↓) frazione [%] del periodo di normale emersione dei litorali in cui il livello lacuale è superiore alla soglia di emersione.

**Indicatore Zanzare**

<i>Codice</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Significato indicatore</i>
MZa1	[tratt/anno]	Valore medio annuo trattamenti antizanzare
MZa2	[g/anno]	Valore medio annuo giorni consecutivi con livello superiore a 0.85 m

**Ambiente di monte**

<i>codice</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Significato indicatore</i>
MAm1	[m]	Scarto quadratico medio annuo tra livelli naturali e regolati
MAm2	[g/anno]	Valor medio annuo giorni erosione canneto
MAm3	[%]	% media annua giorni di inidoneità canneto a nidificazione avifauna
MAm4	[%]	% media annua giorni <i>nanocipereti litoranei</i> sommersi
MAm5	[%]	% media annua giorni con difficile accesso al canneto per Ciprinidi

L'applicazione di questi indicatori ha portato alla definizione di filtri da applicare alle varie alternative analizzate, affinché si possa esprimere per ogni alternativa un grado di soddisfazione. Si noti come anche l'erogazione storica sia problematica e causa di parte delle problematiche osservate nel sistema. Alternative a favore solamente delle necessità di accumulo d'acqua (alternativa scenario "irriguo") risultano conflittuali tutto l'anno. Lo stesso una gestione dei livelli solo per prevenire il rischio di esondazione (scenario "piene") sarebbe conflittuale nel

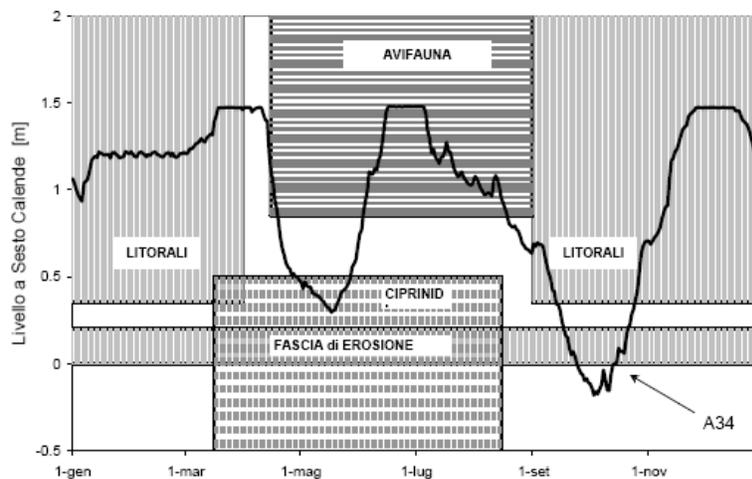
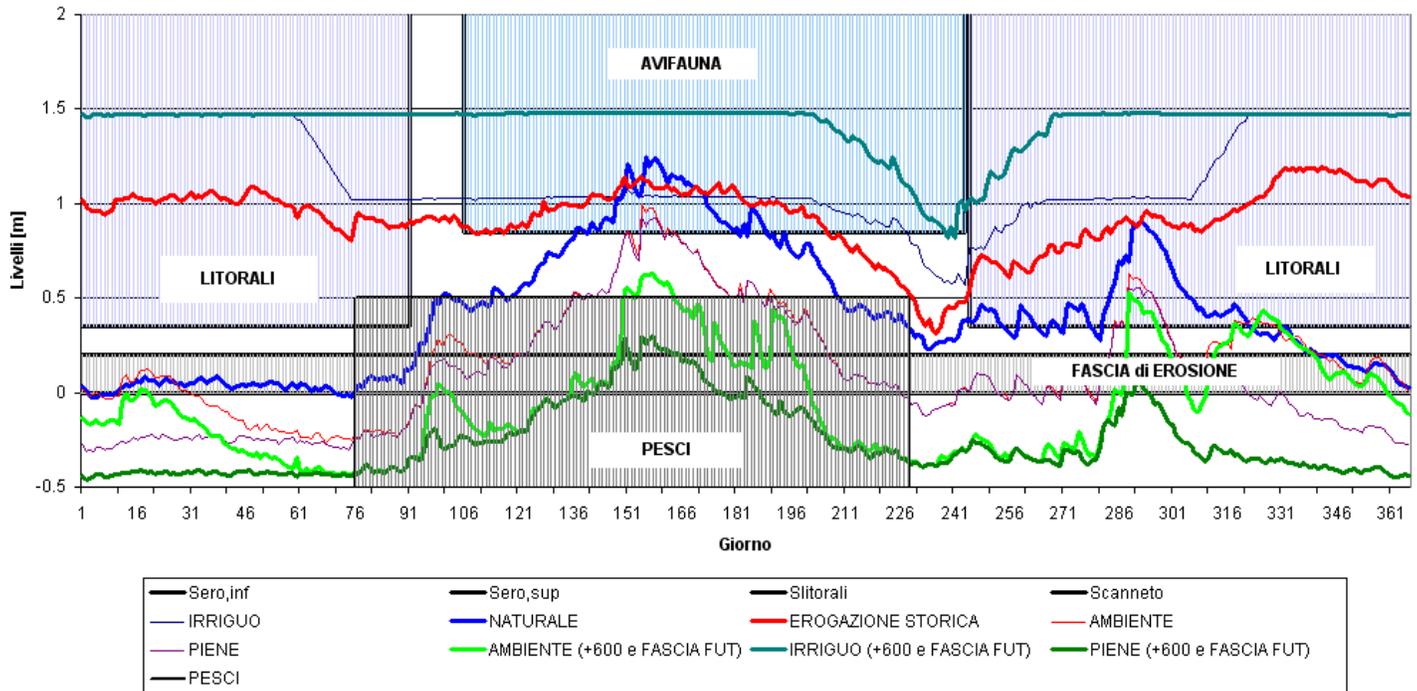


### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

periodo primaverile per il l'indicatore "pesci" (possibilità di fregola dei Ciprinidi nei canneti sommersi).

Il confronto è basato sulla situazione attuale per i siti naturali.

Confronto tra le mediane dei livelli del lago



**Figura 33** Andamento della mediana del livello lacuale: esempio di traiettoria di alternativa di gestione (A34: alternativa diga nuova, con flusso +600 e fascia costante tutto l'anno a +1.50 m) e soglie per gli indicatori per l'ambiente di monte.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### Risultati e mitigazione per l'ambiente di monte

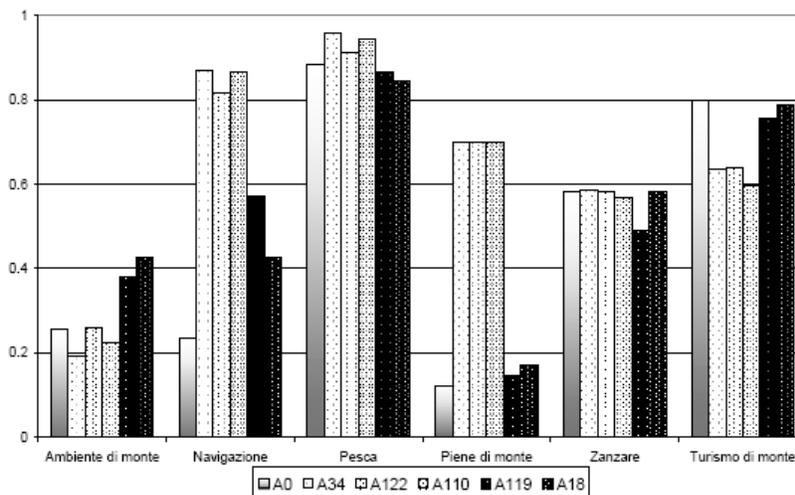
Definiti gli indicatori, si è proceduto alla valutazione delle possibili alternative, visualizzando le mediane risultanti per ogni situazione.

Le *alternative* che vengono valutate nell'Analisi a Molti Criteri sono dunque una combinazione di un'azione strutturale, un'azione normativa e un'azione di regolazione. Tra le alternative se ne è considerata una particolare, detta alternativa A0, che corrisponde al mantenimento della condizione attuale del sistema Verbano (SCALAATT- FASCIAATT- DMV 13cos - politica di regolazione storica). Lo scopo dello studio è stato quello di individuare le alternative che godono del consenso di tutti o di una parte dei portatori di interesse.

Rimandiamo al descrittivo delle analisi e delle valutazioni riassunto in Soncini 2004 e al rapporto di sintesi del progetto VERBACE (Micotti & Weber, 2013. Rapporto D6: Sintesi del Progetto VerbaCe. Progetto STRADA. Politecnico di Milano).

In sintesi confrontando le possibili varianti e la soddisfazione dei vari portatori d'interesse rispetto ad esse, l'Ambiente di monte risulta quasi sempre in posizione penalizzata (poca soddisfazione) rispetto a scelte interessanti per gli altri settori. Al contrario alternative soddisfacenti per l'ambiente di monte, non lo era quasi mai per gli altri settori.

Per uscire da questa situazione di "empasse" si presenta dunque un'unica possibilità: l'introduzione di interventi di mitigazione e compensazione per l'Ambiente di monte. In questo modo la percentuale di utilità di alcune alternative può essere aumentata per il settore.



**Figura 34** Utilità per i settori in corrispondenza delle alternative selezionate; A 0 è l'alternativa che prevede di lasciare le cose come stanno.

Nel confronto delle soddisfazioni per settore di interesse, si noti come l'Ambiente di monte comunque, indipendentemente dall'alternativa analizzata, segnala una soddisfazione limitata, poiché la modifica del regime naturale ha conseguenze a priori problematiche (l'alternativa "naturale senza diga" otterrebbe la soddisfazione totale = 1).



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 3.2 Protocollo di sperimentazione nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore. Valutazione degli effetti sul Lago Maggiore triennio 2016-2018

Tra il 2015 e il 2020 l'autorità di bacino ha applicato un programma di sperimentazione concedendo la possibilità di aumentare lo soglia di regolazione nel periodo primaverile-estivo (di fatto in pratica +1.25 m HSC). Il decreto ha previsto una valutazione degli effetti ambientali. Gli indicatori analizzati, scelti dal tavolo tecnico e misurati solo per le aree naturali italiane del Lago, sono riassunti nel rapporto GRAIA 2018 con la relazione di monitoraggio sul triennio 16-18.

Aree di controllo (solo italiane):

- ZSC-ZPS IT1150004 "Canneti di Dormelletto", che costituisce anche la Riserva Naturale omonima
- ZSC-ZPS IT1140001 "Fondo Toce",
- ZSC IT2010015 "Palude Bruschera", inserita nella ZPS IT2010502 "Canneti del Lago Maggiore" e coincidente con i confini dell'Oasi regionale della Bruschera
- ZSC IT2010017 "Palude Bozza-Monvallina" e ZSC IT2010021 "Sabbie d'oro", inserite nella ZPS IT2010502 "Canneti del Lago Maggiore" \*;

\*(Le ZSC IT2010017 "Palude Bozza-Monvallina" e ZSC IT2010021 "Sabbie d'oro" sono state considerate insieme in relazione alla loro prossimità e alle caratteristiche omogenee.)

#### 3.2.1 Indicatori analizzati

Per questa valutazione, sono stati scelti i seguenti indicatori (sulla base di quelli in atto con il progetto Verbano, anche se nel triennio di analisi di fatto sono confrontati un'unica alternativa di gestione (rialzo estivo +1.25 m HSC)

##### 3.2.1.1 Caratterizzazione del Lago Maggiore: Rilievo dell'Indice di Funzionalità Perilacuale (IFP)

Caratterizzazione delle rive del Lago Maggiore riportata in Gomarasca S., Elvio F., Roella V. (a cura di); A.R.P.A. Lombardia, Dipartimento di Varese. Ecomorfologia rive delle acque comuni: prog. ECO.RIVE. Programma quinquennale 2008-2012 - Rapporto quinquennale 2008-2012. Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo Svizzere (Ed.): 97 pp.

I tratti di riva con giudizio elevato raggiungono nel complesso una lunghezza di 12.6 km con una percentuale del 7.1% sul totale

funzionalità buono raggiungono nel complesso una lunghezza di 7.7 km con una presenza percentuale del 4.4%,

Si hanno quindi 20.3 km di rive con indice IFP elevato-buono. (pari a 11.5% del totale delle rive).

la presenza di canneti ecologicamente funzionali si concentra all'interno di questa porzione di rive.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****3.2.1.2. Canneto lacustre**

- **LM01 - Erosione del canneto**

Ripresa tale e quale dall'indicatore selezionato nel progetto Verbano. L'alternativa analizzata (fascia attuale, scala attuale e rialzo estivo +1.25 m hSC) non presenta situazioni problematiche per l'erosione al piede del canneto. Il confronto al regime annuo naturale teorico (quota del lago senza diga) mostra solo un leggero peggioramento. Con lo scenario di regolazione in analisi, il periodo in cui tendenzialmente la quota del lago rischia di essere nella fascia di erosione più delicata è quello tardo-estivo/inizio autunno, quando le canne dell'anno sono ben sviluppate e meno soggette ad essere divelte dalle onde.

- **LM02 - Estensione delle aree a canneto**, comprendente i sottoindicatori

“LM02.a – Modifiche all'estensione delle aree a canneto e caratterizzazione dello stato di fatto” su lungo periodo (tramite ortofoto per i periodi 1988-2012, 2018 ortofoto non disponibili, sostituita da misurazioni sul campo)

analizza, sulla base di immagini satellitari, l'andamento del canneto negli ultimi decenni

“L'analisi dei risultati emersi dallo sviluppo di questo indicatore evidenzia un trend generale di riduzione dei canneti, sia nel periodo di tempo che intercorre tra gli anni 1988-89 fino al 2012, descritto dalle ortofoto, che nel periodo successivo, comprendente gli anni della sperimentazione (2016-2018).”

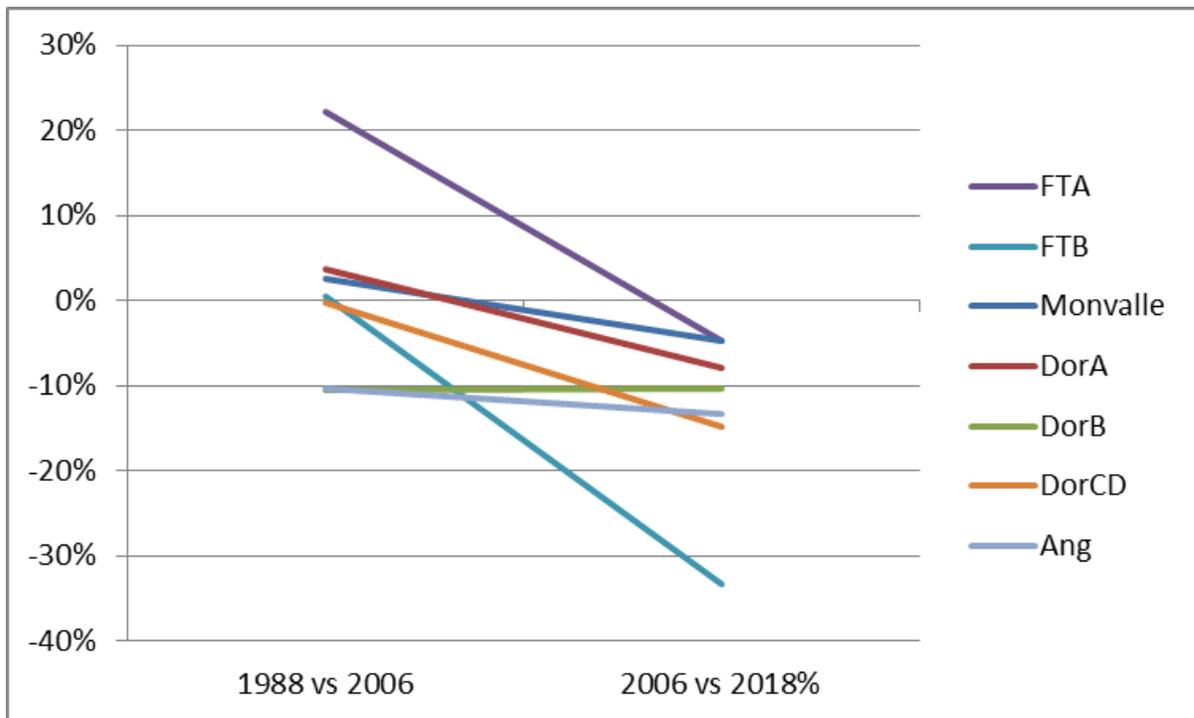
Anche le aree di Dormelletto hanno mostrato una generale diminuzione, che ha comportato, tra il 2006 e il 2012, anche la frammentazione di un'area di circa 2 ha in due parti di circa 0.3 ha e 1.5 ha (zona C e zona D)

Se prendiamo come riferimento o punto critico il 2007, dove le medie giornaliere segnalano una soglia di livelli del lago che si situa attorno a +1.25 m (193.91 m slm quota CH) nel periodo primaverile:

I dati della tabella 4 a pagina 20 e confrontiamo la variazione rispetto al 1988-89 tra il periodo fino al 2006 e fino al 2018, si vede come tra il 2006 e il 2018 la regressione della superficie di canneto è nettamente negativa e/o rafforza maggiormente il trend negativo che era in corso già da prima.

**Tabella 4** Estensione dei canneti (in ettari) a Fondo Toce (FT), Monvalle, Dormelletto (Dor) e Angera (Ang), con variazione percentuale nel tempo.

Sito	1988	2006	2018	1988 vs 2006	2006 vs 2018%	1988 vs 2018
FTA	1.162	1.42	1.353	22%	-5%	16%
FTB	0.191	0.192	0.128	1%	-33%	-33%
Monvalle	2.569	2.634	2.511	3%	-5%	-2%
DorA	0.756	0.784	0.722	4%	-8%	-4%
DorB	0.824	0.737	0.661	-11%	-10%	-20%
DorCD	2.068	2.064	1.76	0%	-15%	-15%
Ang	6.415	5.752	4.984	-10%	-13%	-22%

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 35** Variazione di estensione dei canneti (in percentuale) a Fondo Toce (FT), Monvalle, Dormelletto (Dor) e Angera (Ang).

Al di là delle oscillazioni tra i vari periodi, Canneti che segnalano trend positivi dal 1989, tra il 2006 e il 2018 sono in negativo (canneto Fondo Toce A). Addirittura, per il canneto di Fondo Toce B la regressione è avvenuta tra il 2006 e il 2018. A Dormelletto dopo il 2006 la regressione è rilevante e per il canneto DorCD ha provocato la divisione della superficie.

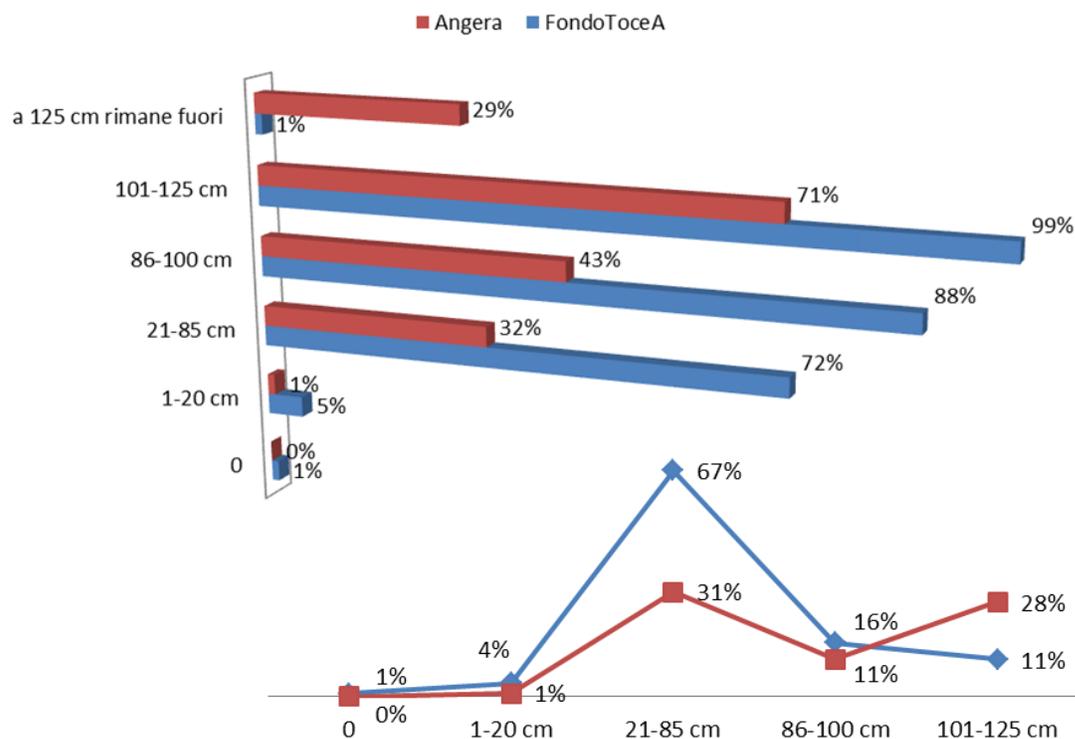
“LM02.b – Variazione dell'estensione delle aree a canneto durante il periodo di sperimentazione”;  
valuta, sulla base di apposite misurazioni di campo, le variazioni durante il periodo sperimentale

Vengono misurate e georeferenziate le varie superfici di canneto tramite transetti quotati. All'interno di questo capitolo si propone un'analisi non presente nei rapporti intermedi prodotti nel 2016 e 2017, finalizzata ad una valutazione degli effetti della sperimentazione sul grado di sommersione dei canneti in funzione del livello del lago, quale potenziale fattore negativo per la conservazione dei canneti stessi (solo per due siti di monitoraggio: Fondo Toce zona A e Angera (Palude Bruschera).

Al segnale evidente mostrato con l'indicatore LMO2.a, se associamo il grado di sommersione delle varie porzioni di canneto (capitolo 5.2.3. del rapporto, ma calcolato solo per i canneti di Angera e Fondo Toce A), si nota che livelli del lago compresi al di sotto della soglia storica +1 provocano la maggior parte dell'esondazione del canneto a Fondotoce e con la porzione +1m - +1,25 m H SC il 99% della superficie. Ad Angera la soglia +1m provoca l'inondazione di poco meno della metà (43% del canneto) e con la porzione +1m - +1,25 m H SC il 71% della superficie.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Se consideriamo che ciò che vediamo ora è il risultato di un bilanciamento dell'estensione del canneto dovuto ad una regolazione omogena dal 1943 con +1m in primavera, se aumentiamo di 25 cm la soglia, con medie primaverili prossime della soglia +1.25, sposterà l'optimum di crescita di 25 cm



**Figura 36** Sommersione del canneto (%) per fascia di quota ad Angera e Fondo Toce.

Il canneto di Angera ha porzioni di territorio estese a quote più alte (oltre a +1.25) rimane ancora fuori il 29%. Risulta evidente che con la soglia di regolazione estiva, estrapolato questi 2 esempi, si ha una maggiore sommersione del canneto pari al 40%.

Se si confronta l'andamento con la regolazione sperimentale (misurata) e regolazione storica a +1m (calcolata)

Per Fondo Toce: si può osservare come generalmente i livelli sperimentali portino ad una sommersione superiore rispetto a quelli simulati di circa 10-15%, facendo sì che il canneto risulti completamente sommerso per un maggior numero di giorni. (resta fuori 1% a +1.25)

Per Angera: i grafici seguenti mostrano la percentuale di area inondata (sommersione della base del canneto) per ognuno dei giorni nei tre periodi sperimentali (2016, 2017, 2018), a confronto con quanto sarebbe successo in assenza della sperimentazione. L'andamento della porzione di canneto sommersa dipende ovviamente dall'andamento del livello del lago durante gli anni, tuttavia si può osservare come, per via della morfologia del terreno in quest'area, generalmente i livelli sperimentali portino ad una sommersione superiore rispetto a quelli simulati di circa il 20-25%, facendo sì che il canneto risulti completamente sommerso per un maggior numero di giorni.

L'estensione dei canneti per fascia di quota: per es. a Fondo Toce è molto basso è un'elevazione della soglia media provoca il 99% della sommersione, dobbiamo quindi aspettarci che scompaia.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

La sommersione prolungata dei nuovi culmi (allo stadio di pochi cm di altezza) può risultare un fattore negativo per il canneto, in quanto provoca uno stress metabolico con conseguente morte dei nuovi culmi e crescita ridotta. Nel caso del lago Maggiore, quindi, il periodo potenzialmente più critico per i canneti rispetto al livello del lago è rappresentato dalle prime settimane di aprile, durante le quali eventuali valori elevati del livello del lago, che comportino una sommersione di una grossa porzione dei canneti, potrebbero risultare dannosi per i canneti stessi.

#### 3.2.1.3. Habitat di interesse comunitario

- **LM03 - Emersione dei litorali**

Indicatore ripreso da Progetto Verbano.

Il principale cambiamento introdotto dalla sperimentazione è rappresentato, negli anni favorevoli all'emersione dei litorali, da un ritardo nella discesa dei livelli al di sotto del limite di circa 7-10 giorni rispetto al caso simulato. Ovviamente partendo da un livello idrometrico maggiore, sarà necessario qualche giorno per raggiungere i medesimi valori registrati nello scenario HSc-SI.

Indicatore correlato direttamente all'analisi dell'habitat 3130. (LM06)

- **LM04 - Perdita di habitat e incidenze sugli habitat** comprendente i sotto-indicatori "LM04.a – Modificazione del popolamento a macrofite in transetti campione" e "LM04.b – Rilievo idromorfologico (Compilazione schede LHS)"

LM04.a – Modificazione del popolamento a macrofite in transetti campione

L'analisi è stata condotta 1 volta nel periodo estivo.

Le macrofite presentano un *optimum* di crescita a -2 m. L'eventuale correlazione tra macrofite e livello del lago potrebbe essere dato da due possibili effetti: il disturbo fisico prodotto dal movimento dell'acqua sulla linea di costa (intorno al valore +125 cm) e la riduzione della penetrazione della luce nella colonna d'acqua dovuta all'aumento della profondità.

Nessuna di queste due ipotesi è stata confortata da dati raccolti in 3 anni, per cui non si evidenzia nessuna relazione diretta con la modifica dei livelli estivi generati dalla sperimentazione.

LM04.b – Rilievo idromorfologico (Compilazione schede LHS)

L'analisi è stata condotta 1 volta nel periodo estivo.

Il monitoraggio delle caratteristiche idromorfologiche lacustri tramite il rilievo dei parametri idromorfologici non ha rivelato criticità. In relazione alla metodica utilizzata si ritiene che la stessa possa risultare efficace per valutazioni di area vasta o per indagini ripetute nel medio-lungo periodo non per monitoraggi localizzati e di breve durata.

- **LM06 - Stato e trend degli habitat di interesse comunitario: 91E0, 3130, 3150, 3260, 3270, 6510, 9160 e 6410**

Habitat 3130 - Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli *Isoëto-Nanojuncetea* da collegare con l'indicatore

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

“Litorale” segnalato nel progetto Verbano. Tipico habitat degli ecosistemi effimeri, che si esprime in condizioni di lago basso. Nel periodo di monitoraggio non ha presentato problematiche correlate alla variazione di livello della soglia di regolazione.

Habitat 3150 - Laghi eutrofici naturali con vegetazione del *Magnopotamion* o *Hydrocharition*

Dominato da *Lemna minuta* e *Potamogeton perfoliatus*, la sua estensione è direttamente correlata alla presenza dell’acqua. Cenosi dinamica, non ha presentato correlazioni con il rialzo estivo sperimentato. Per ciò che concerne gli habitat 3130 e 3150, dalle misure effettuate negli anni 2016 e 2018 è stato individuato un evidente rapporto inverso tra le loro superfici.

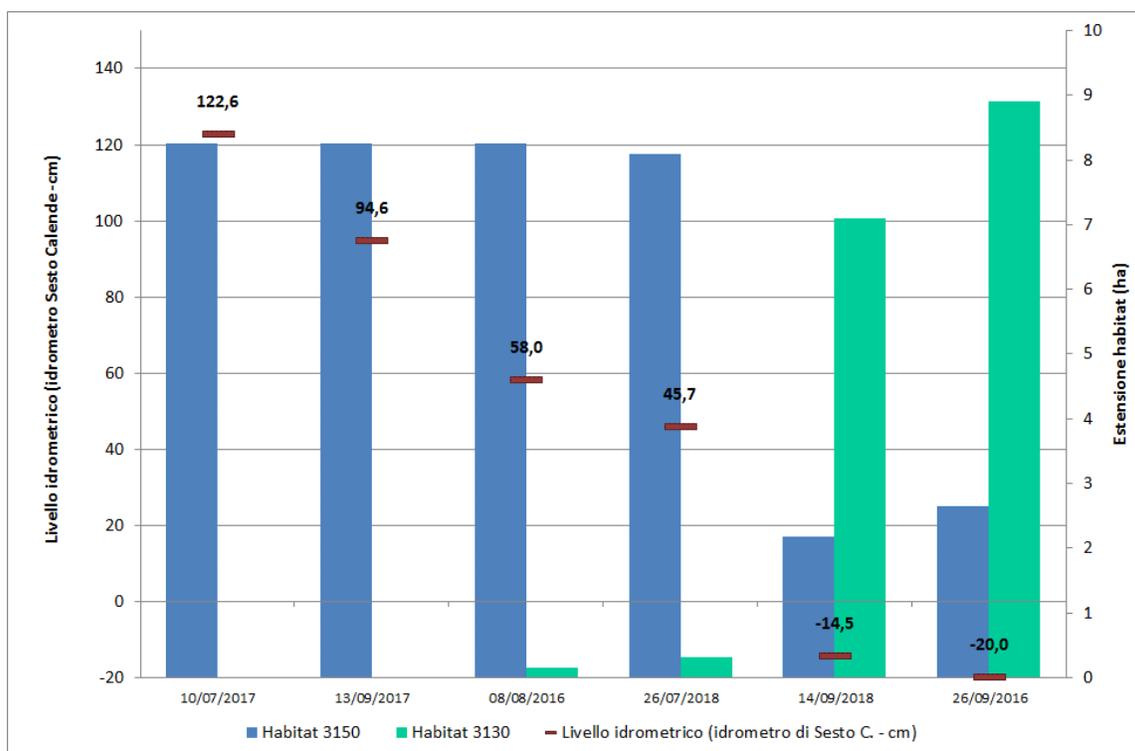


Figura 37 Estensione habitat in funzione del livello idrometrico e della data.

Per Fondotoce si è potuto stabilire le fasce in cui le 3 tipologie dell’habitat 3130 all’aria: +88 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende per la comunità che si sviluppa nel canneto, +60 cm per quella su substrato sabbioso e +44 cm su substrato fangoso.

In sintesi, quindi, l’aumento del livello massimo estivo di regolazione, dato dalla sperimentazione, non sembra aver disturbato le principali specie guida appartenenti alle diverse comunità individuate a Fondo Toce e riferibili all’habitat 3130.

Più pertinente risulta la frequenza negli anni e la durata per singolo evento di emersione.

Habitat 91E0 – Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion glutinosae*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)

Rilevato solo a Fondo Toce. Nei tre anni di sperimentazione questo particolare habitat, anche per le sue caratteristiche forestali, non sembra aver risentito delle modifiche al livello massimo di regolazione, poiché essendo cenosi legnose il tempo di risposta (inerzia al cambiamento) è molto più lungo.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Non è stata misurata la quota preferenziale di questo habitat e la maggiore superficie sommersa con la soglia di regolazione modificata.

D'altro canto, già nel periodo 2015-2020 risultano evidenti le erosioni spondali dove questo tipo di foresta igrofila è ha stretto contatto con la riva.

#### 3.2.1.4. Specie di interesse comunitario nei Siti di interesse comunitario oggetto di monitoraggio

Per l'avifauna sono stati condotti 4 campionamenti in periodo primaverile-estivo; il monitoraggio di *Dolomedes plantarius* ha previsto 2 campionamenti, ad inizio e fine estate nel 2016 e due campionamenti in primavera ed estate nel 2017 e nel 2018;

Le specie vegetali target sono state monitorate a inizio e fine estate nel 2016 (2 campionamenti) e tre volte nel periodo estivo nel 2017 e nel 2018 in relazione ai diversi adattamenti ecologici delle specie monitorate.

- **LM05 - Condizione e trend di specie o gruppi di specie vegetali e animali di interesse comunitario**

##### *i) Dolomedes plantarius*

Malgrado l'interesse per la conservazione di questa specie, prioritaria a livello europeo, non risulta essere un buon indicatore per la modifica della soglia poiché occupa la nicchia del pelo dell'acqua e segue le sue variazioni senza problemi.

Il ragno pescatore grande per contro può essere minacciato dalla riduzione dell'habitat a cui è strettamente infeudato: riva di sponda con vegetazione palustre a prevalenza canneto, con una certa profondità (minimo 100 m) e un mosaico di ambienti palustri aperti circostanti (non frequenta gli habitat boscati). Sul Lago Maggiore la specie è presente solo a Fondo Toce e alla Bolle di Magadino, dove questo mosaico è effettivamente presente e funzionale. Lo stesso vale per il raro ragno palombaro (*Argyroneta aquatica*).

Vista l'importanza conservazionistica di queste 2 specie, la perdita di superficie palustre aperta (canneti e cariceti) va considerata come **un danno da importante a inaccettabile** a seconda dell'estensione dell'arretramento di riva.

Specie vegetali (cercate solo a FondoToce, dove era già segnalate)

##### *ii) Hippuris vulgaris (coda di cavallo acquatica)*

Idrofita tipica di acque limpide, stagnanti o lentamente fluenti, rara nella Pianura Padana e nelle Alpi. Necessità l'emersione regolare dalle acque per cui la presenza di estati con livello basso per diverse settimane (in previsione inoltre di aumentare con i cambiamenti climatici in atto). Livelli medi alti nel periodo vegetativo consecutivi per diversi anni fanno regredire le stazioni esistenti di questa specie. Il periodo consecutivo con livelli medi attorno alla soglia di regolazione non dovrebbe superare i 3-4 anni.

##### *iii) Ranunculus reptans (ranuncolo reptante)*

Piccola idrofita segnalata solo nel Nord Italia, rara.

##### *iv) Rorippa amphibia (crescione anfibio)*

Crucifera ormai rara nella Pianura Padana, presente solo ai suoi margini.

"... tra le specie monitorate, quelle maggiormente influenzate dall'andamento dei livelli lacustri, mostrando un'espansione durante la stagione vegetativa direttamente connessa all'andamento idrologico; nello specifico, livelli lacustri tali da permettere l'emersione del



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

fondale per un tempo prolungato favoriscono l'aumento della superficie colonizzata, che, grazie ad adattamenti alla sommersione, viene conservata anche in caso di ritorno, entro certi limiti, delle acque..."

#### v) *Thelypteris palustris* (felce palustre)

Felce tipica di luoghi umidi, risulta oggi quasi ovunque scomparsa a seguito delle bonifiche. Sul Lago Maggiore è infeudata al sistema ripari palustri (non sottoposti direttamente a dinamica "deltizia") poiché predilige stazioni a suolo tendenzialmente torboso e non pioniere. Come citato nel rapporto: "Risulta la più svincolata dalle dinamiche idrologiche; le aree colonizzate, poste a distanze o quote tali da non consentirne la completa sommersione, se non durante eventi eccezionali, non hanno subito modifiche apprezzabili nel tempo".

La relazione tra stazioni del sistema riparo con suoli torbosi e il livello del pelo dell'acqua non risulta diretta, per cui l'influenza di quest'ultima sulle stazioni della felce palustre va valutata a lungo termine, anche perché essendo specie perenne e formante dei monticelli sui cui ricresce ogni anno, eventuali danni si visualizzano solo su più anni (10 anni almeno). Se consideriamo che per questa specie osserviamo oggi la situazione risultante dopo la modifica delle medie dal 1943, la sua presenza limitata a stazioni retrostanti o più lontani dalla ripa deve essere considerata come un segnale d'allarme per eventuali cambiamenti verso l'alto delle medie primaverili.

Si tratta della stessa situazione osservata alla palude Sabbie d'oro, nella fascia palustre dalla ripa. La mancanza della felce nella parte prossima alla ripa segnala comunque che non ama le sommersioni frequenti, per cui un innalzamento delle medie primaverile può essere dannoso per le stazioni esistenti oggi, riequilibratesi.

- **LM08 - Nidificazione dell'avifauna: frazione del periodo di nidificazione in cui il livello lacuale è superiore o inferiore al livello critico per i nidi**

Specie rilevate:

- Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) e folaga (*Fulica atra*). Specie che costruiscono nidi parzialmente fluttuanti.
- Cannaiola comune (*Acrocephalus scirpaceus*), usignolo di fiume (*Cettia cetti*) e il cannaieccione (*Acrocephalus arundinaceus*). Queste specie costruiscono nidi ancorati alle canne palustri.

In sintesi: importanza del canneto quale habitat è confermata.

I risultati del monitoraggio su svasso e folaga non indicano una correlazione fra i livelli lacustri e il successo riproduttivo delle specie. Il fattore limitante alla presenza dei nidi risulta il canneto, la sua estensione ed integrità, nonché il verificarsi di eventi meteo catastrofici.

I risultati del monitoraggio sugli acrocefali (monitorati nel 2016) mostrano che i nidi mediamente sono costruiti in aprile-maggio, ad un'altezza dall'acqua di 40-60 cm, quindi poco interessati dagli incrementi di livello lacustre che in quel periodo si presenta normalmente già prossimo al livello massimo.

Un monitoraggio eseguito dopo l'evento idrologico del giugno 2017 a cui era conseguito un livello superiore a +1.90 m ha consentito di verificare la permanenza di nidi di acrocefali osservati nell'uscita precedente, a conferma del livello assoluto a cui normalmente vengono costruiti i nidi di queste specie.

Sono invece gli sbalzi significativi di livello associati agli eventi di piena che possono compromettere nidi già esistenti. Diversamente il nido verrà costruito con margine di sicurezza dal livello idrico al momento della costruzione.





### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

L'indicatore avifauna selezionato nel progetto Verbano, diventa interessante nel confronto di alternative di regolazione molto differenti, mentre risulta inefficace per variazioni della soglia di decine di cm. Direttamente correlato invece se la variazione di soglia provoca una diminuzione della superficie dell'habitat "Canneto".

#### 3.2.1.5. Variazioni nelle comunità di specie target

Lm07 - sintesi – cf. sotto (capitolo 3.2.1.7 Conclusioni).

#### 3.2.1.6. Presenza/assenza di fioriture algali

- **LM09 - Fioriture algali**

Il tema è quello della qualità delle acque. Nel periodo di monitoraggio non sono state osservate fioriture algali. I fattori che scatenano questo fenomeno non sembrano legati alle soglie di regolazione (biblio), per cui la validità di questo indicatore per la tematica in analisi, è limitata.

#### 3.2.1.7 Conclusioni

- **LM07 - Variazione di interazioni e di struttura dei popolamenti faunistici e floristico-vegetazionali** che possono avere ripercussioni sulla sussistenza di SIC/ZPS e ZSC

Tale indicatore consiste in un'analisi dello stato delle comunità biologiche attraverso i risultati ottenuti dal monitoraggio di tutte le componenti indagate nel corso del periodo di monitoraggio previsto.

"In sintesi, il monitoraggio ha innanzitutto evidenziato alcune componenti fra quelle monitorate, il cui sviluppo potrebbe essere effettivamente condizionato dall'aumento dei livelli di regolazione estiva del lago, e altre che non sembrano risentire di tale variazione. Nello specifico, le componenti potenzialmente influenzate sono risultate le aree a canneto, in termini di crescita primaverile delle nuove piante, e l'habitat a nanocipereti, che si sviluppa nella seconda metà dell'estate. Altre componenti, quali l'avifauna nidificante stanziale e migratoria, sono ovviamente correlate al mantenimento del canneto in quanto preferenziale come area di cova. Come indicato, fra gli habitat di interesse comunitario, solo il 3130, che necessita di periodi di emersione per il proprio sviluppo, è risultato potenzialmente influenzato dall'aumento dei livelli."

"In termini di prospettiva, ai fini di una possibile evoluzione della sperimentazione dei livelli estivi del Lago Maggiore e delle possibili ripercussioni sul piano ecologico per le sponde lacustri, pare opportuno approfondire ulteriormente, rispetto al programma messo in atto in questo triennio, gli indicatori risultati più efficaci e le possibili criticità messe in evidenza fra la metà di marzo e la terza settimana di aprile relativamente alla crescita dei canneti e dall'inizio di agosto in poi per alcuni habitat di interesse comunitario, in particolare il 3130.

In termini di regolazione quindi, rispetto alla seconda fase della sperimentazione prevista dalla Delibera 1/2015, al momento e in base al quadro disponibile qui presentato, sul piano ecologico pare precauzionalmente opportuno, fino a conferme definitive degli elementi sin qui emersi, evitare ulteriori incrementi di livello massimo prima del mese di maggio e dopo la metà di luglio; all'interno di tale periodo non sono emerse invece criticità potenziali connesse a maggiori livelli di regolazione, entro i limiti previsti dall'art. 1 comma 1 della Deliberazione citata."



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 3.3 Progetto PARCHI VERBANO TICINO 2019-2023

#### 3.3.0. Applicazioni di indicatori esistenti alla fascia di regolazione “rialzo estivo” (WP3.2). Indicatori del progetto Verbano/Strada e della Sperimentazione dei livelli estivi del Lago Maggiore realizzata fra il 2016 e il 2018

Report Consorzio del Ticino - WP3\_02, M. Cordi - Applicazione di indicatori già esistenti degli effetti della variazione dei livelli - CONSULENZA PER ANALISI DI DATI ECOLOGICI.

In riferimento al descrittivo del capitolo 3.1 e 3.2 del presente rapporto.

##### Condizioni dell'ecosistema nel complesso

Sebbene analizzata su 3 anni singoli (2019-2021, 2022 anno eccezionale) si conferma con la gestione a scenario +1.25 l'aumento del livello medio di maggio- giugno e la maggior estensione del periodo di marzo e aprile. Questi aumenti sono dell'ordine del decimetro (10-20 cm), ma conseguenti come aree sommerse ulteriormente.

La frase del rapporto a pagina 20 è superficiale: 15-20 cm in periodo vegetativo sono molto influenti e soprattutto per la prima volta si supera la soglia media (e mediana) di giugno e si estende ancora più a marzo e aprile la sommersione.

##### Erosione del canneto lacustre

Correzione della fascia di riferimento in base alle misurazioni (da +0/+20 m HSC a +9/+50 cm). Con i nuovi scenari di gestione primaverili cambia molto poco. Si conferma invece la problematica con lunghi periodi di livello basso (come ad es. 2022).

##### Riproduzione Ciprinidi (Tinca, Carpa, Luccio)

Correzione della fascia di riferimento in base alle misurazioni (da +50 cm HSC a +100 cm) per permettere l'accesso ai canneti da parte dei pesci.

##### Nidificazione avifauna

Lo scenario di regolazione +1.25 non intacca direttamente questo indicatore. Piuttosto la riduzione dell'habitat canneto è un problema indiretto.

##### Emersione dei litorali

Correzione della fascia di riferimento in base alle misurazioni (da +35 cm HSC a +80 cm). Quanto osservato nel 2022 ha dimostrato che questi ambienti anfibi (nanocipereti – habitat 3130) sono capaci di un forte recupero e ricrescita quando le condizioni lo consentono (anche se si sono perse specie rare importanti rispetto al periodo pre-diga. I litorali cominciano ad emergere prima che la soglia stabilita in base ai dati delle Bolle. Lo scenario +1.25 ha pochi effetti su questo indicatore.

##### Riproduzione Alborella

Correzione della fascia di riferimento in base alle osservazioni (restrizione della fascia effettivamente utilizzata per la fregola, situata da 10 a 40 cm di profondità).

##### Trattamenti zanzare certi

In ambito WP 3.2 è previsto l'approfondimento della situazione relativa alla problematica delle zanzare. Poiché nella riserva delle Bolle di Magadino il controllo avviene da più di 30 anni



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

(Luethy 2001 – articolo a disposizione sulla piattaforma di condivisione), presentiamo la problematica e gli effetti prevedibili dovuti ad un aumento dei massimi di regolazione.

I meccanismi ecologici che concorrono alla formazione di eventi di pullulazione da parte di *Aedes vexans* e *Aedes sticticus* sono oggi ben conosciuti. Inoltre disponiamo di un periodo in cui lo scenario +1.25 m HSC è applicato effettivamente dal 2007. Ricordiamo che il fenomeno delle pullulazioni di queste due specie di *Aedes* non è storico ed è apparso a partire dalla fine degli anni '80 del secolo scorso.

Il livello del lago e l'innalzamento dello stesso con sommersione dei suoli limitrofi, è oggi il fattore ecologico scatenante. Il periodo favorevole va dall'inizio della stagione primaverile (aprile) fino a metà luglio almeno.

Gli interventi di abbattimento del picco di pullulazione avvengono tramite l'applicazione del prodotto naturale a base di *Bacillus thuringiensis israeliensis*, l'unico prodotto specifico per i *Culicidae* e la cui utilizzazione risulta accettabile in area con alta biodiversità.

Oggi in Europa il controllo delle zanzare non è motivato da esigenze sanitarie, ma piuttosto di convivenza tra popolazione e aree umide naturali. Ma con gli scenari di riscaldamento climatico in atto e l'avanzata verso Nord di specie esotiche di zanzare, il rischio sanitario diventa concreto. Basti pensare alla prima epidemia endemica a Ravenna del Virus della febbre *Chikungunya* (2007), l'avanzata di *Aedes caspius* verso le valli alpine e il ritrovamento di *Aedes aegypti*, vettore di *Zika* e *Dengue* in tutta la fascia equatoriale, a Cipro due anni fa.

La tematica zanzare negli ambienti naturali del Lago Maggiore è un fenomeno con gravi conseguenze e non va assolutamente sottovalutato per questi motivi:

- Le pullulazioni sono il risultato di alterazioni dell'ecosistema provocate dall'incanalamento dei fiumi, dalla regolazione artificiale dei livelli e dall'aumento dell'urbanizzazione attorno alle poche aree naturali rimaste
- A causa di pullulazioni di zanzare e del fastidio provocato sulla popolazione locale, la convivenza con la necessità di conservare le zone umide è messa in discussione (accettazione minore), compromettendo localmente decenni di sensibilizzazione alle tematiche di conservazione della biodiversità
- Le pullulazioni di zanzare possono provocare grosse perdite finanziarie nel settore turistico, con danni economici rilevanti
- La prevenzione e il ripristino dei processi ecologici naturali rimane il metodo migliore e più sostenibile per la gestione del problema
- la possibilità di utilizzo a lungo termine del Bti e della sua efficacia deve essere una priorità gestionale per evitare forme di resistenza, essendo l'unico prodotto specifico e accettabile per il controllo delle larve di zanzara negli ambienti naturali
- Il rischio epidemiologico è potenzialmente il fattore più pericoloso per la popolazione
- La colonizzazione del territorio da parte di specie esotiche molto problematiche va contrastata attraverso la prevenzione e il controllo regolare

Di conseguenza pianificare delle modifiche di fattori ambientali come i livelli massimi di regolazione in periodo primaverile, favorendo le condizioni per l'aumento di pullulazioni di zanzare, comporta delle assunzioni di responsabilità importanti, che vanno definite chiaramente, anche per le loro conseguenze.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Come dimostra la situazione dal 2007, i scenari di rialzo estivo in atto, provocando una maggiore estensione delle aree allagate regolarmente, peggiorano quindi la situazione futura. Si tenga conto che oggi l'area interessata dagli interventi di controllo si situa nel bacino svizzero e a Fondotoce.

Tabella 5

Numero di trattamenti effettuati nei 4 anni alle Bolle di Magadino e foce Maggia (con elicottero):	Numero di trattamenti effettuati nei 4 anni a Fondotoce (da terra):
2019: 30.4 e 17.6	2019: 2-5.5, 11.6, 19.6 e 11.7
2020: 19.5 e 12.6	2020: 20-21.5, 15-16.5 e 29.7
2021: 19.5 e 20.7	2021: 17-20.5, 3-4.6, 20.7 e 5.8
2022: nessun trattamento	2022: nessun trattamento

Il grafico sotto illustra i trattamenti contro le pullulazioni di larve di zanzare a partire dal 1990. Poiché la pullulazione avviene quando si inondano le aree circostanti la riva, ogni trattamento segnala la quota del lago (quota CH) in quel momento. Ogni punto corrisponde quindi ad un trattamento via elicottero e la quota del lago il giorno del trattamento. I trattamenti possono essere da 0 a 3 all'anno. Ricordiamo che il fattore scatenante è la sommersione dei suoli circostanti e non la durata della sommersione.

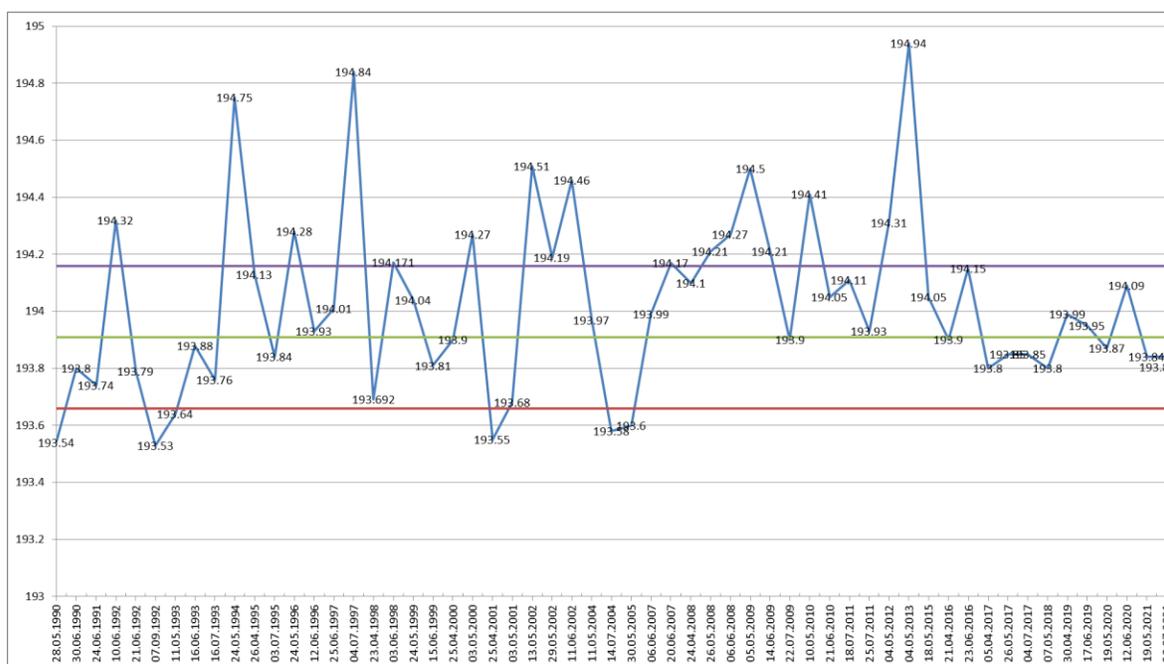
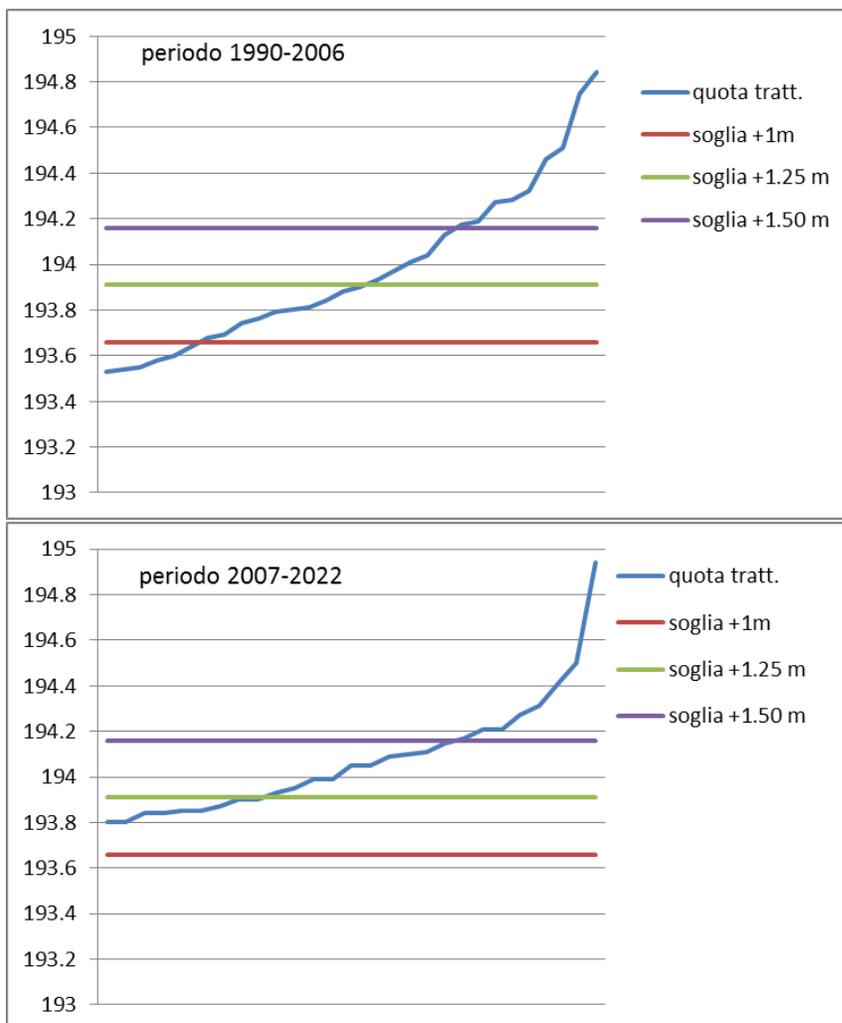


Figura 38 Trattamenti contro le pullulazioni di zanzare dal 1990 al 2021 in relazione alla quota del lago.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 39** Quota di trattamento contro le pullulazioni di zanzara nel periodo 1990-2006 (sopra) e 2007-2022 (sotto).

Se si considera il grafico sopra e lo si separa tra i periodi con gestione +1m HSC (1990-2006) da quello con gestione +1.25 m HSC (2007-2022), ordinandoli per rango di quota, appare chiaramente che la quota minima per cui si necessita un intervento è aumentata.

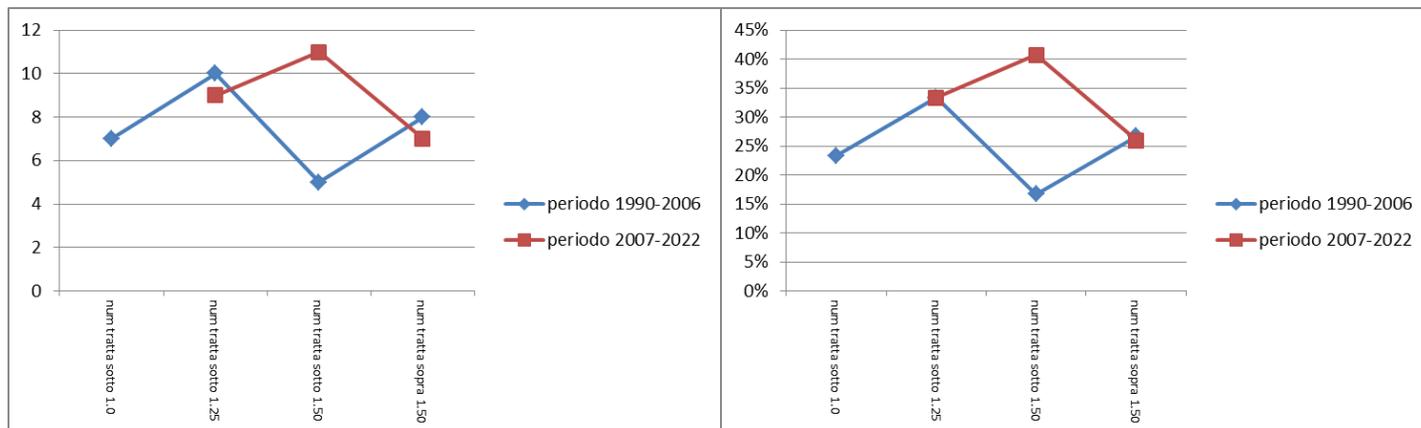
Poiché la soglia di regolazione sarà più alta, questa determinerà il punto di partenza delle esondazioni e delle sommersioni dei suoli limitrofi.

Il numero di trattamenti non diminuisce, ma dovrebbe rimanere più o meno uguale (visto che sono gli eventi di innalzamento quelli determinanti).

Aumenta invece la superficie da trattare poiché più frequente nella fascia +1,50 m (con almeno stima di una ventina di ettari in più sommersi per ogni evento che supera la soglia di regolazione + 1.50), dunque anche il numero di individui di zanzara che emergono.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

(anche aumento diretto per il prodotto utilizzato e i costi\* anche se relativamente contenuto ai costi odierni – se non aumenta...).



**Figura 40**

Il problema più importante in relazione alle zanzare è che con uno scenario +1.25 (o peggio +1.50 m) si ha una maggiore superficie idonea alla deposizione di uova e di conseguenza per la schiusa delle stesse una volta inondate. Dunque, gli scenari futuri portano ad un peggioramento della situazione per la problematica zanzare per la popolazione adiacente alle aree inondate, il che necessita di un aumento di utilizzo delle quantità di prodotto larvicida in caso di trattamenti.

Uno scenario +1.50m primaverile peggiorerebbe la situazione in modo esponenziale. Con uno scenario simile non è da sottovalutare la possibilità di un'emergenza zanzare e di un peggioramento della situazione, in aree in cui oggi il problema non necessita di interventi (si pensi a località turistiche sul lago che rientrano in un raggio di 15 km da aree inondabili (anche quelle agricole)).

L'aumento dell'utilizzo di Bti a lungo termine non è accettabile ed aumento il rischio di emergenza di forme di tolleranza o resistenza.

Un peggioramento della situazione zanzare non va considerato nella direzione di uno sviluppo sostenibile, anche per possibili conseguenze sanitarie, nella convivenza tra popolazione e aree naturali. Esso va considerato come un peggioramento grave. Se per esempio il Bti dovesse un giorno indurre forme di resistenza nelle larve di zanzara, esso non presenta prodotti sostenibili sostitutivi utilizzabili in aree protette (quindi da usare il meno possibile).

\*Costo diretto si può stimare: fascia +1.50 sono circa +17 ha con 6 trattamenti in più = 17 x 6 = 102 ha in più in 15 anni; 15 kg di prodotto Vectobac / ha se 18,2 fr / kg = circa 30'000 CHF in più per 15 anni a carico degli enti e dei comuni. Il costo medio annuo è di 52'000 CHF.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****3.3.1 Verifica e perfezionamento di alcuni indicatori utilizzati finora e a disposizione (WP3.3)**

Approfondimenti riguardo

**3.3.1.1 specie ornitiche (WP 3.3.1)**

WP3.03; Report Consorzio del Ticino - Verifica e perfezionamento di indicatori esistenti sugli effetti della variazione dei livelli - RILIEVO E ANALISI DEL SUCCESSO RIPRODUTTIVO DELLE SPECIE ORNITICHE. M. Moroni. (Applicato ai siti di sponda italiana. Transetti a lago e metodo punti di ascolto. Rilievi 2020 e 2021, 3 volte per transetto.)

L'indicatore "avifauna" non si è dimostrato idoneo per una valutazione degli effetti per l'applicazione degli scenari +1.25 e +1,50 m.

Risulta molto importante invece per definire la funzionalità ecologica dei canneti riguardo la loro capacità di ospitare specie tipiche di uccelli di quanto habitat.

Nelle conclusioni del report si segnala "La ricchezza specifica e soprattutto l'abbondanza degli individui sono risultati inferiori laddove i canneti si presentano discontinui e/o di modesto spessore. Per quanto riguarda le specie più comuni, e quindi facilmente censibili, si nota una correlazione tra la loro abbondanza e l'estensione delle zone a canneto utilizzabili per la nidificazione".

"Proporzionalmente, il minor numero di osservazioni di esemplari per specie si nota nell'area di Sesto Calende, dove i canneti sono più frammentati e costituiti da fasce di modesta estensione. In quest'area, le maggiori numerosità sono state individuate laddove la superficie a canneto è caratterizzata da estensioni superiori a 50 m."

La diminuzione delle superficie a canneto in atto e prevista dovuta alla maggior sommersione con gli scenari +1.25 e +1.50 m ha dunque un impatto importante su specie di uccelli prioritarie di conservazione.

D'altro canto, l'estensione dei canneti non è l'unico parametro che rende attrattivo un posto rispetto ad altri per le specie interessanti. Se prendiamo il Cannareccione, specie prioritaria di conservazione a livello EU legata ai canneti ben strutturati e con "i piedi in acqua" al momento della nidificazione, fasce di canneto come a Dormelletto sono molto idonee, come riflettono anche i dati raccolti nel 2020-2021.

È quindi molto preoccupante che i canneti in questo settore stiano subendo una frammentazione da quando si attua lo scenario +1.25 m. Le porzioni rimanenti perdono la loro funzionalità per il Cannareccione (cf tr. 8 senza nessun territorio di riproduzione).

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

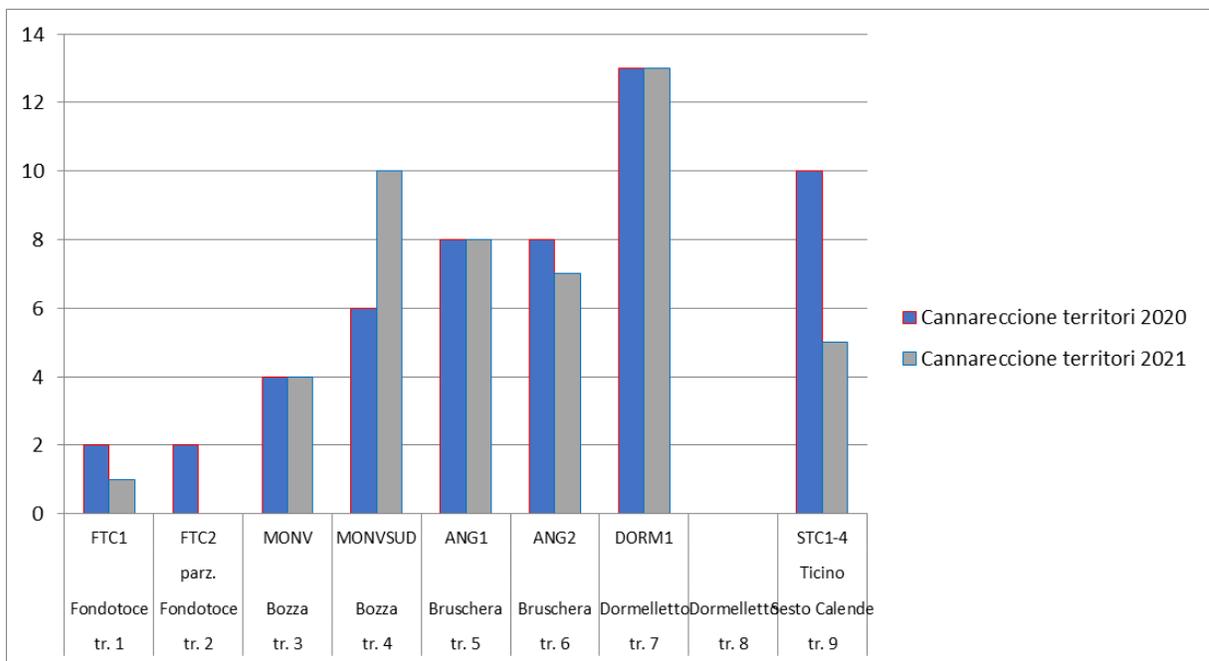


Figura 41 Territori di Cannareccione: confronto tra anno 2020 e 2021.

#### 3.3.1.2 specie ittiche (WP 3.3.2)

WP3.03; Report Consorzio del Ticino. Attività WP3\_03 - Verifica e perfezionamento di indicatori esistenti sugli effetti della variazione dei livelli - RILIEVO E ANALISI DEL SUCCESSO RIPRODUTTIVO DELLE SPECIE ITTICHE. C. M. Puzzi.

Le indagini in questo settore hanno interessato l'alborella, in riferimento esclusivamente alla tematica delle variazioni di livello, a prescindere dalle quote assolute, e Luccio e ciprinidi, questi due ultimi in riferimento alle quote dei canneti e alle loro possibilità di accesso se inondata.

“Le specie ittiche a riproduzione litofila litorale (come l'alborella ed il coregone) depongono le uova sulla ghiaia a basse profondità, a prescindere dalla quota assoluta del lago al momento della deposizione; per queste specie il successo riproduttivo dipende dal fatto che, durante il periodo che va dalla deposizione alla schiusa delle uova, non si verifichi una riduzione rilevante di livello che le esponga all'asciutto causandone la morte.

Per questo motivo questa tipologia di indicatori, con particolare riferimento all'alborella oggetto di studio, male si presta a valutare valori assoluti di regolazione, quanto piuttosto al principio di “stabilità” dei livelli. In fase di discesa dei livelli, ai fini della tutela delle uova deposte, è importante che la progressione sia quanto più possibile lenta e graduale.”

Gli indicatori riproduzione del luccio e ciprinidi sono invece più interessanti per valutare gli scenari di regolazione.

Con la misura delle quote dei canneti e il calcolo relativo alle percentuali inondate (cf. WP4.2, WP4.3), si può ora stabilire in modo più preciso le soglie di accesso al canneto. Essa si situa a +1m per i canneti delle sponde italiane per essere efficace, mentre per i canneti di riferimento delle Bolle di Magadino già a +50cm, la penetrazione è effettiva.



## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

### 3.3.1.3 habitat di interesse comunitario 3130 (WP 3.3.3)

WP 3.03; Report Consorzio del Ticino. Attività 3 - Rilievo e analisi dello stato degli habitat di interesse comunitario – habitat 3130. M. Cordi.

Grazie alle misure eseguite, l'indicatore "emersione litorali" può essere precisato (già a +85 cm possono emergere parte di questi ambienti, +35 cm essendo più prudenziale). Naturalmente da combinare con la durata dell'emersione.

Purtroppo, si conferma che le estensioni osservabile nei periodi pre-diga oggi non sono più esistenti, ma il 2022 ha permesso di documentare una grande capacità di recupero per le specie di questi habitat (anche se le più rare non ci sono più).

Con le previsioni di cambiamento climatico in cui i periodi siccitosi saranno più frequenti, per questo habitat va valutata una tendenza perlomeno di conservazione.

Il rialzo estivo, dunque, sembra poco influente rispetto alla tendenza imposta dal cambiamento climatico. Se per un periodo di 10-15 anni questi ambienti non dovessero riapparire, andrebbe prevista una gestione annuale mirata con abbassamento della soglia di regolazione.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2 Ricerca di nuovi indicatori e approfondimenti per la valutazione dello scenario “rialzo estivo” (WP4)

##### 3.3.2.1 Habitat di interesse comunitario 3150 (habitat acquatico e vegetazione macrofitica) e 91EO (foreste palustri), approfondimento tramite rilievo e analisi dello stato rispetto allo scenario “rialzo estivo” (WP4.1)

WP 4.1; Report Consorzio del Ticino – Attività 4.1; Rilievo e analisi dello stato degli habitat di interesse comunitario: HABITAT 3150 E 91EO. M. Bardazzi.  
Rilievi sui siti italiani per 3150, su tutti i siti per 91EO.

**91EO\***: Le formazioni a Salice bianco sulla fascia spondale che si situano fino alle quote +0.6/+1.0 m HSC mostrano chiari segni di erosione al piede, dovuta all’arretramento spondale, seguita da crolli delle piante. In questa fascia la formazione vive un riassorbimento da parte del lago.

Nella zona delle Bolle il 65% delle formazioni a Salice bianco si trova al di sotto di questa fascia di quota (+1m), per cui è prevedibile la sua scomparsa nei prossimi anni.

Scenari di aumento della soglia primaverile-estiva conducono alla scomparsa proporzionale di questa formazione riparia importante che è tutelata dalla Direttiva 92/43/CEE “Habitat” come habitat di interesse comunitario prioritario.



**Figura 42** Erosione al piede di formazione arboree ripariali presso Dormelletto.

L’erosione al piede di formazione arboree ripariali interessa anche specie tipiche del retro-sponda come Platani e Querce (nella Figura 42, alcuni esempi da Dormelletto).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

**3150:** il lamineto è osservabile solo nei siti ripari-palustri di Angera e Bozza Monvallina-Sabbie d'Oro e sempre più raramente a Fondotoce.

Una specie simbolo per il Verbano, caratteristica di questo habitat, è la castagna d'acqua (*Trapa natans verbanensis*), endemismo presente solo a Fondotoce.

In generale questa flora macrofita non sembra influenzata dagli scenari di gestione in atto.

Per la *Trapa natans verbanensis* invece la situazione è più delicata. Nella sua prima fase di vita primaverile-estiva, la pianta è ancorata al fondale. Solo in un secondo tempo diventa flottante.

Una sommersione maggiore in primavera ed all'inizio dell'estate risulta ostacolare l'emersione dall'acqua delle rosette fogliari delle piante che di norma formano un caratteristico lamineto. Le piante patendo la prolungata sommersione non risultano in grado di completare il loro ciclo vegetativo. Tale fenomeno osservato dal personale dell'Ente Parchi a partire dal 2010 si ritiene sia tra le probabili cause del declino. Il popolamento della Riserva del Fondo Toce che negli anni '80 aveva un'estensione di 9,21 ha (CNR di Verbania Pallanza, Guilizzoni P. e Galanti G., 1985).

Sino al 2008, con la sola eccezione del 2003 caratterizzato da un'intensa siccità, il popolamento della riserva vegetava in buone condizioni ed aveva una superficie di circa 5,7 ha. A partire dal 2009 il trapeto ha patito una drastica riduzione. In sostanza in quell'anno è risultato assente.

Negli anni successivi e sino al 2022 il popolamento di *Trapa natans* non ha più ripreso il suo assetto precedente, riuscendo solo negli anni 2012, 2013, 2017, 2018 a svilupparsi su superfici di circa 1,5 – 2 ha. Negli anni 2010, 2011, 2016 e 2022 il trapeto è risultato ridotto a pochi esemplari (al massimo alcune decine) mentre negli anni 2014, 2015, 2019 e 2020 è risultato assente.

Un'altra causa della riduzione della *Trapa natans verbanensis* è la presenza della nutria (*Myocastor coypus*) che si nutre di questa pianta ed è comparsa nella riserva nel 2003.

Gli scenari +1.25 (e +1.50 a maggior ragione) sembra dunque che hanno un ruolo nelle difficoltà che questa specie ha attualmente. Scomparsa a Fondotoce, la specie è scomparsa dal Lago Maggiore.

## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.



Figura 43 Fondo Toce. Esemplici di *Trapa Nantas* in piena crescita sui fanghi del *Nanocyperion*. Foto 7.7.2022.

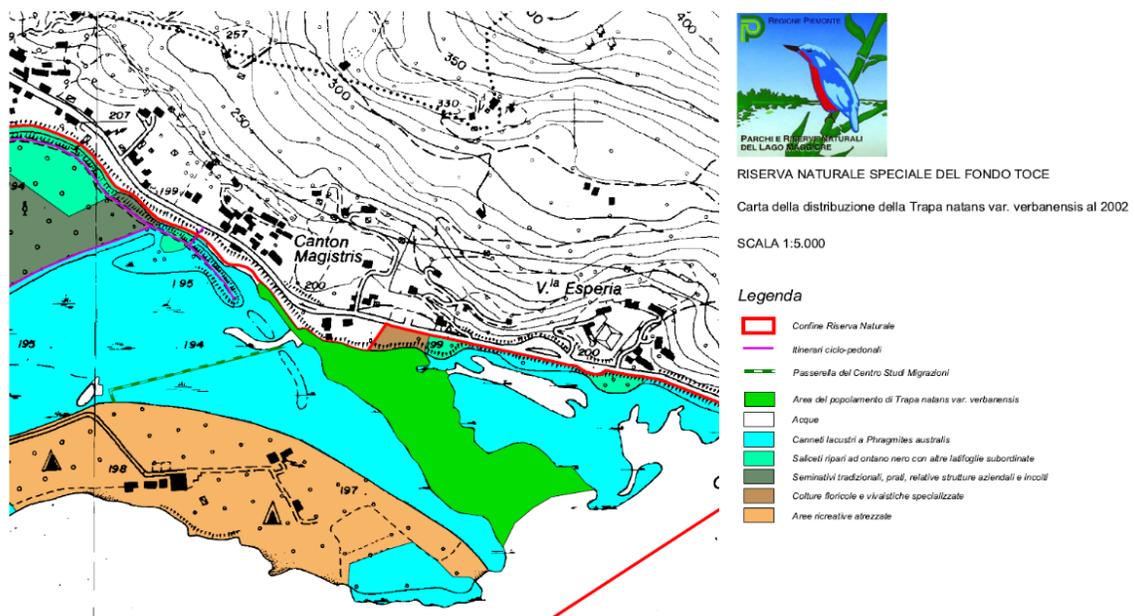


Figura 44 Distribuzione di *Trapa natans* a Fondo Toce



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2.2 Modello tridimensionale della morfologia litorale e riparia (per le aree tutelate), quantificazione delle aree spondali di sommersione, correlazione con la vegetazione igrofila presente (WP4.2.2)

WP4.2.2 – Report Consorzio del Ticino. Rilievo delle aree perilacuali e dell'estensione della vegetazione igrofila dell'intero lago e loro valenza come indicatori della gestione dei livelli - ANALISI DELLA MORFOLOGIA DEI LITORALI E RILIEVO DELL'ESTENSIONE DELLA VEGETAZIONE IGROFILA. S. Molinari.

Misurazioni integrate nelle analisi di WP4.2.3.  
(in relazione anche a WP6)

WP4.2.3 – Report Consorzio del Ticino. Rilievo delle aree perilacuali e dell'estensione della vegetazione igrofila dell'intero lago e loro valenza come indicatori della gestione dei livelli - RILIEVO E ANALISI DELLO STATO ED ESTENSIONE DELLA VEGETAZIONE IGROFILA. Due rapporti: Allagamento del canneto e Stato di salute del canneto. A. Romanò.

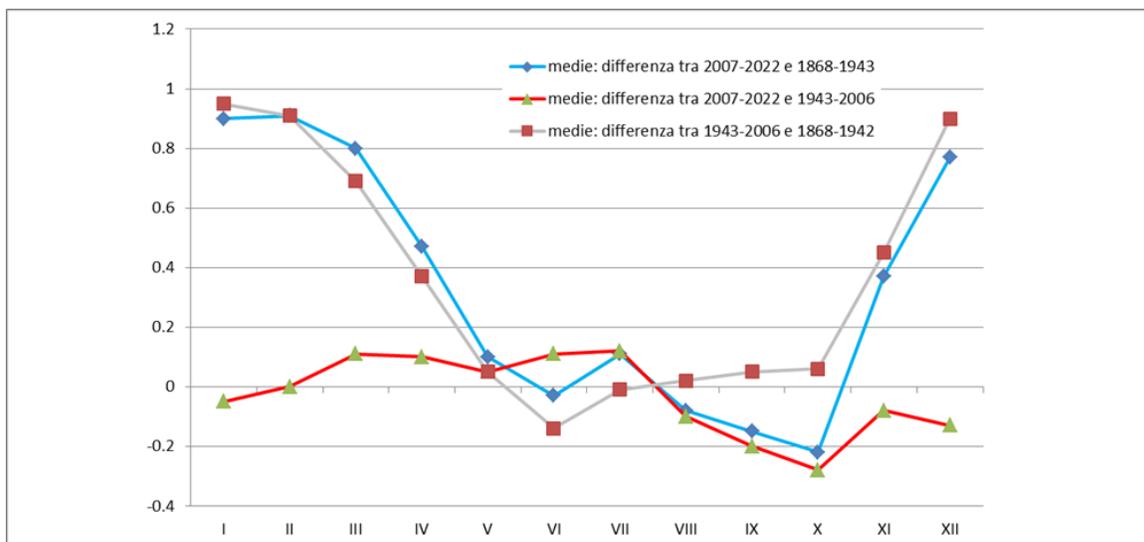
WP 4.2 Report Fondazione Bolle di Magadino. Quantificazione tipologie per fascia di quota lago Bolle e Foce Maggia.

WP 4.2 Report Fondazione Bolle di Magadino. Attività di approfondimento sul canneto nelle Bolle di Magadino. L. Elzi e N. Patocchi. Con inserito bozza articolo sottoposto a JoL: Correlation between reedbeds growth and seasonal lake level on the Lake Maggiore and management consequences. L. Elsi, E. Villa, N. Patocchi.

Gli habitat “canneti” risulta essere un buon indicatore di come il sistema riparo si adatta alle condizioni influenzate dall'acqua nel terreno. Le medie primaverili (aprile-giugno) sono determinanti, ma anche la media annuale è influente anche se in modo meno drastico e meno rapido nel tempo.

L'anno eccezionale 2022 ha dimostrato senza ombra di dubbio che il livello dell'acqua troppo alto è il fattore limitante chiave quale causa dell'arretramento del canneto.

La situazione osservata fino al 2007 rifletteva la soglia di regolazione applicata fin dal 1943 (tutto il sistema si è adattato a questa quota). Il cambiamento intervenuto nel 1943, con le medie primaverili poco influenzate, ha fatto arretrare il fronte canneto negli anni. L'assestamento del sistema è comunque molto lento poiché la differenza delle medie primaverili prima e dopo il '43 è comunque di pochi centimetri e lo *shifting* sembra risultare dalla media annuale più alta di mezzo metro circa.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Figura 45** Livelli medi mensili del lago Maggiore.

La modifica iniziata nel 2007 con l'aumento di 25 cm della soglia di regolazione primaverile invece è molto più incidente e ha causato un'accelerazione dell'arretramento spondale, delle specie e delle cenosi. Ad esempio, a Dormelletto il canneto si è ridotto al punto di formare due unità separate, dove prima avevamo una formazione unica e si è rilevata dal 2007 al 2019 una riduzione complessiva delle aree a canneto del 38,2 % poiché sono passate da una superficie di 8,9 ha (2007) ad una superficie di 5,5 ha (con una perdita di ben 3,4 ha). A Fondotoce nell'ambito delle due aree monitorate nel presente progetto (FDTC1 e FDTC2) dal 2006 al 2020 si è stimata una riduzione complessiva delle aree a canneto del 11,8% poiché sono passate da una superficie di 23,1903 ha (2006) ad una superficie di 20,45 ha (con una perdita di 2,7403 ha). Ma anche nelle Bolle l'arretramento della linea del fronte canneto ha raggiunto punte di 30-40 m settorialmente. Inoltre, come riportato nell'articolo allegato sulla situazione del canneto, sono notevolmente aumentate le aree con canneto a "clumping", segnale irreversibile della prossima scomparsa del canneto stesso (+ di 2 ettari di nuove aree che si sono trasformate con le strutture a "clumping", per l'85% situate al di sotto della fascia di quota della soglia di regolazione tradizionale, +1m HSC).

Il processo sarebbe ulteriormente accelerato se si dovesse affrontare un periodo con fascia di regolazione primaverile a +1.50 m, con ulteriori 25 cm di rialzo della soglia.

Il processo è evidente e per la prima volta possiamo quantificare quanta superficie sarà inondata ulteriormente, alla quale il sistema si adatterà, con perdita di superfici a lago e trasformazione di quelle sul gradiente verso l'entroterra.

La situazione con regolazione a +1m è presa come riferimento, anche se si dovrebbe riferirsi alla situazione naturale.

Le superfici calcolate sul polo entroterra si fermano alla fascia di quota ove le medie influenzano il profilo pedologico fino a -25 cm dalla quota della superficie. In realtà, già Greco & Patocchi 2004 hanno dimostrato che anche a -30/-40 cm l'influenza è presente e determina una dinamica competitiva rizosferica, che poi determina la composizione specifica della cenosi.

Limitando la misura alla fascia d'influenza nel terreno da 0 a -25 cm si vuole restare nell'ambito di influenza diretta e più importante.

I grafici seguenti sintetizzano i calcoli presentati nel rapporto del WP4.2 parte CH e WP4.2 parte italiana (quantificazione).

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

Da ritenere per i siti Bolle di Magadino e Foce della Maggia (ROM):

la quantificazione delle superficie maggiormente sommerse e che subiranno un arretramento della zonazione con il rialzo primaverile-estivo:

31 ettari con scenario +1.25m

55 ettari con scenario +1.50 m

(quale misura dell'aumento rispetto alla situazione +1m)

In generale per la parte svizzera 30 ettari corrisponde al **12%** degli habitat naturali e seminaturali delle aree protette Bolle e Foce Maggia. 50 ettari corrispondono al **21%**, ma va sottolineata che per le piccole aree protette come la Foce della Maggia il cambiamento tocca in percentuale una fetta maggiore.

La riduzione di habitat del 30% per una riserva che conta 15 ettari ambienti naturali è molto importante.

**Tabella 6** Calcolo della perdita di habitat naturali e seminaturali nelle riserve delle Bolle di Magadino e della Foce della Maggia (ROM) a seconda degli scenari di regolazione.

				scenario +1.25	scenario +1.50
ROM	tot habitat	145'908.19	14.59081923	3	5
				21%	34%
BOLLE	tot habitat	2'519'804	251.9803981	28	50
				11%	20%
BOLLE + ROM		2'665'712.17	266.5712174	31	55
				12%	21%

Va considerato che gli habitat che oggi si osservano al di sotto della soglia 193.65 m (+1.25 m HSC), corrispondono al 57% per le Bolle e al 64% per il delta della Maggia: questi habitat, con gli scenari futuri, saranno da considerare persi. Per fare questo calcolo sono state selezionate le unità di habitat più sensibili (non l'intera fascia interessata), per cui la stima delle superfici interessate va considerata in maniera prudenziale. Il danno ecologico è dunque importante e va oltre alla superficie maggiormente sommersa nelle fasce di quota corrispondenti +1.25 e +1.50.

**Previsione di perdita di habitat per i siti Bolle di Magadino e Foce della Maggia**

La quantificazione delle superficie che andranno perse come habitat palustre, riassorbite dal lago (da ambienti palustri ad ambienti acquatici) e le superficie maggiormente sommerse e che subiranno un arretramento della zonazione con il rialzo primaverile-estivo:

- **perdita di 35 ettari (33+2) e sommersione di 31 ettari (28+3) con scenario +1.25m**
- **perdita di 47 ettari (44+3) e sommersione di 43 ettari (39+4) con scenario +1.50 m**

(NB: situazione +1m come riferimento attuale).

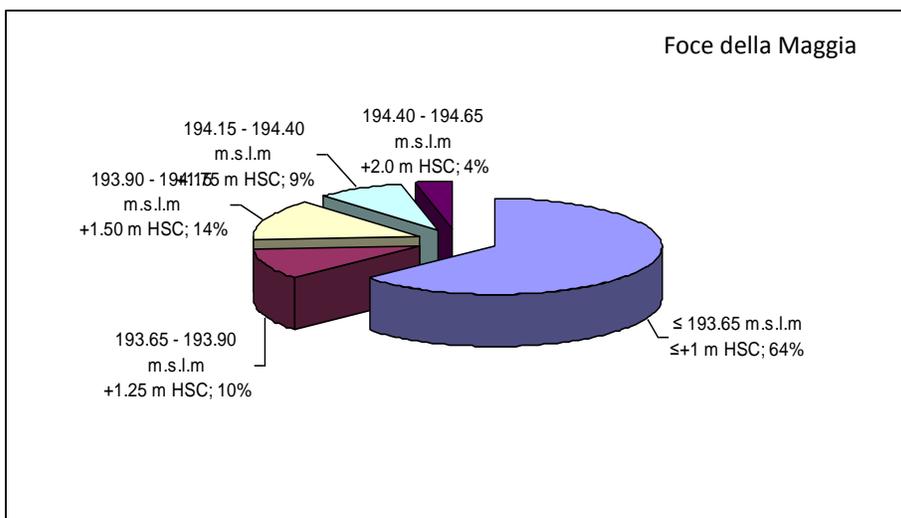
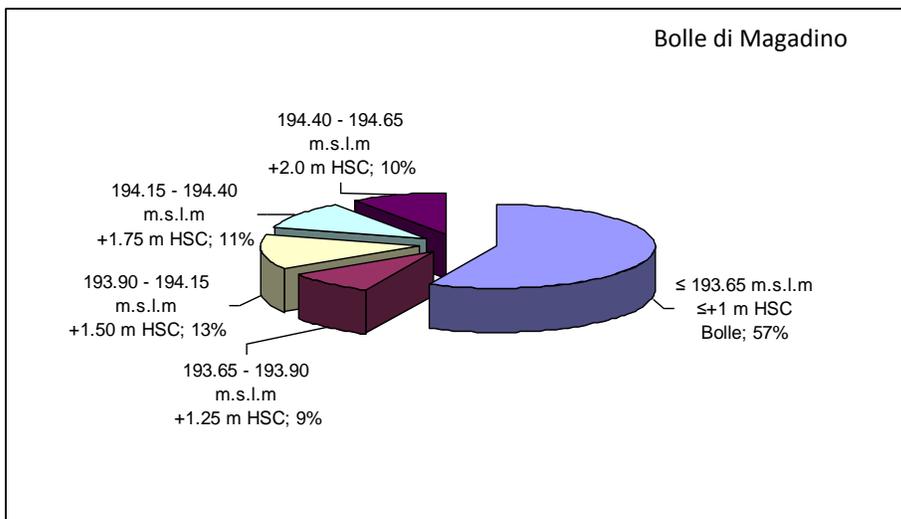
Il danno ambientale per le paludi delle sponde Svizzere si estende dunque su almeno 70 ettari (scenario +1.25m) fino a 90 ettari (scenario +1.50).

Per cui le percentuali diventano per la parte svizzera perdita a lungo termine del 13-17% e sommersione trasformazione del 12-16% degli habitat naturali e seminaturali delle aree protette Bolle e Foce Maggia.

in totale la nuova regolazione crea un danno agli ambienti palustri su 25% nel caso del scenario +1.25 e 33% con lo scenario +1.50.



**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**



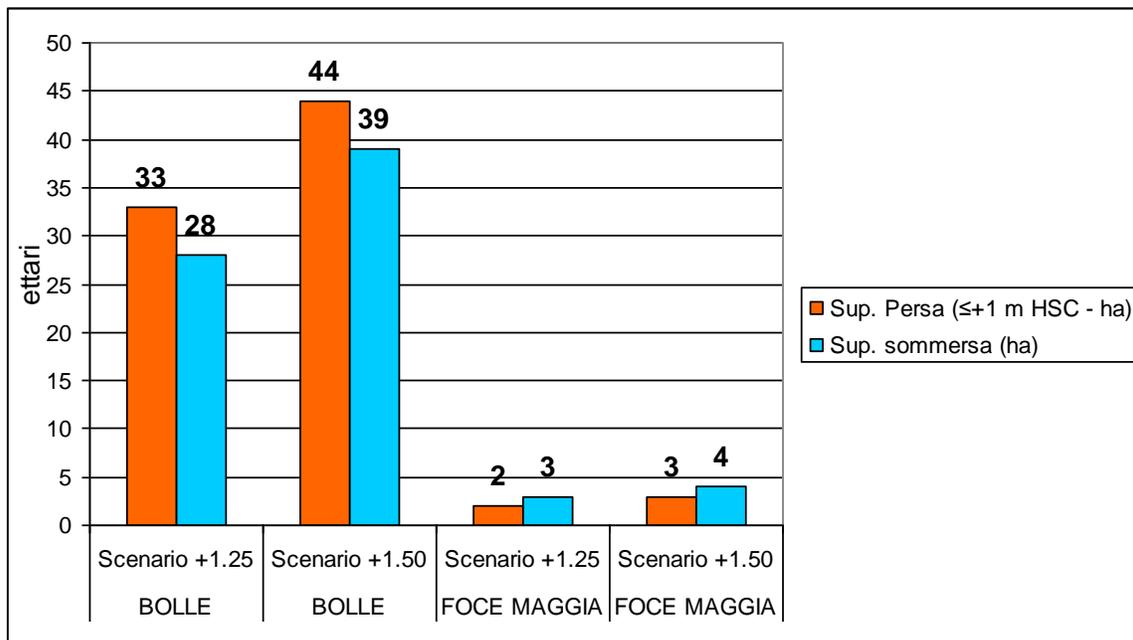
**Figura 46** Proporzione di habitat a seconda della quota.



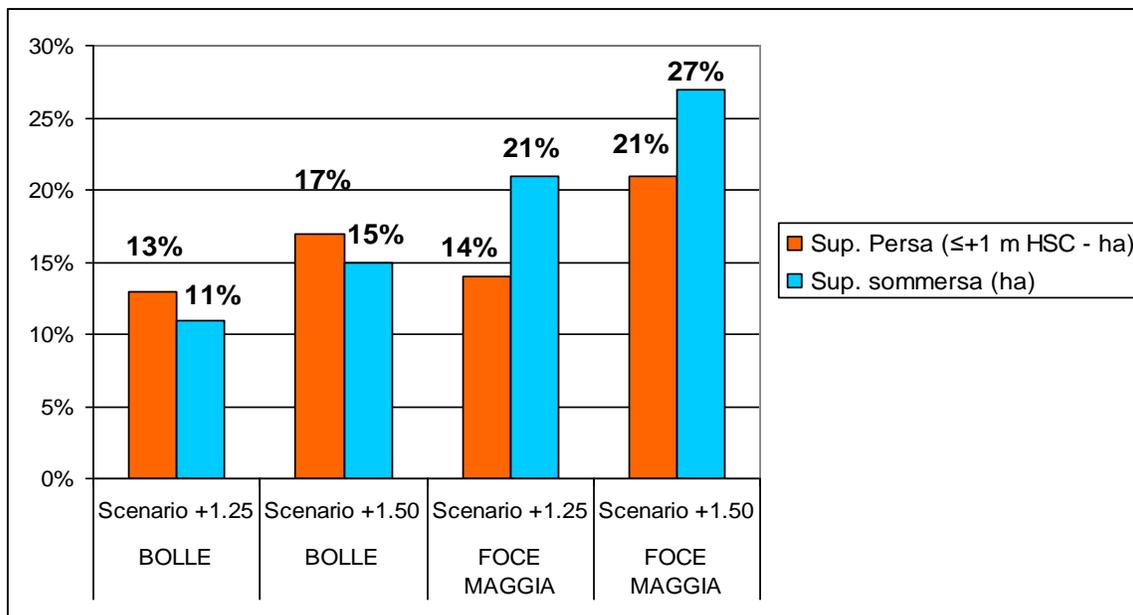
**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Tabella 7** Stima della perdita di habitat presso le Bolle di Magadino e la Foce della Maggia (ROM)

				perdita		sommersione	
				scenario +1.25	scenario +1.50	scenario +1.25	scenario +1.50
ROM	tot habitat	145'908.19	14.59081923	2	3	3	4
				14%	21%	21%	27%
BOLLE	tot habitat	2'519'804	251.9803981	33	28	44	39
				13%	11%	17%	15%
BOLLE + ROM		2'665'712.17	266.5712174	35	31	46	43
				13%	12%	17%	16%



**Figura 47** Stima della perdita di habitat presso le Bolle di Magadino e la Foce della Maggia (ROM) in ettari a causa della sommersione.



**Figura 48** Stima della perdita di habitat presso le Bolle di Magadino e la Foce della Maggia (ROM) in percentuale (%) a causa della sommersione.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Gli habitat al di sopra di questa soglia subiranno una trasformazione, tendendo a diventare canneti acquatici, a scapito di habitat palustri come cariceti e lischeti, che potranno solo in parte arretrare a fasce di quote superiori (presenza di aree antropizzate).

Per i siti sulle sponde italiane, dove gli ambienti rilevati sono essenzialmente dei canneti, con i nuovi scenari di regolazione, si ha una perdita e una trasformazione sostanziale su queste superfici (dati estratti da rapporto Romanò):

#### Scenario +1.25 m HSC: 83.38% 40.78 ettari

superfici perse (fino a +1m): 18.43% = 9.01 ha

superficie direttamente sommerse (+1m - +1.25 m): 28.94% = 14.16 ha

superficie fortemente influenzate (-25 cm dall'epigeios: +1.25- +1.50 m): 36.01% = 17.61 ha

#### Scenario +1.50 m HSC: 100% 48.93 ha

superfici perse (fino a +1.25m): 18.43%+28.94%=47.37% = 23.17 ha

superficie maggiormente sommerse (+1.25m - +1.5 m): 36.01% = 17.61 ha

superficie fortemente influenzate (-25 cm dall'epigeios: +1.50- +1.75 m): non calcolato ma deducibile rispetto al restante totale pari al 100% - 83.38% = 17% = 8.15 ha

### **Previsione per i canneti sulla sponda italiana del lago Maggiore**

Riguardo ai 18 canneti monitorati sulle sponde italiane del Lago Maggiore (11 localizzati sulla sponda lombarda e 7 localizzati sulla sponda piemontese), aventi una superficie complessiva di 40,8021 ha, risulta che:

- scenario +1,25 m HSC: superfici di canneto allagato estese 23,1820 ha pari al 47,37% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superfici di canneto allagato estese 30,8911 ha pari al 63,13% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superfici di canneto allagato estese 40,8021 ha pari al 83,38% della superficie complessiva monitorata

Le superfici di canneto allagato previste nei tre principali scenari indicati sono considerevoli. L'allagamento di tali aree comporterà un progressivo arretramento dei fronti canneto ed una corrispondente incisiva riduzione delle superfici occupate da questa tipica vegetazione igrofila. Nelle aree di Fondotoce e Dormelletto, poste all'interno di due riserve naturali della Regione Piemonte coincidenti con due Siti della Rete Natura 2000, le fasce di territorio retrostanti alle aree a canneto non consentono l'eventuale *shifting* di questa vegetazione al loro interno poiché ospitano altre forme di uso del suolo incompatibili con tale esigenza, costituite da boschi, coltivazioni ed aree infrastrutturate di vario genere. Con gli scenari prospettati i canneti ora presenti rischiano di subire una pesante riduzione della loro estensione o addirittura la sostanziale scomparsa.

Di seguito si riportano i dati degli scenari di allagamento forniti per i 7 canneti monitorati nelle due suddette aree protette, che risultano eloquenti.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Riserva naturale dei canneti di Dormelletto, ZSC-ZPS IT1150004 “Canneti di Dormelletto”**

Area di monitoraggio DORM1: superficie 1,3600 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,6429 ha pari al 47,25% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,8232 ha pari al 60,49% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 1,0915 ha pari al 80.21% della superficie complessiva monitorata

Area di monitoraggio DORM2: superficie 0,2654 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,2055 ha pari al 77,44% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,2225 ha pari al 83,85% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,2514 ha pari al 94,73% della superficie complessiva monitorata

- Area di monitoraggio DORM3: superficie 0,7000 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,3447 ha pari al 50,11% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,4390 ha pari al 63,83% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,6049 ha pari al 87,94% della superficie complessiva monitorata

- Area di monitoraggio DORM4: superficie 0,6700 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,3081 ha pari al 46,10% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,3825 ha pari al 57,25% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,5074 ha pari al 75,93% della superficie complessiva monitorata

- Area di monitoraggio DORM5: superficie 0,3000 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,0720 ha pari al 23,75% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,0895 ha pari al 29,53% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 0,1096 ha pari al 36,18% della superficie complessiva monitorata

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****Riserva naturale del Fondo Toce, ZSC-ZPS IT1140001 "Fondo Toce"**

Area di monitoraggio FDTC1: superficie 4,3000 ha

- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 3,4558 ha pari al 79,34% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 3,8448 ha pari al 88,27% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 4,0386 ha pari al 92,72% della superficie complessiva monitorata
- Area di monitoraggio FDTC2: superficie 16,1500 ha
- scenario +1,25 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 6,5557 ha pari al 40,61% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1,35 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 9,9405 ha pari al 61,57% della superficie complessiva monitorata
- scenario +1.50 m HSC: superficie di canneto allagato estesa 13,7407 ha pari al 85,11% della superficie complessiva monitorata

**Sommersione dei germogli**

La sommersione dei piccoli germogli è un fattore che può soffocare il canneto e impedirne la crescita, come messo anche in evidenza nel monitoraggio dei siti italiani per il triennio 2016-2018.

Dal controllo effettuato **possiamo stabilire come riferimento che da fine marzo, per tutto il mese di aprile e all'inizio di maggio è il mese in cui i germogli sono ancora a forte rischio di sommersione** e per cui si situa il periodo delicato per la sommersione dei germogli di canna.

21.mar	28.mar	04.apr	11.apr	18.apr	25.apr	02.mag	09.mag	16.mag	23.mag	30.mag	06.giu
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### Sintesi di quantificazione della perdita di habitat

Quantificazione della superficie e degli habitat maggiormente sommersi con una soglia di regolazione maggiore, Bolle di Magadino e Foce Maggia:

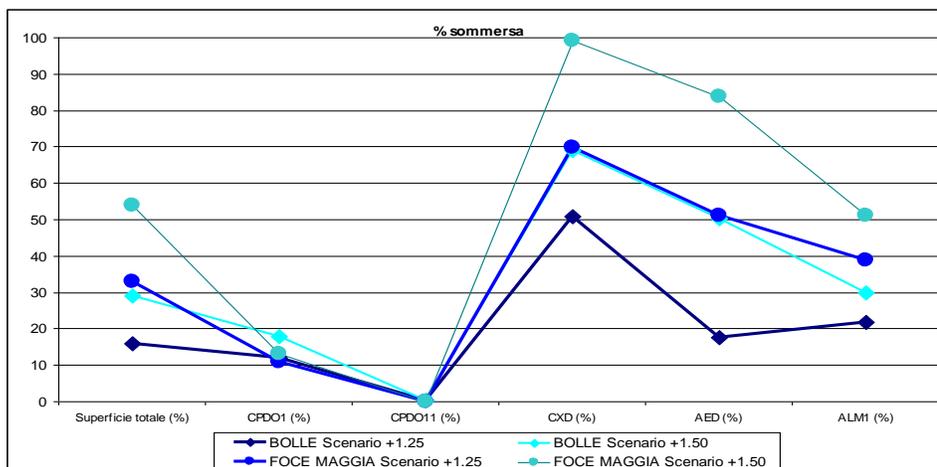
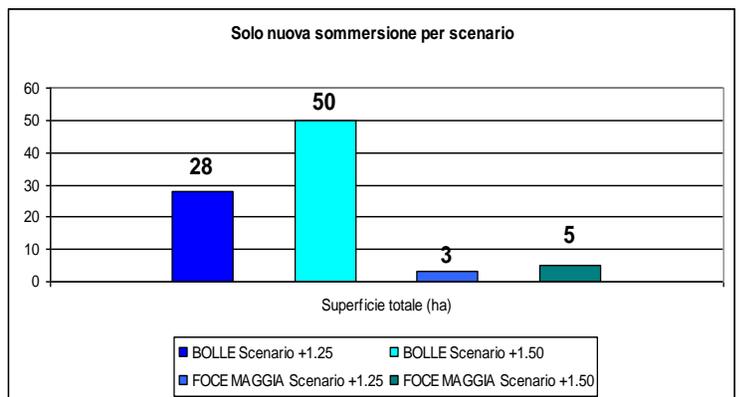
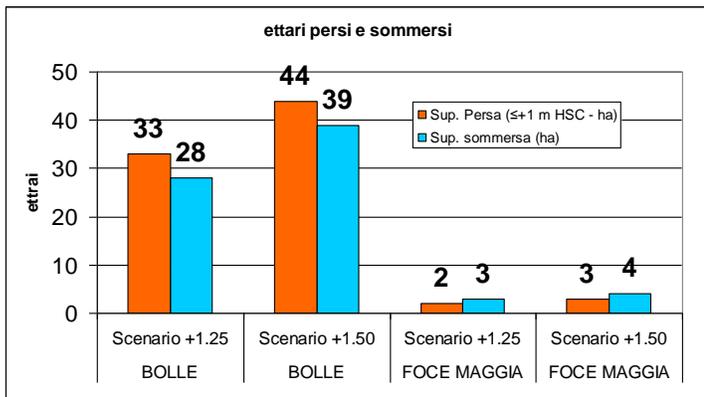
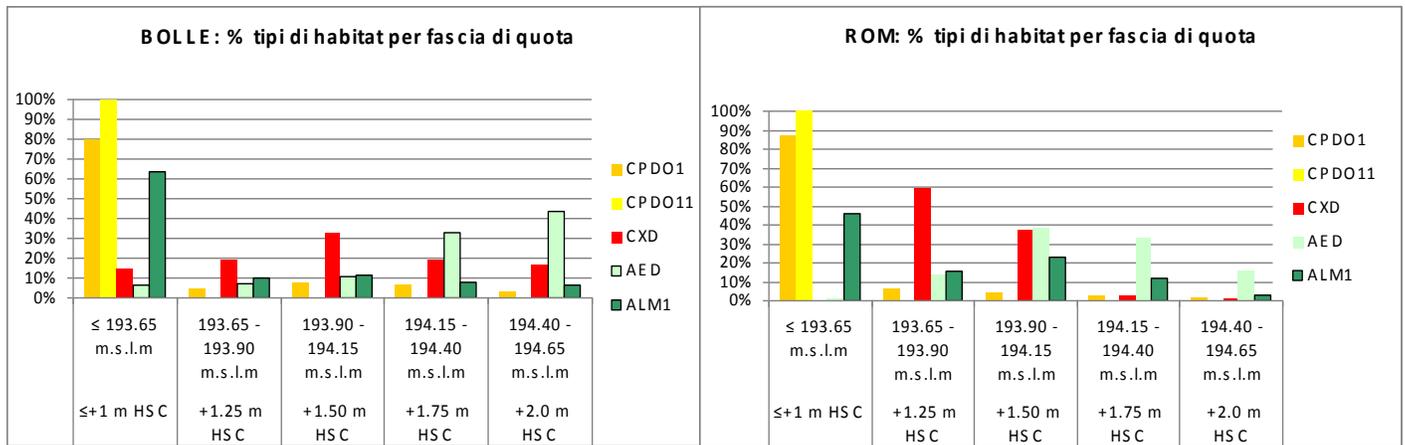


Figura 49 Sintesi delle stime di perdita di habitat presso le Bolle di Magadino e la Foce della Maggia (ROM) a causa della sommersione.

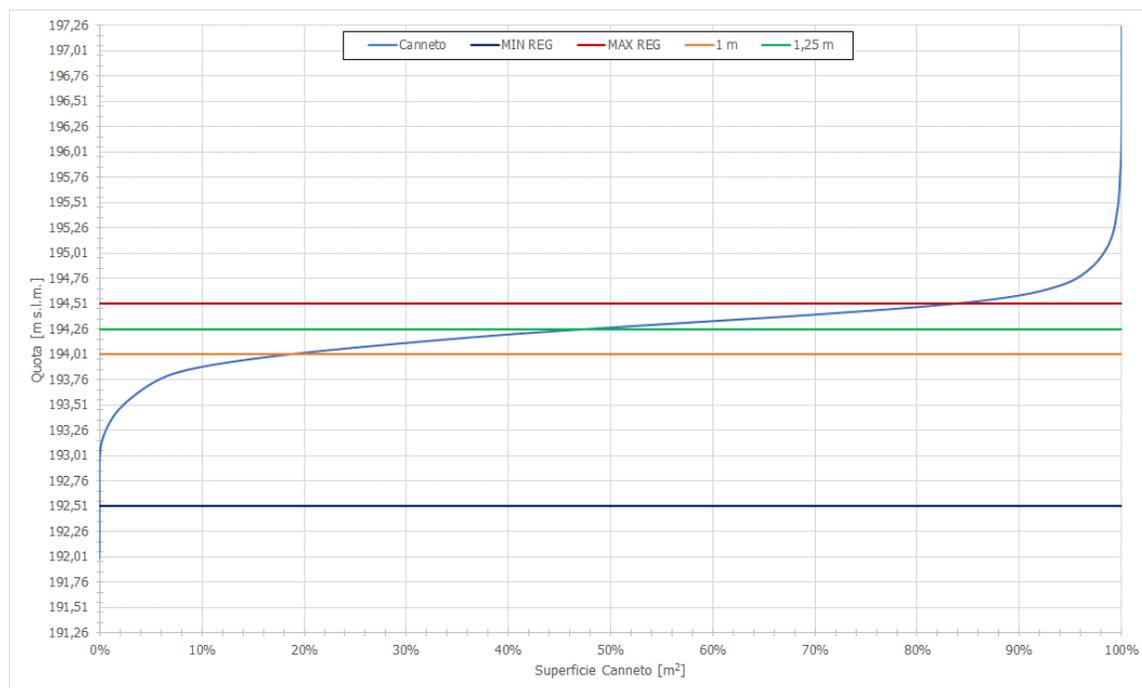
**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.****WP4\_02 – Report Consorzio del Ticino. Rilievo delle aree perilacuali e dell'estensione della vegetazione igrofila dell'intero lago e loro valenza come indicatori della gestione dei livelli - RILIEVO E ANALISI DELLO STATO ED ESTENSIONE DELLA VEGETAZIONE IGROFILA. Sommersione del canneto. A. Romanò.**

Confronto con i dati risultati dalle misurazioni negli oggetti italiani: eseguito solo su tipi ambientali dominati dalla Canna (senza altre unità vegetazionali).

I rilievi sono stati eseguiti su 18 canneti selezionati sulle sponde italiane del Lago Maggiore; di questi, 11 sono localizzati sulla sponda lombarda e 7 su quella piemontese. Le aree selezionate rappresentano i principali canneti presenti sul Lago Maggiore, parte italiana.

Le superficie di canneto monitorate ammontano a (tabella 1 del report): 48.93 ettari.

I grafici di sintesi totale (fig. 4.1 e 4.2 + tabella 23 del report) illustrano le quote di canneto e le relative percentuali (quote italiane)



**Figura 50** Superficie di canneto allagata in funzione della quota.

Si noti come si conferma che il sistema canneto si calibra sulla soglia di regolazione in atto dal 1943 (+1.00). Rispetto ai canneti delle Bolle, sulle sponde italiane il canneto cresce denso a quote maggiori, poiché storicamente negli ultimi 50 anni non è gestito (mentre nelle Bolle viene gestito per la conservazione dei cariceti).

Interessante notare che sulle sponde italiane la porzione di canneto al di sotto di +1m sia minore rispetto a quelle delle Bolle. Probabilmente si tratta di una dinamica differente legata alle condizioni di sistema, diverse tra fluvio-deltizio e riparo-palustre.

A conferma di ciò si può segnalare le quote per Fondo Toce, specialmente per il settore 11 (dirimpetto alla foce e non nella rientranza, sopraelevata artificialmente).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

Fondo Toce a +1m 41% del canneto 11  
 Fondo Toce a +1.25m 79% del canneto 11  
 (Fondo Toce a +1m 7% del canneto 12  
 Fondo Toce a +1.25 m 40% del canneto 12)

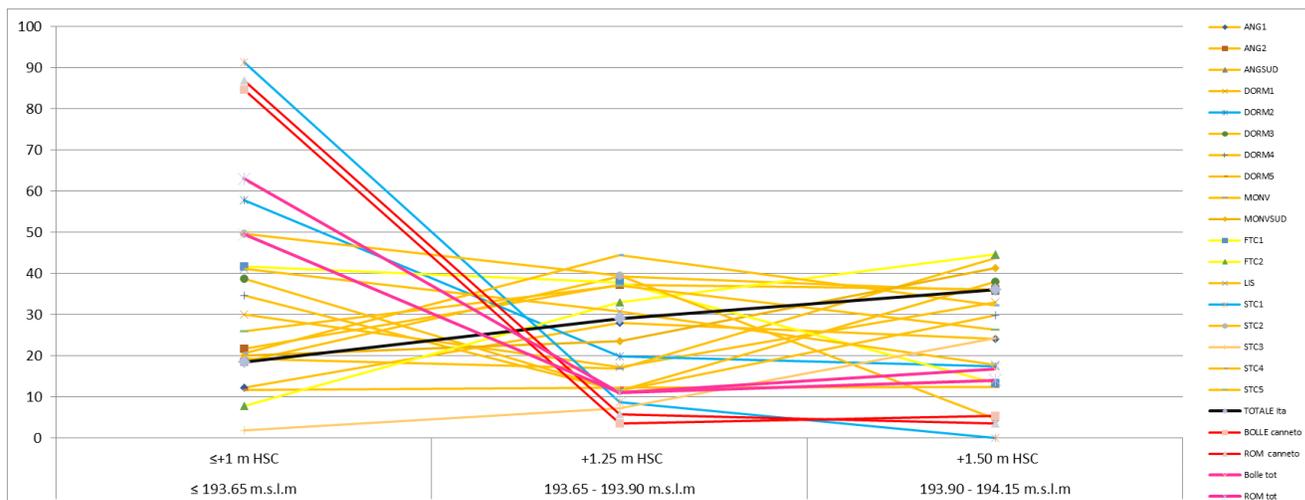


Figura 51

Al sotto della soglia +1m il canneto delle sponde italiane segnala la mancanza delle superfici estese a *clumping*.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

Per le fasce di sommersione si evidenziano i seguenti risultati:

“- il 18% delle aree a canneto analizzate si colloca nella fascia di quota compresa fra lo zero idrometrico (193,01 m s.l.m.) e la quota ordinaria di regolazione estiva (194,01 m s.l.m.).  
- tale frazione sale al 47% in riferimento a quella sperimentale + 1,25 (194,26 m s.l.m.);  
- sale ancora al 63% rispetto alla quota + 1,35 (194,36 m s.l.m.);  
- raggiunge infine la soglia del 83% rispetto alla quota + 1,50 (194,56 m s.l.m.)”  
(pag.97)

Ne risulta quantitativamente:

scenario +1.25 m HSC: 40.51 ettari

- superficie perse (fino a +1m): 18% = 8.80 ha
- superficie direttamente sommerse (+1m - +1.25 m): 37% = 18.01 ha
- superficie fortemente influenzate (-25 cm dall'epigeios: +1.25- +1.50 m): 28% = 13.70 ha

scenario +1.50 m HSC: 48.8 ettari

- superficie perse (fino a +1.25m): 55% = 26.91 ha
- superficie maggiormente sommerse (+1.25m - +1.5 m): 28% = 13.70 ha
- superficie fortemente influenzate (-25 cm dall'epigeios: +1.50- +1.75 m): non calcolato ma deducibile rispetto al restante totale pari al 17% = 8.3 ha

Ricordiamo che sono state cartografate e quantificate solo le tipologie di vegetazione a canneto. La percentuale influenzata dallo scenario massimo tocca in pratica l'intera estensione dei canneti.

Per un confronto diretto con le tipologie rilevate in Italia (canneti: unità CPDO1 e CPDO11) e se riduciamo a queste tipologie il calcolo sulle sponde svizzere, otteniamo:

CANNETI Bolle e ROM superficie di riferimento= 22.1+1.7= 23.8 ha

- scenario +1.25  
21.7 + 1.7= 23.4 ha pari al 91%
- scenario +1.50  
22.1+1.7= 23.8 ha pari al 100%

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

Il danno ambientale per le paludi delle sponde del Lago Maggiore si estende dunque su almeno 110 ettari (scenario +1.25m) fino a 138 ettari (scenario +1.50) – proiezione minima, poiché sulle sponde italiane sono state misurate solo le superfici a canneto.

Per cui le percentuali diventano per le sponde del lago con perdita a lungo termine del 13-17% per le paludi svizzere e dal 18-50% per i canneti italiani e sommersione trasformazione del 12-16% degli habitat naturali lato svizzera e il 100% dei canneti delle sponde italiane. in totale la nuova regolazione crea un danno agli ambienti palustri su 25% nel caso dello scenario +1.25 e 33% con lo scenario +1.50 per la parte svizzera,

Se si prendono solamente le superfici a canneto vero per l'intero lago abbiamo un danno su 85% nel caso dello scenario +1.25 e 100% con lo scenario +1.50



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2.4 individuazione di indicatori della fascia litorale attraverso l'analisi di gruppi acquatici

WP 4.2 - Rapporto CNR-IRSA: Boggero A. (ed). 2022. *Il Lago Maggiore, il fiume Ticino sublacuale e le aree naturali protette. Verifica e sperimentazione di scenari di gestione sostenibili e condivisi. Rapporto finale 2019-2022. 95 pp.*

La macrofauna è utilizzata come *proxy* per le condizioni di stress dell'interfaccia acqua-sedimento e la meio-fauna come *proxy* per quelle dell'interfaccia sedimento superficiale - sedimento subsuperficiale.

Interessante notare come per la macrofauna lo spettro cenotico dei sistemi fluvio-deltizi (Bolle e Fondo Toce) si distingue chiaramente da quello dei sistemi ripari-lacustri (Sesto Calende), dimostrando la presenza di processi ecologici diversi. Per la Meiofauna invece le cenosi variano significativamente in funzione del fattore "livello idrico", indipendentemente dalla stazione o dal tipo di habitat.

##### Macrofauna (Ditteri e Chironomidi)

Questo gruppo di insetti con stadio larvale acquatico modifica la propria composizione specifica e la sua abbondanza in base alle condizioni di livello nella fascia litorale. Livelli medi e alti favoriscono una maggiore diversità, ma anche in periodi di livelli bassi si osservano cenosi diverse ben adattate alle condizioni ecologiche contrapposte. Non sorprende quindi che nel tempo le varie nicchie ecologiche, anche quelle effimere, abbiano potuto essere colonizzate da cenosi "specializzate nell'adattamento". Il sistema Lago Maggiore dunque è fonte di diversificazione e arricchimento della biodiversità spondale e i Chironomidi dimostrano che ecologicamente l'ecosistema è funzionale, a testimonianza di una co-evoluzione delle sue componenti avvenuta nel tempo. La gestione di livelli appropriati anche in futuro deve poter rispettare l'esistenza di quell'alternanza tipica tra ecosistemi acquatico-ripario e litorali a basso fondale salvaguardando la biodiversità di entrambi.

L'abbondanza (numero di individui) e la diversità (numero di taxa) di questa famiglia, risultano essere più elevate in presenza di livelli alti del lago, mentre tendono a diminuire quando il lago si presenta con livelli più bassi o medi, forse perché gli organismi mal si adattano a modificazioni rapide di livello di tipo discontinuo o all'azione delle onde. Durante i periodi di minimo invaso e in presenza di periodi di asciutta, la comunità tende a cambiare, mostrando la dominanza di specie di piccole dimensioni (ad es. *Cladotanytarsus* sp.) che sembrano adattarsi meglio a bassi livelli del lago. Al contrario, in presenza di alti livelli del lago o in habitat permanentemente bagnati, sono presenti specie che raggiungono dimensioni maggiori. Anche le curve di crescita ribadiscono che a livelli più bassi del lago si trovano specie più piccole a crescita più veloce, mentre a livelli maggiori si trovano organismi che raggiungono dimensioni maggiori e crescita più lenta. Queste variazioni dimensionali incidono sulla rete trofica e sui flussi di energia: infatti, in presenza di grandi individui, i predatori potranno catturare meno prede per ottenere lo stesso input energetico, ma questo dipende dal valore nutrizionale delle grandi prede rispetto a quello delle piccole prede.

##### Meiofauna

Anche l'analisi della meio-fauna, fauna di dimensioni inferiori rispetto a quella precedente, evidenzia che le variazioni del livello idrico del lago rimodellano la composizione e la funzionalità della comunità litorale. Analogamente a quanto osservato per la macrofauna, si è osservata una elevata diversificazione tassonomica e funzionale di queste comunità nella zona litorale, che sembra essere favorita durante i livelli medio-alti. Le abbondanze tassonomiche e funzionali



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

della meiofauna tendono a diminuire quando il lago presenta livelli più bassi, perché gli organismi vengono trascinati via dall'azione delle onde. Fanno eccezione alcune specie opportuniste che tendono a mantenere abbondanze elevate anche in tali periodi, probabilmente anche a causa di una minore competizione. Le strategie ecologiche osservate divergono, dallo spostamento seguendo in parallelo le modifiche dell'habitat (ossia seguendo l'abbassarsi dell'acqua con il progredire dell'asciutta) all'occupazione dell'habitat impoverito grazie a spostamenti migratori sulla verticale che permettono di raggiungere aree sub-superficiali ancora umide, con un'espansione della nicchia ecologica di alcune specie opportuniste.

#### Bivalvi

È importante considerare che tutte le specie native italiane di bivalvi d'acqua dolce, quali quelle presenti nel lago, saranno incluse in categorie di rischio estinzione molto elevato nell'ambito delle liste rosse della IUCN.

Diversi indicatori analizzati per questo taxa non sono risultati idonei a descrivere una risposta alle modifiche imposte da un aumento della soglia di gestione primaverile dei livelli. La concorrenza con le specie invasive, in netto aumento, sembra un fattore chiave per comprendere la riduzione osservata attualmente.

I Bivalvi sono maggiormente sensibili alle riduzioni del livello delle acque poiché queste inducono mortalità massive di molluschi rimasti all'asciutto ed esposti a temperature elevate, ma anche l'innalzamento del livello dell'acqua pur abbassando le temperature a cui i bivalvi sono normalmente esposti, ne limita la riproduzione che risulta ridotta.

Tuttavia, si è dimostrato che la gestione artificiale dei livelli amplia l'intervallo naturale delle fluttuazioni stagionali, producendo impatti legati all'alternanza di inondazione/essiccamento delle aree colonizzate dai bivalvi portandoli a spostarsi verso zone inondate dove restano intrappolati durante la riduzione del livello ed esponendoli a incrementi di temperatura e ad essiccamento (di fatto una trappola ecologica). Per valutare i potenziali effetti di questo scenario, sono stati condotti esperimenti per stabilire livelli di tolleranza ad incrementi acuti e cronici di temperatura, ed i risultati sono in fase di elaborazione.

#### Lake Habitat Survey (LHS) per la valutazione dello stato idro-morfologico dell'intera conca lacustre

Dalle prime analisi sugli habitat presenti tramite analisi **idro-morfologiche**, con livelli di lago basso, si è notata una maggior presenza di specie vegetali e di zone ad elevata diversificazione di habitat (spiagge, rocce, canneti, cespugli, erbe alte, materiale grossolano depositato). Questi si riducono con l'aumento dei livelli, fino ad una riduzione drastica del numero di habitat utilizzabili dalle diverse biocenosi litorali, in caso di livelli molto alti come durante i periodi primaverili. Infatti, come già osservato in studi analoghi, la permanenza di livelli troppo alti nelle aree litorali porta ad una omogeneizzazione e banalizzazione degli habitat con conseguente perdita di biodiversità e di servizi ecosistemici.

#### Chimismo delle acque

La variabilità temporale del chimismo delle acque è limitata e si mantiene abbastanza stabile in una stessa stazione. Si può osservare come i siti asciutti e bagnati di una medesima stazione (ad esclusione di Magadino) non presentano differenze evidenti né per quanto riguarda i soluti né per i nutrienti.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2.5 Analisi della funzionalità ecologica dell'area palustre quale sito di sosta migratoria (solo alle Bolle di Magadino) (4.4)

WP4.4 Report UNI Insubria-Fondazione Bolle di Magadino.

La possibilità per gli uccelli migratori di sostare e rifocillarsi durante il loro lungo viaggio di spostamento tra siti di riproduzione e di svernamento è una funzionalità ecologica di livello superiore, non dipendente da un unico fattore ma dall'insieme del sistema. L'uso di bioindicatori vivi di sintesi dunque è indispensabile. Serie di rilievi su lungo termine sono indispensabili. Con la ricerca applicata in questo progetto relativa al WP4.4, si è potuto misurare per 3 anni nuovi tipi di dati tramite una strumentazione mai applicata finora, ma appoggiandosi su serie di dati misurati nella riserva delle Bolle da lungo tempo.

Il risultato può essere quindi ritenuto indicativo e valido. La continuazione di questo tipo di misure sarebbe comunque auspicabile per rafforzare la comprensione del fenomeno.

In sintesi, i dati raccolti hanno dimostrato una correlazione negativa significativa tra la funzionalità della riserva quale sito di sosta e il livello del lago nei mesi di marzo (fino metà aprile).

Se in marzo e aprile il livello del lago è medio-alto, per gli uccelli di passo in quel periodo la possibilità di fermarsi e rifocillarsi è inficiata (compromessa). Il "punto critico di cambiamento" e di interruzione dell'efficacia della sosta si evidenzia a  $192,88 \pm 0,06$  per il Migliarino di palude e  $193,12 \pm 0,52$  m per la Capinera. (intervallo tra  $193,23$  m e  $193,47$  m quote italiane =  $+0,23$  m -  $+0,47$  m HSC), indicato nel grafico sotto con un quadrato colorato sovrapposto alle medie mensili prima e dopo diga.

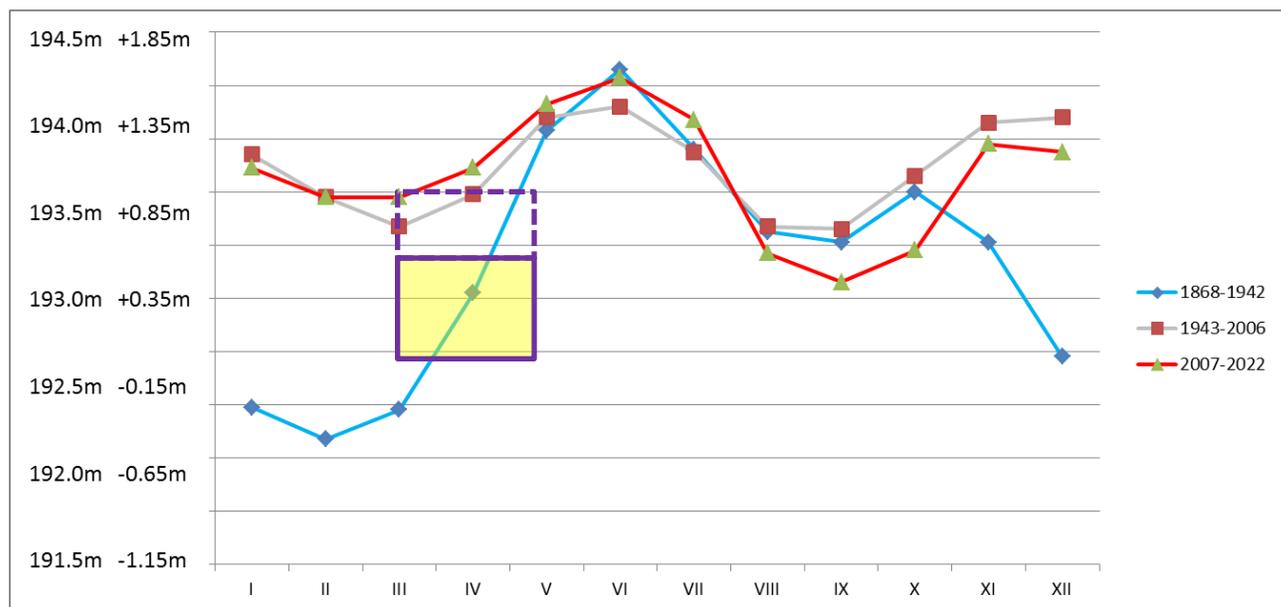
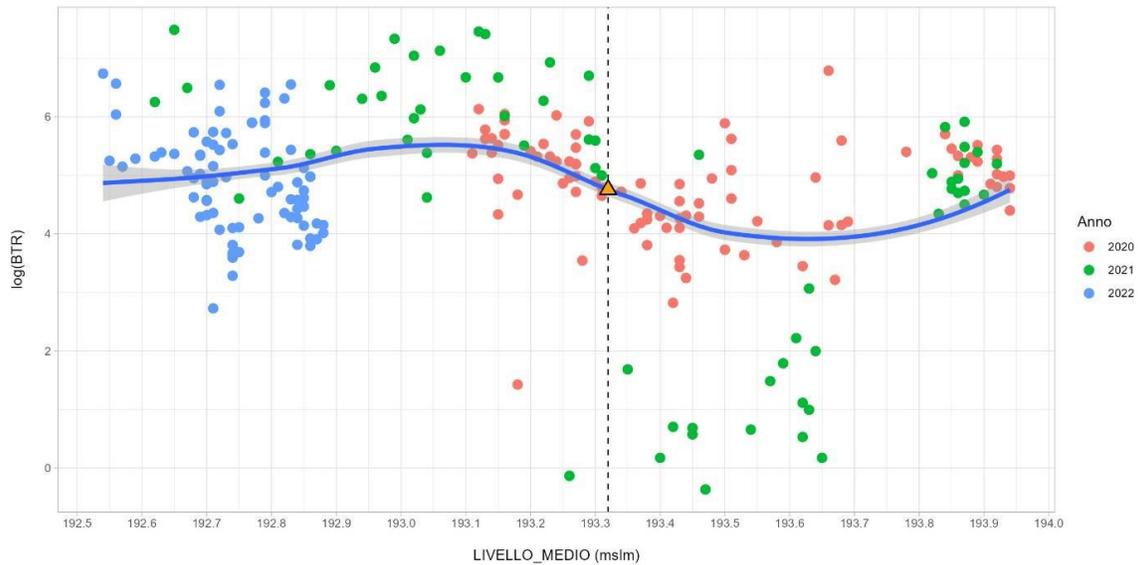


Figura 52 Da completare

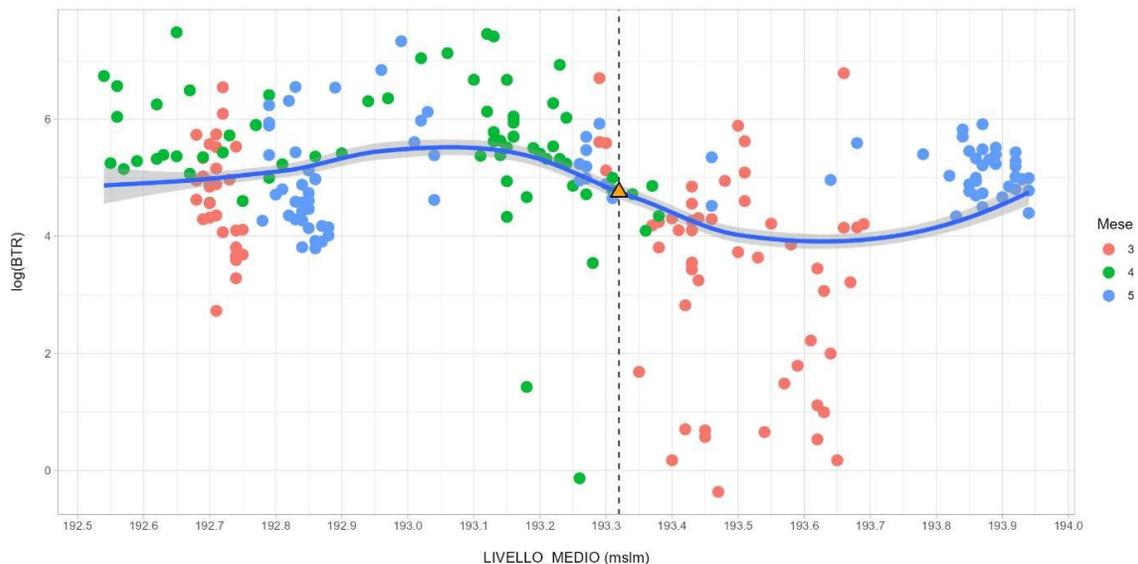
Non sorprende che questo punto critico si avvicini e rifletta la situazione naturale (senza diga). Per contro nel periodo fine aprile - maggio il sistema funziona anche con i livelli delle medie dopo il 1943.

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

I grafici sotto estratti dal rapporto visualizzano la diminuzione del passo dei migratori con livelli alti nel periodo di marzo. Il mese di marzo risulta il mese delicato per i livelli alti. Anche per situazioni particolari come il 2022 (siccità, non solo per il livello del lago) l'incidenza sul passo migratorio è inficiata. Le due tendenze (fine inverno siccitosa e marzo con medie alte) si rafforzano e aggravano la disfunzione.



**Figura 53** BTR (log-trasformato) < 500 m agl delle categorie “passerine type” e “unidentified bird” dal 1 marzo al 31 maggio dal 2020 al 2022 (media della 8 ore target,  $\pm 4$  h tramonto civile) rispetto ai livelli idrici medi giornalieri del Lago Maggiore. I colori si riferiscono agli anni di monitoraggio, come da legenda. La linea blu rappresenta la retta di regressione del modelli GLM (+ CI), la linea tratteggiata rossa quella del modello GAM (+ CI). Il triangolo giallo rappresenta l'unico changepoint significativo del modello GAM, posto in corrispondenza del livello idrico del Lago Maggiore pari a 193.32 m slm.



**Figura 54** Medesimo dotplot di Figura 38, con evidenziati in colore i mesi, invece degli anni.



### **WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

La necessità di avere livelli tra marzo e aprile il più prossimi della situazione naturale (pre-diga) diventa un'esigenza di conservazione importante e che mette in discussione la funzionalità del ruolo di corridoio migratorio primaverile del Lago Maggiore.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2.6 Analisi delle condizioni di riferimento extrabacino (situazione di confronto non regolata del lago di Mezzola) (WP4.5)

##### WP4.5 Report Riserva naturale Pian di Spagna – Lago di Mezzola. Graia.

Rispetto al contenuto del rapporto, vale la pena sottolineare come nelle paludi che costeggiano il lago di Mezzola, il gradiente palustre si esprime in modo esemplare. Inoltre il substrato alluvionale e relativamente ben filtrante permette di creare condizioni di umidità edafica molto tipizzate. In un gradiente che si esprime su una differenza di quota di circa 2.5 m, passiamo dalle formazioni litorali delle spiagge emerse temporaneamente alle praterie steppeiche con presenza di specie vegetali dello Xerobromion (*Chrysopogon gryllus*, *Silene otites*, *Bromus erectus*...), passando dalle formazioni tipiche a umidità variabile dominata dalla Molinia.

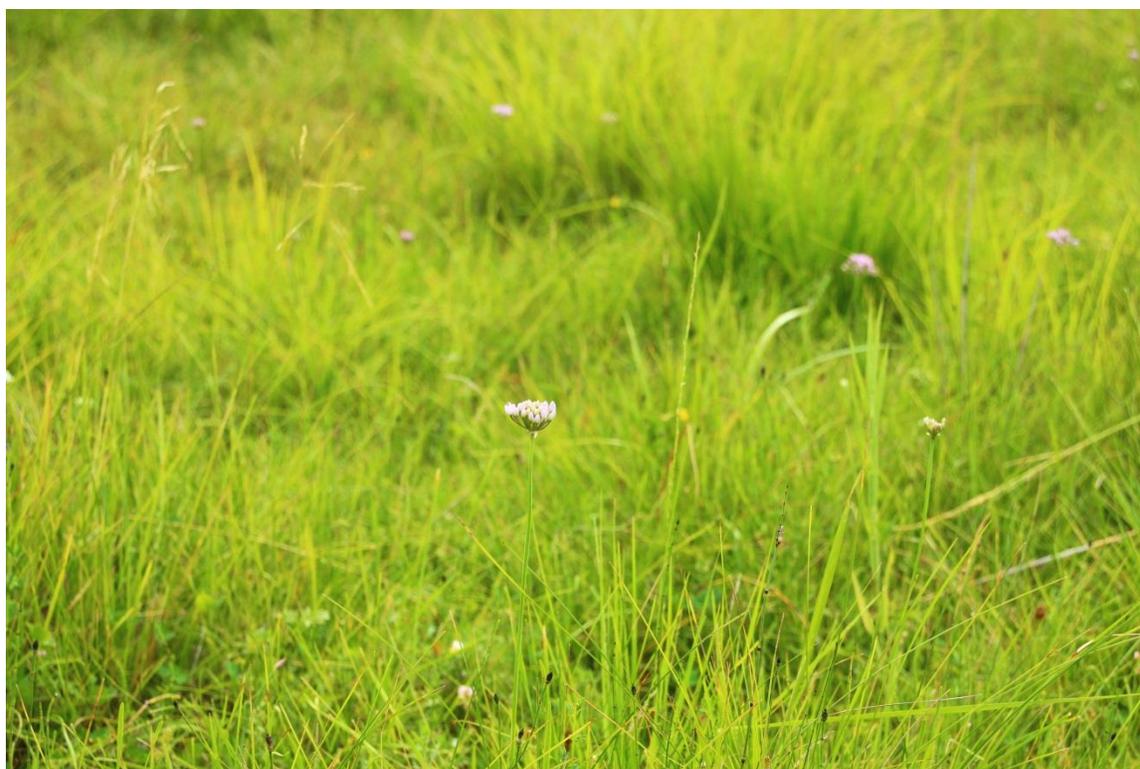
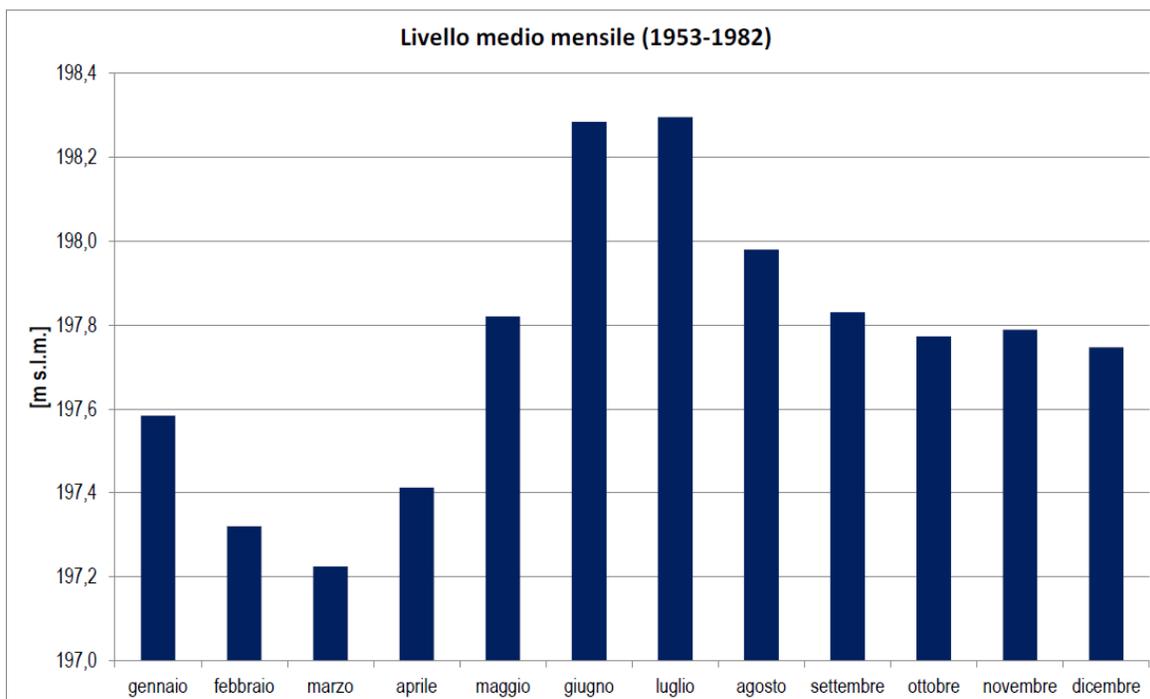


Figura 55 Molinieto con *Allium angulosum* (28.7.2022).

Quale area di confronto quindi risulta molto interessante.

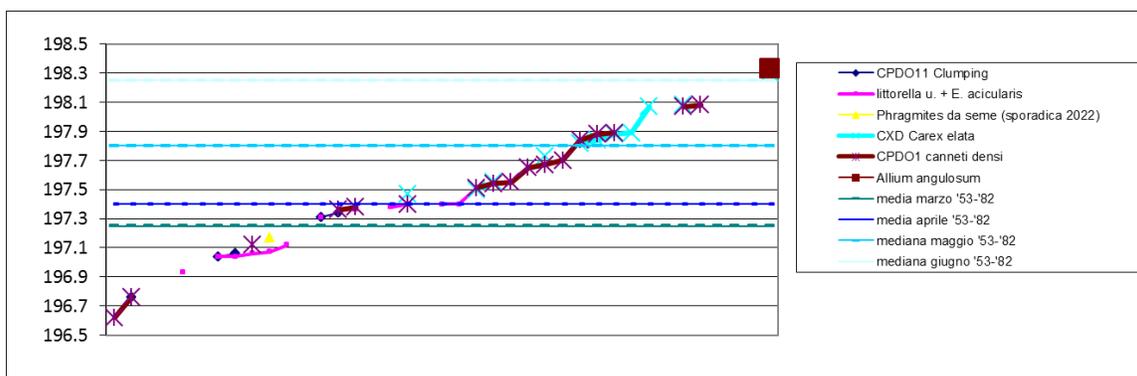
La mancanza di dati continui sui livelli del lago è penalizzante, ma con quelli a disposizione si può avere un'idea di come funziona il sistema. Importante, dunque, il grafico delle medie mensili ottenuto per il periodo 1953-1982 (pagina 16 del rapporto).

**WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.**

**Figura 56** Livelli medi mensili del lago di Mezzola nel periodo 1953 – 1982.

L'innalzamento delle medie avviene dopo maggio, iniziando a fine aprile, nel rispetto delle condizioni ideali di germogliamento della Canna palustre.

Inoltre, dalle misurazioni effettuate sui transetti dei canneti e aggiungendo le segnalazioni puntuali che sono state rilevate, possiamo ottenere il grafico di riferimento sotto, dove si vede come il sistema si calibri attorno alle quote medie primaverili, come evidenziato per i canneti del Lago Maggiore:



**Figura 57** Da completare

Da ritenere quali elementi di confronto sono:

- La quasi mancanza totale di formazioni che mostrano il fenomeno del “clumping” del canneto (una sola stazione puntuale che mostra il fenomeno) e in parallelo l’assenza completa di resti di canneto morto (resti di rizomi che affiorano con livello del lago basso come osservabile molto bene ad Angera, Fondotoce e Dormelletto).

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

- La ricrescita da seme dei canneti sui litorali emersi del 2022 è solo sporadica, malgrado la presenza di profili di costa molto favorevoli e degradanti lentamente. Questo potrebbe dimostrare che la fascia del canneto è in equilibrio con i livelli del lago.
- La ricrescita del fronte del canneto durante il 2022, quale fenomeno osservato anche sul Lago Maggiore, ma in modo meno esteso a Mezzola
- La presenza di estesi tappeti a Littorella, presenti anche sul Lago Maggiore, ma segnalati con queste estensioni solo nel periodo pre-diga. Oggi nel Lago Maggiore crescono soprattutto tra le canne delle formazioni più basse e raramente come praterie temporanee estese, come osservate a Mezzola.



**Figura 58** Prateria temporanea a Littorella e *E. acicularis* (28.7.2022).

Queste osservazioni ci permettono di poter immaginare la situazione spondale del lago Maggiore senza una gestione artificiale delle medie primaverili. Con una crescita del canneto molto più in basso rispetto alle medie primaverili (come ancora risulta nei sistemi fluvio-deltizi anche se oggi con chiari segnali di deperimento), e la mancanza di un generale arretramento del continuum palustre (la linea del fronte del canneto per esempio).



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.3.2.7 Sperimentazione e realizzazione di interventi di riqualifica ambientale (WP6)

WP6 – Report Ente di gestione dei parchi del Ticino e del Lago Maggiore e Fondazione Bolle di Magadino. Progettazione e realizzazione di interventi di riqualificazione ambientale – linee guida per la gestione. N. Patocchi, E Villa.

Il canneto acquatico è oggi un habitat in crisi nella fascia di quota sotto i 193.50 m CH (+0.85 m HSC, 193.85 m I).

La correlazione tra medie primaverili dei livelli del lago e fascia ottimale di crescita del canneto è un fattore determinante. Il sistema si sposta lungo il gradiente spondale seguendo questo fattore.

Di fatto la conservazione della media primaverile naturale (ante diga) anche per il periodo in cui si sono applicate soglie di gestione dei livelli, ha permesso di conservare le condizioni per la crescita del canneto presenti nel 1943. L'aumento delle medie di marzo e aprile assieme all'aumento della media annuale ha comunque comportato un lento e progressivo arretramento della crescita della canna e della riduzione a lago dei canneti.

I canneti che osserviamo ancora presenti oggi nella porzione di riva fino a 193.50 m vanno considerati in via di scomparsa se la soglia primaverile verrà mantenuta più alta o innalzata ulteriormente, "riassorbiti" dal lago.

La durata del processo è difficile da stimare, probabilmente tra 20-30 anni (?) se si osserva il cambiamento avvenuto dopo il 2007.

Episodi estremi come la siccità del 2022, con una buona ricrescita dei canneti sul fronte lago per quell'anno, non basteranno a bloccare questo scivolamento costante e progressivo verso l'entroterra della sponda palustre.

La gestione mirata degli ambienti palustri può rallentare e guidare il processo ma deve tener conto di questo fenomeno, per cui la conoscenza delle fasce attuali di crescita ottimale degli habitat (forniti nel rapporto WP6) e la prospettiva di cambiamento di questa fascia, permette di preparare piani di gestione adeguati.

Purtroppo, l'arretramento spondale del continuum acqua-terra si scontra con l'impossibilità di arretrare delle aree palustri a causa dell'occupazione retrostante con attività antropiche.

Di fatto dunque si ha un rimpicciolimento dell'area di habitat palustre.

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

#### 3.4 Altri esperimenti/studi effettuati in parallelo utili come informazioni complementari sulla relazione livelli del lago - biocenosi

*CIPAIS - Ricerca ed innovazione sul Lago Maggiore: indicatori di qualità nel continuum acqua - rive. Rapporto finale 2019-2021*

*Boggero A., Zaupa S., Borgomaneiro G., Eckert E., Gariboldi L., Marchetto A., Musazzi S., Sabatino R., Paganelli D., Fontaneto D. 2021. Ricerca ed innovazione sul Lago Maggiore: indicatori di qualità nel continuum acqua - rive. Rapporto finale 2019-2021. Commissione Internazionale per la Protezione delle Acque Italo-Svizzere (Ed.): 156 pp CIPAIS Continuum rive rilievi Gariboldi del litorale*

Il rapporto CIPAIS 2021 riferisce in merito agli studi effettuati sul lago per il periodo 2019-2021. Ha interessato la flora perilacuale, le diotomee, i macroinvertebrati acquatici e le macrofite attraverso metodi d'identificazione morfologici e molecolari.

Il catalogo floristico (Gariboldi L.), sebbene incompleto visto la limitazione dello sforzo di ricerca sul campo, fornisce un'informazione preziosa nell'inventariare le sponde che hanno contenuti naturalistici interessanti ma si situano al di fuori delle aree sotto protezione formale. Nel progetto ParchiVerbanoTicino la quantificazione di ambienti toccati dalla modifica degli scenari di regolazione si limita ai canneti situate all'interno dei perimetri delle aree protette. In realtà dunque esistono ancora, per fortuna, altre aree naturali fuori area, ma che sfuggono alla quantificazione di superficie toccate o che rischiano di scomparire. Per cui le stime degli ettari che andranno persi o che vedranno ridurre la loro superficie effettiva a causa dell'arretramento spondale, vanno considerate in difetto, quali indicazioni prudenziali minime, poiché in realtà saranno più estese. (Figura sotto estratta dal rapporto, pag. 83).



**Figura 59** Carta delle zone di interesse conservazionistico al di fuori delle Aree Protette. *Legenda: colore magenta= Aree Protette; colore rosa= PLIS Parco del Golfo della Quassa; colore grigio= Aree prioritarie per la biodiversità in Lombardia; 1= Dal torrente Monvallina a Sasso Moro (Manvalle-Leggiuno); 2 = Ceresolo beach; 3= Spiaggia pubblica tra Fortino e Cerro (Laveno-Mombello); 4= Rive scoscese e Spiaggia delle Cinque Arcate di Castelvecchana; 5= Germignaga; 6= Località Orascio (Maccagno con Pino Veddasca); 7= Maccagno con Pino e Veddasca; 8= Maccagno con Pino e Veddasca1; 9= Zona Grotto Mazzardit (Tronzano sul Lago Maggiore); 10= Ascona; 11= Scoglio a Biganzolo (VB); 12= La Baracchetta (Baveno); 13= Zona foce del torrente Erno (Lesna); 14= Lido di Meina; 15= Lungo lago Arona, Punta Vevera; 16= Villaggi (Castelletto sopra Ticino); 17= Cicognola beach (Castelletto sopra Ticino).*

### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

**Fondazione Bolle di Magadino - 2020-2021: studio delle cenosi di ragni e carabidi delle tipologie palustri non boscate presenti nelle Bolle di Magadino e confronto con le stesse stazioni analizzate nel 1999-2000. (Rapporto definitivo non ancora pronto). L. Giollo, N. Patocchi.**

#### *Riassunto dello studio*

Nelle paludi aperte della riserva delle Bolle come canneti, cariceti e lischeti, situate tra una fascia di quota che va da 193.50 e 194.20 m (+0.85 m e +1.55 m HSC), nel 2020-2021 sono state indagate una decina di stazioni tramite trappole a caduta. Queste intercettano gli invertebrati che si muovono sullo strato epigeo, con i quali è possibile stabilire le cenosi e le strutture cenotiche infeudate ai vari habitat. Le stesse stazioni erano state campionate nel 1999-2000. Si può disporre quindi di dati confronto prima e dopo le modifiche intervenute dal 2006 utilizzando i risultati ottenuti con i ragni e i coleotteri carabidi epigei, che rispondono molto bene alla metodologia di campionamento. Potendo definire le specie fondamentali per ogni stazione per questi due gruppi, specie cioè che non si trovano per caso in quella stazione, ma ne strutturano la cenosi con un'abbondanza relativa e una frequenza di osservazione elevata, disponiamo di un indicatore potente e molto plastico, con la capacità di variare ai cambiamenti stagionali in modo rapido (annuale perlomeno).



**Figura 60** Trappola a caduta (*pitfall*). Per ogni stazione ce ne sono 3.

#### *Risultati provvisori*

I grafici riportano gli andamenti stagionali per alcune specie fondamentali rinvenute nei campionamenti. Da un lato risulta evidente che nei periodi di lago basso si ha una penetrazione su tutto il continuum di specie di prateria umide, non legate alle paludi (*P. proxima* nel grafico 2020-2021), tendenza rafforzata dall'aumento della frequenza dei periodi siccitosi. Dall'altro si nota come le stazioni più basse e inondate durante i periodi in cui i livelli medi sono vicini alla soglia di regolazione, le cenosi palustri vanno in crisi e cercano di spingersi verso le stazioni più alte, entrando vieppiù in concorrenza con le specie ad esse associate. Le cenosi risultanti, quando riescono a strutturarsi, risultano comunque impoverite e squilibrate (nessuna o poche specie dominanti). La loro nicchia ecologica di fatto risulta subire una "ristrettezza", fenomeno confermato anche dalle osservazioni floristiche, anche se con risposte meno rapide. Ricordiamo che questi risultati sono a livello cenotico (e non specifico), dunque una conferma dei processi in atto ad un livello ecologico superiore.

## WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

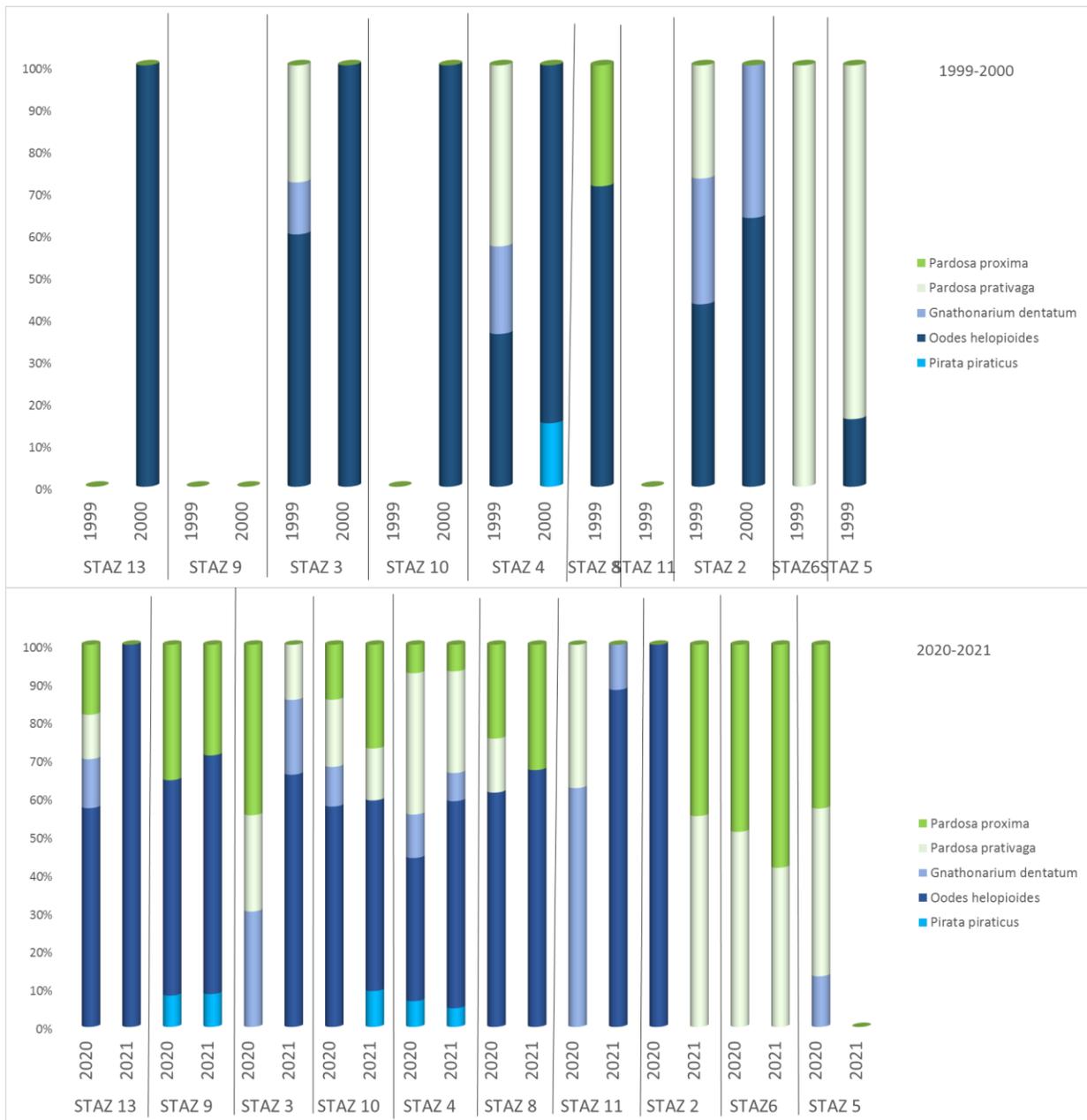


Figura 61 Studio delle cenosi di ragni e carabidi delle tipologie palustri non boscate presenti nelle Bolle di Magadino: confronto 1999-2000 / 2020-2021.



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

**Fondazione Bolle di Magadino - 2021-2022: studio della produttività in biomassa della ditterofauna a larva edafica nelle tipologie palustri non boscate presenti nelle Bolle di Magadino e confronto con le stesse stazioni analizzate nel 1999-2000 / 2002-2003. (Rapporto definitivo non ancora pronto). L. Giollo, N. Patocchi.**

#### *Riassunto dello studio*

Le stesse stazioni indagate nello studio descritto precedentemente, lo sono state anche per lo studio della produttività di moscerini prodotti per unità di superficie di palude. Questa produzione di biomassa in invertebrati è molto importante quale fonte di cibo, specialmente per gli uccelli, sia nei momenti di sosta migratoria, sia nel periodo di nidificazione. Tramite l'utilizzo di trappole fotoelettro o chiamate trappole a emergenza, una porzione di suolo di 0.25 m<sup>2</sup> per trappola viene delimitata da un quadrato metallico e gli insetti (soprattutto ditteri) che mano a mano si metamorfizzano da larva presente nel suolo o nella vegetazione ad adulto alato, vengono raccolti dalle fini reti poste sopra il quadrato. Le trappole sono attive in continuazione da aprile a settembre, anche con le sommersioni della stazione e svuotate ogni 15 giorni circa. Per stazione sono posate 3 trappole e sono stati indagati con la stessa metodologia gli anni 1999, 2000, 2002, 2003, 2021 e 2022. Per il 2022 non disponiamo ancora dei risultati.



**Figura 62** Trappole a emergenza. Stazione 6, 2022.

#### *Risultati provvisori*

Il grafico sotto visualizza il numero di individui (normalizzato) di tutte le famiglie di ditteri trovate (tra cui i *Chironomidae* risultano i più abbondanti).

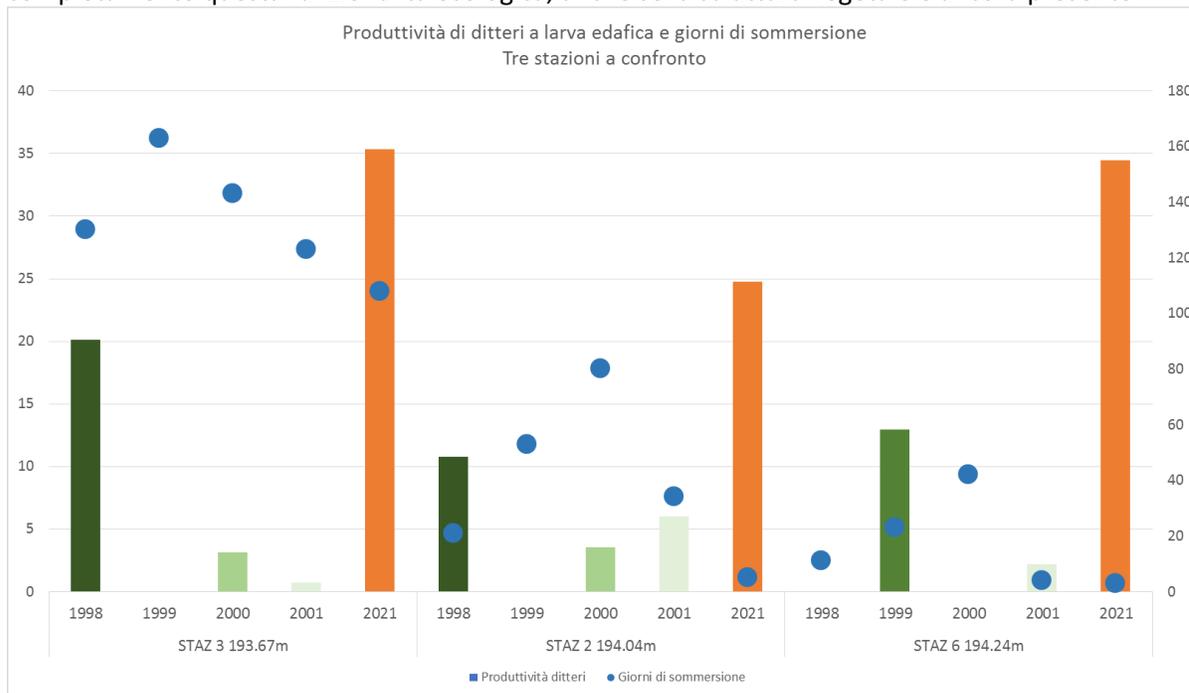
I giorni di sommersione della stazione durante l'anno hanno una forte influenza sulla produttività della stazione stessa e il sistema sembra molto dinamico. Vanno indagate ancora le relazioni con gli anni precedenti quello di cattura (momento della deposizione delle uova), e le specie che caratterizzano le stazioni, ma risulta evidente che la sommersione determina un crollo della produttività. Se essa avviene ad esempio in pieno passo migratorio degli uccelli, la disponibilità trofica ne risulta ridotta con il rischio di far fallire il successo della sosta. Con l'aumento della mortalità nell'attraversamento primaverile delle Alpi, a causa del mancato rifornimento trofico, viene quindi messo in crisi un fenomeno che ha conseguenze dirette sulle popolazioni nidificanti al Nord.

Inoltre, se la sommersione avviene in una stazione legata alle quote superiori del continuum, meno frequentemente sommersa, il suo effetto negativo è maggiore. Per cui l'estensione delle sommersioni è un fattore importante e se le soglie di regolazione sono innalzate, la frequenza



### WP3 e WP4: Contestualizzazione, problematica e indicatori.

con cui le stazioni più alte vengono inondate sarà maggiore. Poter contare su una superficie importante che non viene sommersa completamente dalle variazioni medie (tipicamente con la formazione dei lischeti e megaforbie) risulta essenziale per garantire una produttività di biomassa sufficiente ai bisogni degli uccelli per esempio. La sommersione dell'80-100% della superficie con l'introduzione degli scenari +1.25 o peggio con +1,50 m compromette completamente questa funzionalità ecologica, anche se la struttura vegetale è ancora presente.



**Figura 63** Numero di individui di ditteri normalizzato (0.75 m2 di campionamento per stazione/per giornata di cattura). I punti blu rappresentano i giorni di sommersione annuale per stazione. Quote CH indicate.