UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FOGGIA

Facoltà di Agraria

Dipartimento di Scienze Agro-Ambientali, Chimica e Difesa vegetale

LIFE + NATURA & BIODIVERSITA'

Interventi di conservazione dell'avifauna prioritaria nell'Oasi Lago Salso

AZIONE A.4

Studio dei livelli idrici minimi vitali del Lago Salso

RELAZIONE TECNICA

Foggia, 22 dicembre 2009

Sommario

Introduzione 3
Stato dell'arte 4
Funzionamento idrico della palude 5
Materiali e metodi 7
Risultati 9
Conclusioni 15
Un modello per una gestione ambientale del livello delle acque dell'Oasi Lago Salso 17
Esempi di strumentazione in commercio 23
MONOGRAFIE 27
GLOSSARIO 34
APPENDICE FOTOGRAFICA 35

LIFE + Natura e Biodiversità
Interventi di conservazione per l'avifauna prioritaria nell'Oasi Lago Salso

Azione A.4

"Studio dei livelli idrici minimi vitali del Lago Salso"

Introduzione

La seguente relazione tecnica si inserisce nell'ambito delle azioni preparatorie LIFE+ NATURA & BIODIVERSITA' "*Interventi di conservazione dell'avifauna prioritaria nell'Oasi Lago Salso*" AZIONE A.4 - *Studio dei livelli idrici minimi vitali del Lago Salso*.

Si tratta si uno studio, a cura del Dipartimento di Scienze Agro-ambientali, Chimica e Difesa vegetale della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Foggia, propedeutico alla realizzazione delle azioni concrete di conservazione, riguardante la raccolta dati e la redazione di una relazione tecnica finalizzata al mantenimento dei livelli idrici ottimali per la conservazione delle specie obiettivo e dell'intero ecosistema utile per l'annullamento della minaccia n° 3 "Variazioni del livello idrico".

Tale relazione è stata realizzata analizzando i dati quindicinali dei livelli e dei flussi idrici nell'ambito territoriale della zona umida (Lago Salso) nell'anno 2009 e su interpretazione di informazioni verbali ricevute dal personale dell'Oasi Lago Salso in quanto non sono disponibili banche dati storiche per l'area in oggetto.

Lo studio è stato realizzato entro il primo anno del progetto (Dicembre 2009) cosi come richiesto nel crono programma rispettando quindi la tempistica e gli obiettivi.

Il gruppo di lavoro

Prof. Massimo Monteleone
Dott. Maurizio Marrese
Ing. Michele Florio
Dott.essa Giuseppina De Simone
Dott. essa Angela Libutti

RELAZIONE TECNICA

Stato dell'arte

L'alimentazione idrica del Lago Salso è legata agli apporti stagionali derivanti dal torrente Cervaro, dal quale, mediante un canale di origine artificiale (canale Roncone del Cervaro), avviene l'immissione dell'acqua. L'afflusso è regolato paratoie (chiuse idrauliche) che, in assenza di un modello gestionale dei livelli idrici del lago, vengono manovrate empiricamente. In occasione di piene improvvise e in periodi delicati come la fase riproduttiva dell'avifauna, la mancata conoscenza delle esatte quantità dei flussi idrici non consente un'ottimale gestione idrica della zona umida provocando repentine variazioni dei livelli nell'area palustre.

L'assenza di studi circa le modalità di manovra delle chiuse e l'immissione non programmata dell'acqua hanno portato nel passato a valutazioni erronee circa l'opportunità di azionare le chiuse, causando un repentino innalzamento dei livelli della palude con conseguente sommersione dei nidi di molte specie tra le quali il *Botaurus stellaris* e l'*Aythya nyroca*. Analogamente l'abbassamento repentino delle acque ha favorito la predazione dei nidi con conseguenti danni al successo riproduttivo delle succitate specie. Tale situazione è causa di stress anche per la vegetazione igrofila specialmente quando l'evento relativo all'innalzamento improvviso dei livelli idrici avviene nel periodo vegetativo primaverile.

Nella stagione estiva, inoltre, il Lago Salso è spesso utilizzato dagli agricoltori confinanti per l'irrigazione dei campi (pratica, però, non avvenuta nel 2009). Ciò rappresenta un ulteriore importante fattore di variazione dei livelli idrici e comporta gravi conseguenze e squilibri nel naturale ciclo annuale di molti uccelli nidificanti nell'area.

Funzionamento idrico della palude

L'area palustre si estende per oltre 550 ettari ed è costituita da due vasche di colmata collegate tra loro da una chiusa idraulica. In pratica si tratta di due aree di invaso idrico realizzate, in passato, per la bonifica per colmata dei terreni salsi e bassi del golfo di Manfredonia. Nella palude si alternano in modo irregolare vaste zone di fitto canneto con zone lacustri aperte, più o meno vaste, nel gergo chiamate "chiari".

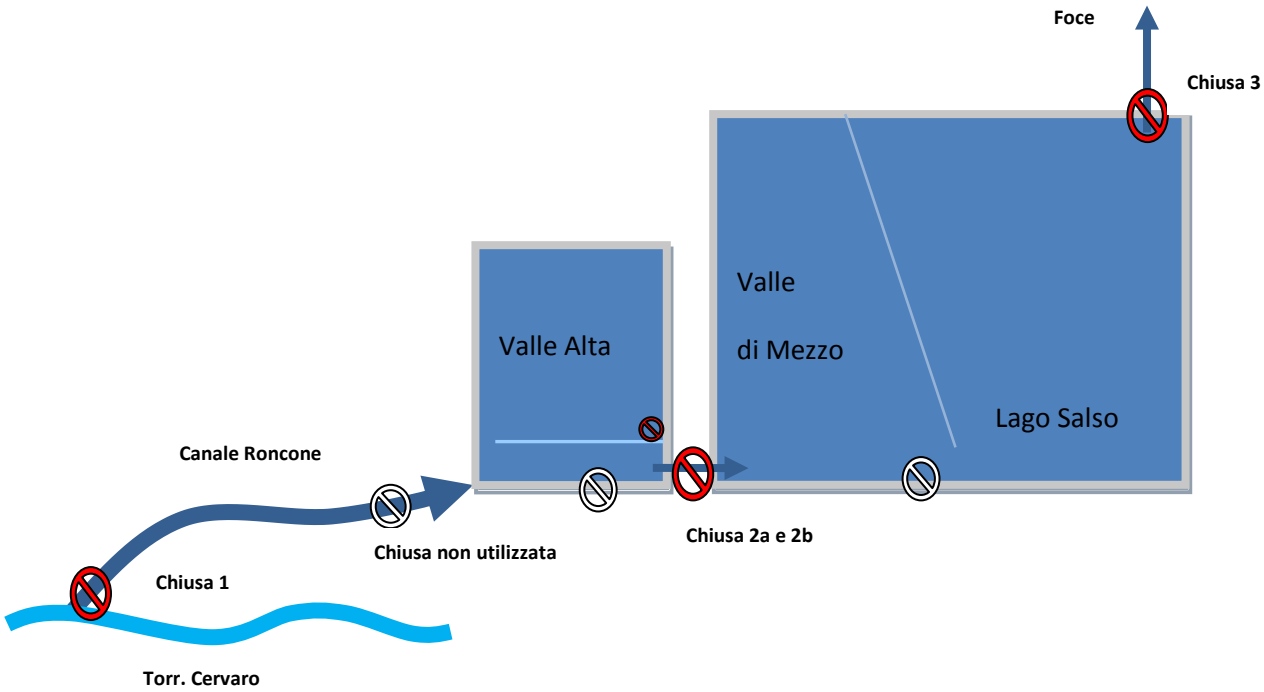
Dal punto di vista idraulico l'acqua proveniente dal Torrente Cervaro, regolata da un sistema di chiuse di immissione (chiusa 1), attraverso il canale "Roncone" (Fig. 1), si immette nella prima area di invaso denominata "Valle Alta" attraverso una paratoia (o chiusa idraulica), quasi totalmente occupata dal canneto fatta eccezione di soli due chiari importanti e di qualche canalizzazione di flusso preferenziale interna. Da questa, attraverso la chiusa di "Valle di Mezzo" (chiusa 2), l'acqua passa nella seconda area di invaso ben più estesa della prima e caratterizzata mediamente da un fondale più profondo di quasi un metro (tale area comprende appunto la "Valle di Mezzo" e il "Lago Salso", due aree rappresentanti un unico sistema idraulico seppur è presente terrapieno fra le due) . In questa seconda area si evidenzia un maggiore equilibrio tra zone a canneto e chiari aperti più o meno frastagliati e spesso collegati tra loro da canali interni. Attraverso una successiva chiusa idraulica (chiusa 3) l'acqua fuoriesce dalla seconda area di invaso scaricata in un altro canale che ne costituisce la "foce". Altre chiuse "in uscita" non sono attualmente utilizzate per la emissione dell'acqua.

La chiusa 1 è regolata dal Consorzio di Bonifica della Capitanata, mentre le chiuse 2a, 2b e 3 sono gestite dal personale dell'Oasi anche se in passato si sono verificati casi in cui gli stessi agricoltori manovravano arbitrariamente le chiuse. (Nota: si rimanda anche all'appendice fotografica).

La presenza di vaste aree occupate dal folto canneto rappresenta spesso un ostacolo fisico molto importante ai flussi idrici, inoltre anche l'ampiezza degli specchi d'acqua e i collegamenti idraulici obbligati tra le diverse "aree" inducono spesso variazioni dei livelli idrici diverse zona per zona e/o loro sfasamenti temporali.

Pertanto è possibile affermare che i livelli idrici delle diverse aree palustri, oltre che dall'entità ed intensità delle piogge, sono influenzati dalla gestione e dalla sezione delle chiuse di passaggio idrico obbligato ed in ultimo, ma non per importanza, dalla folta vegetazione dovuta al canneto che spesso ostacola i flussi con un progressivo interramento del fondale fino a costituire delle vere e proprie barriere al passaggio dell'acqua.

Figura 1 Lago Salso con le principali "vasche" (in evidenza le chiuse)



Schema idrologico del
Lago Salso

Materiali e metodi

Consapevoli di quanto spiegato precedentemente, lo studio dei livelli idrici del Lago Salso è stato impostato prevedendo un monitoraggio "diffuso" nella palude con 6 stazioni di misura dislocate nell'area. La scelta della posizione di questi punti è stata fatta in base ai caratteri ambientali (ovvero punti rappresentativi delle condizioni ordinarie del contesto d'area), alle condizioni di facile accessibilità, diretta adiacenza a specchi d'acqua e alla omogenea distribuzione nell'area. Per ogni stazione di misura è stata determinata la quota assoluta di riferimento espressa in metri s.l.m.. Nell'ambito del rilievo topografico eseguito per l'azione A5 dello stesso progetto, infatti, ogni stazione è stata collegata ad un vertice di inquadramento GPS posizionato nelle immediate vicinanze o addirittura istituita coincidente con lo stesso vertice di inquadramento.

Con cadenza quindicinale da gennaio a dicembre 2009, in corrispondenza delle 6 stazioni, si è proceduto al rilievo della quota del livello idrico locale ottenuta per differenza rispetto a quella di riferimento determinata con il rilievo topografico.

In corrispondenza di questi punti di misura sono stati prelevati, con cadenza mensile, anche i campioni d'acqua per le analisi previste nell'azione E2 dello stesso progetto. Tale azione proseguirà fino al termine del progetto LIFE.

Per ciascuna stazione di misura è stata redatta una monografia descrittiva del punto atta a localizzarla nell'area e ad illustrarne le peculiarità ed il contesto palustre in cui essa si inserisce (vedere appendice). Sulla base della misura periodica dei livelli e della conoscenza delle quote batimetriche, sono state rilevate e riportate nelle monografie anche le altezze idrometriche registrate nell'anno 2009 in corrispondenza di ciascuna stazione.

Chiaramente tali altezze idrometriche sono relative allo specifico punto di stazione e quindi dipendono dalla specifica quota batimetrica del fondale. In genere tali quote sono abbastanza simili a quelle rilevate con il rilievo batimetrico eseguito nell'ambito dell'azione A5 del progetto, pertanto le altezze idrometriche riportate possono ritenersi rappresentative per l'area in esame. Soltanto la Stazione "Chiaro 5", a causa della assenza di strutture fisse accessibili in zone più interne al chiaro, risente della sua posizione di bordo caratterizzata da una quota batimetrica del fondale molto più elevata rispetto a quelle ordinariamente riscontrate nelle zone più interne. Per ovviare a ciò, nello stesso grafico sono state riportate anche le altezze idrometriche riferite ad un punto vicino alla stazione, ma più interno al chiaro, rilevato nell'ambito del precedente rilievo batimetrico e rappresentativo della batimetria della zona.

Nota la quota dei livelli idrici, l'altezza idrometrica scaturisce per differenza dalle specifiche quote batimetriche dell'area. Pertanto correlando i dati del rilievo batimetrico, realizzato nell'ambito dell'azione A5 del progetto, a quelli dei livelli idrici monitorati in questa fase, è possibile pervenire ai profili di altezza idrometrica di tutti i punti rilevati nei chiari del Lago Salso. Tuttavia l'aspetto più interessante dello studio è rappresentato, più che dall'entità delle

altezze idrometriche, dal monitoraggio delle variazioni dei livelli idrici ed è questo l'aspetto principale sul quale ci si è concentrati.

Costantemente è stato fatto riferimento alla Moretta tabaccata (*Aythya nyroca*) e al Tarabuso (*Botaurus stellaris*) utili specie indicatrici per il buon funzionamento dell'ecosistema palustre nonché specie obiettivo del progetto che maggiormente risentono delle repentine variazioni dei livelli idrici (come segnalato nei rispettivi Piani d'azione Nazionali e Internazionali) nidificando a pelo d'acqua. Da evidenziare che, per queste specie, a causa della loro rarità, sono disponibili pochi e frammentati dati bibliografici e informazioni sull'ecologia delle specie (come indicato anche nei piani d'azione nazionali o nelle liste rosse IUCN)

Risultati

Come già detto, l'aspetto più interessante dello studio è rappresentato sicuramente dal monitoraggio delle variazioni dei livelli idrici nell'area. Pertanto si è proceduto ad un confronto delle quote dei livelli idrici registrati nelle 6 stazioni ed in particolare sono state evidenziate sia le variazioni nel tempo in corrispondenza di ogni singola stazione che le differenze registrate tra stazione e stazione.

In questo modo è stato possibile analizzare la dinamica dei flussi, individuare le zone maggiormente interessate da variazioni dei livelli idrici, cercare correlazioni con le piogge verificatesi nella zona.

A riguardo, per lo specifico studio, sono stati acquisiti i dati giornalieri relativi alle precipitazioni registrate nell'anno 2009 da una stazione meteorologica installata dal Dipartimento di Scienze Agro-ambientali, Chimica e Difesa vegetale dell'Università di Foggia nell'area del bacino idrografico di interesse a soli 15 km dal Lago Salso (Fig. 2).

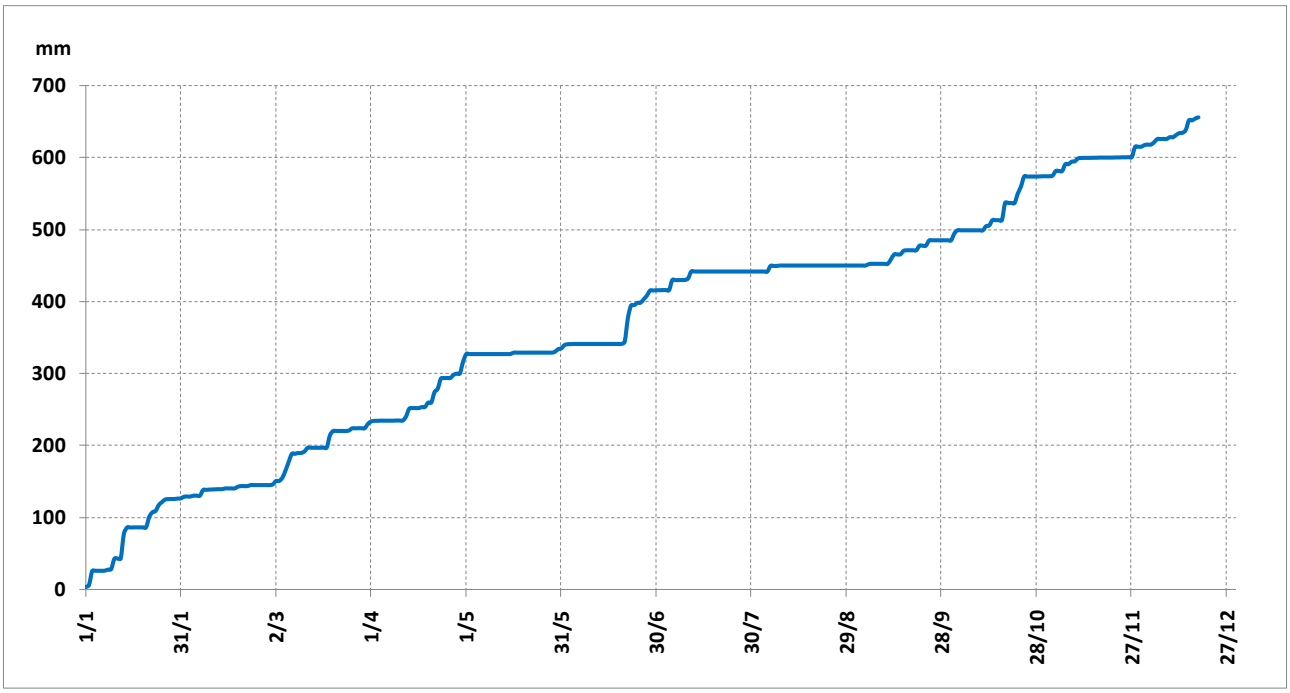


Fig. 2 – Piogge giornaliere cumulate registrate dalla stazione meteorologica di riferimento.

Nell'annata 2009 le precipitazioni sono state particolarmente abbondanti e ben superiori alle piogge medie caratteristiche della zona. In particolare si sono verificati complessivamente oltre i 650 mm che hanno indotto un globale accumulo idrico negli invasi del Lago Salso determinando un innalzamento globale dei livelli di circa 15 cm da inizio gennaio a fine dicembre 2009.

Chiaramente la ricerca di una diretta correlazione tra le piogge ed i livelli idrici del Lago Salso richiederebbe un accurato studio del bacino idrografico a monte, un rilievo "diffuso" e non puntuale (con unico pluviometro) delle piogge al suo interno, l'analisi delle portate, dei tempi di corrivazione, della capacità di accumulo stessa del bacino. Tutti questi dati andrebbero correlati poi con la gestione delle chiuse idrauliche operate, come già detto, da più soggetti e senza un criterio deterministico univoco. Appare evidente quindi che non è possibile pervenire a correlazioni precise tra piogge e livelli idrici, tuttavia si è cercato, per lo meno, di individuarne delle regole generali.

Si è proceduto, pertanto, ad un tentativo, più che di correlazione, di confronto dei dati di piovosità con le variazioni dei livelli idrici del Lago Salso. A riguardo, i dati di piovosità giornaliera sono stati analizzati e cumulati con la stessa frequenza dei rilievi eseguiti per la misura dei livelli idrici (*Fig. 3*).

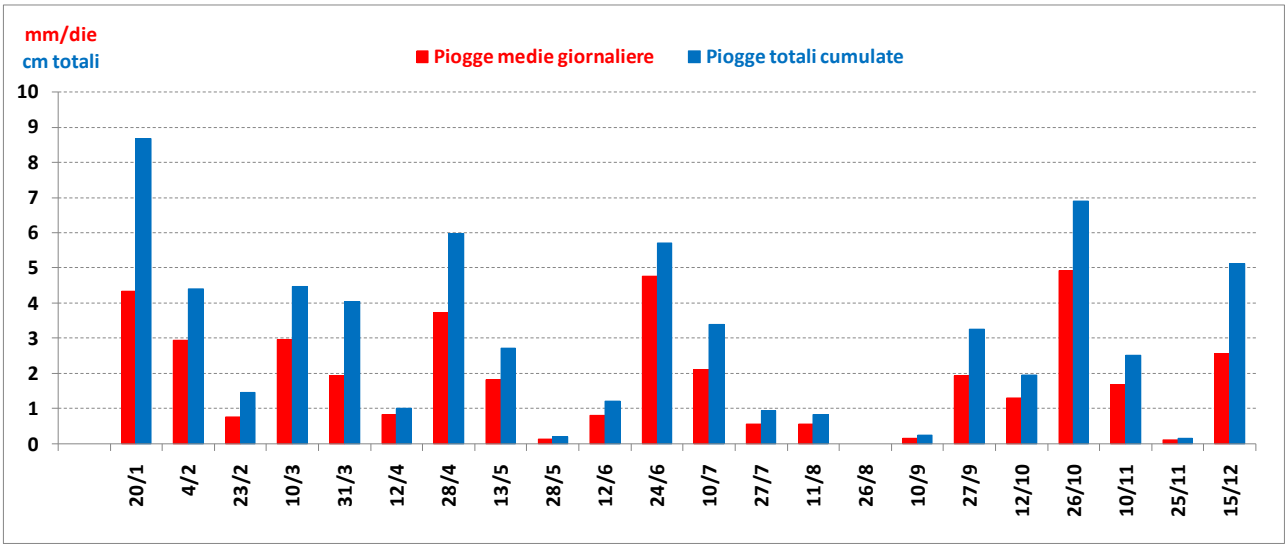


Figura 3 – Piogge medie giornaliere e totali cumulate nel periodo di campionamento.

Le abbondanti piogge registrate nel mese di gennaio hanno indotto un repentino innalzamento dei livelli idrici del Lago Salso (*Fig. 5*) con addirittura una sorta di onda di piena che è stata avvertita principalmente dalla "Valle Alta", ma si è registrata anche in corrispondenza della Foce all'epoca chiusa idraulicamente. Tale effetto è stato sfasato nel tempo e comunque influenzato oltre che dalle piogge, dalle modalità di gestione delle chiuse e, non da meno dalla vegetazione interna alla palude che spesso rappresenta un ostacolo ai flussi idrici.

Le successive piogge primaverili hanno determinato le condizioni di massimo invaso del Lago Salso registrate nel mese di giugno. Dopo tale periodo le elevate temperature, in concomitanza di scarse precipitazioni, hanno indotto un progressivo omogeneo abbassamento dei livelli della palude fino al mese di settembre quando, a seguito di nuove piogge, è ripresa la fase di adduzione idrica con innalzamenti dei livelli registrati specialmente nella Valle Alta.

Nel grafico in *Fig. 4* sono riportate le quote dei livelli registrati nelle 6 stazioni nell'arco dell'anno di rilievo. Appare subito evidente che le zone suscettibili di maggiori fluttuazioni dei livelli, di breve periodo, sono rappresentate dal canale "Roncone" di adduzione e dalla "Valle Alta" che rappresenta il primo invaso di accumulo nella palude. In concomitanza di precipitazioni particolarmente intense e/o abbondanti, le differenze locali dei livelli idrici, tra le diverse zone della palude, possono in taluni casi raggiungere e addirittura superare i 40 cm. Tale fenomeno è dovuto ai regimi idraulici transitori che si instaurano con l'arrivo dell'onda di piena dal bacino idrografico di raccolta ed, a volte, con la sua propagazione anche all'interno delle vasche del Lago Salso.

Va detto inoltre che al di là delle piogge, determinante risulta l'effetto della gestione della chiusa idraulica di adduzione a monte operata dal Consorzio di Bonifica di Capitanata. E' essa difatti a regolare la portata di immissione idrica all'interno della palude, pertanto portate eccessive, operate magari per invasare in breve tempo acqua perché si sono raggiunti livelli idrici particolarmente bassi, inducono importanti effetti locali nella Valle Alta con innalzamenti repentini dei livelli. Inoltre, la gestione della chiusa idraulica di Valle di Mezzo determina la modalità di passaggio dell'acqua nel secondo invaso, pertanto regolazioni di flusso ritardate o non correlate rispetto agli apporti idrici in ingresso dal canale Roncone, contribuiscono ad accentuare tali fluttuazioni locali dei livelli.

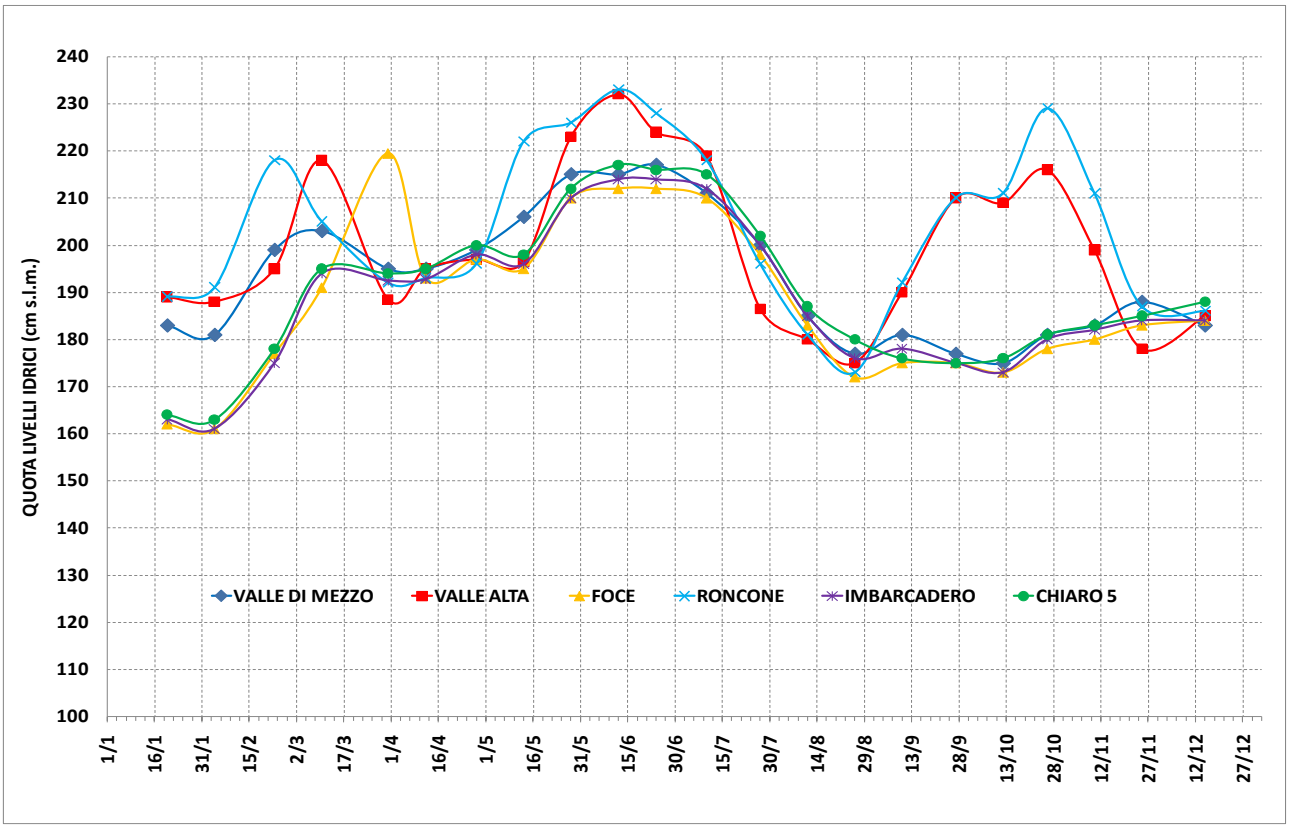


Figura 4 – Livelli idrici registrati nelle stazioni di misura nell'anno 2009

In periodi con piovosità regolare e flussi omogenei tra le diverse chiuse idrauliche, è stata rilevata una buona corrispondenza tra le quote dei livelli idrici di tutte le stazioni. In queste fasi i livelli tendono a disporsi secondo la tipica superficie equipotenziale caratteristica delle condizioni idrostatiche.

I massimi livelli di invaso della palude sono stati registrati nel mese di giugno, alla fine del periodo delle piogge invernali e primaverili, con valori di picco locale di oltre 2,30 m s.l.m. e generali di quasi 2,20 m s.l.m.

Valori minimi sono stati registrati nel mese di ottobre dopo la stagione estiva, in concomitanza dei primi eventi meteorici importanti che hanno indotto nuove fluttuazioni locali nelle zone di ingresso. I livelli minimi assoluti si sono avuti invece nel mese di gennaio, con valori, in media, di poco superiori a 1,60 m s.l.m. determinati dalla precedente annata più siccitosa o comunque con minori apporti idrici nella palude.

Dall'analisi dei risultati del monitoraggio si evince che i livelli idrici delle stazioni "Chiaro 5", "Imbarcadero" e "Foce" hanno un andamento pressoché univoco, pertanto tali aree risultano tra loro idraulicamente ben collegate e costituiscono un'unica vasta area d'invaso.

Le zone di ingresso e della Valle Alta, invece sono soggette, come già detto, a maggiori fluttuazioni dei livelli per effetto degli apporti idrici spesso abbondanti e non opportunamente regolati. In concomitanza di importanti fenomeni meteorici, infatti, si registra quasi una "onda di piena" che interessa progressivamente dal Roncone tutta la Valle Alta smorzandosi progressivamente fino a raggiungere la stazione "Valle di Mezzo".

Nella tabella in *Fig. 5* sono riportate le massime fluttuazioni di livello (intese come differenza tra massimi e minimi) registrate per ciascuna stazione nell'arco dell'anno 2009 di misura.

	Roncone	Valle Alta	Valle di Mezzo	Imbarcadero	Chiaro 5	Foce
Fluttuazione massima (cm)	60	57	42	53	54	58,5

Figura 5 – Fluttuazioni massime dei livelli rilevate nell'anno 2009

Le maggiori fluttuazioni sono state registrate in corrispondenza delle sezioni di immissione del canale "Roncone", Valle Alta e di deflusso alla "Foce"; la minore invece ha interessato l'area centrale in corrispondenza della stazione "Valle di Mezzo", dove gli effetti delle "condizioni al contorno" di ingresso ed uscita del "sistema idraulico" Lago Salso risultano meno influenti.

Analizzando l'intero ciclo annuale dei livelli nelle varie stazioni di misura e la biologia delle specie si rileva che il periodo critico per le specie obiettivo (Moretta tabaccata e Tarabuso) è ovviamente quello riproduttivo (aprile e maggio) (*Fig. 6*), ossia quando il nido, che viene costruito al livello dell'acqua, ospita la cova e la successiva schiusa dei pulli.

Le fluttuazioni dei livelli variano da 5 a 20 cm sono da ritenersi molto critiche specialmente per le aree del Roncone e della Valle Alta; infatti in tali condizioni il nido verrebbe totalmente sommerso rendendo vana la nidificazione in questi siti costringendo, nella migliore delle ipotesi, una nidificazione sostitutiva in un altro sito. Da segnalare inoltre che secondo studi ornitologici svolti nell'area sulla Moretta tabaccata proprio la Valle Alta risulta ospitare il maggior numero di coppie, la specie infatti seleziona le aree la cui la vegetazione polifitica (*Juncus subulatus, Scirpus maritimus, Typha angustifolia e Phragmites australis*) è caratterizzata da chiari di piccole dimensioni, distribuiti in maniera omogenea e aree di canneto giovane soggette annualmente a pascolo bovino nel mese di agosto (Sorino R. et al, 2005), un altro studio ha dimostrato come la gestione della vegetazione emergente sia fondamentale per questa specie di anatra (Costa e Biondi, 2002), quindi si evince come sia fondamentale la gestione dei livelli idrici nel periodo riproduttivo.

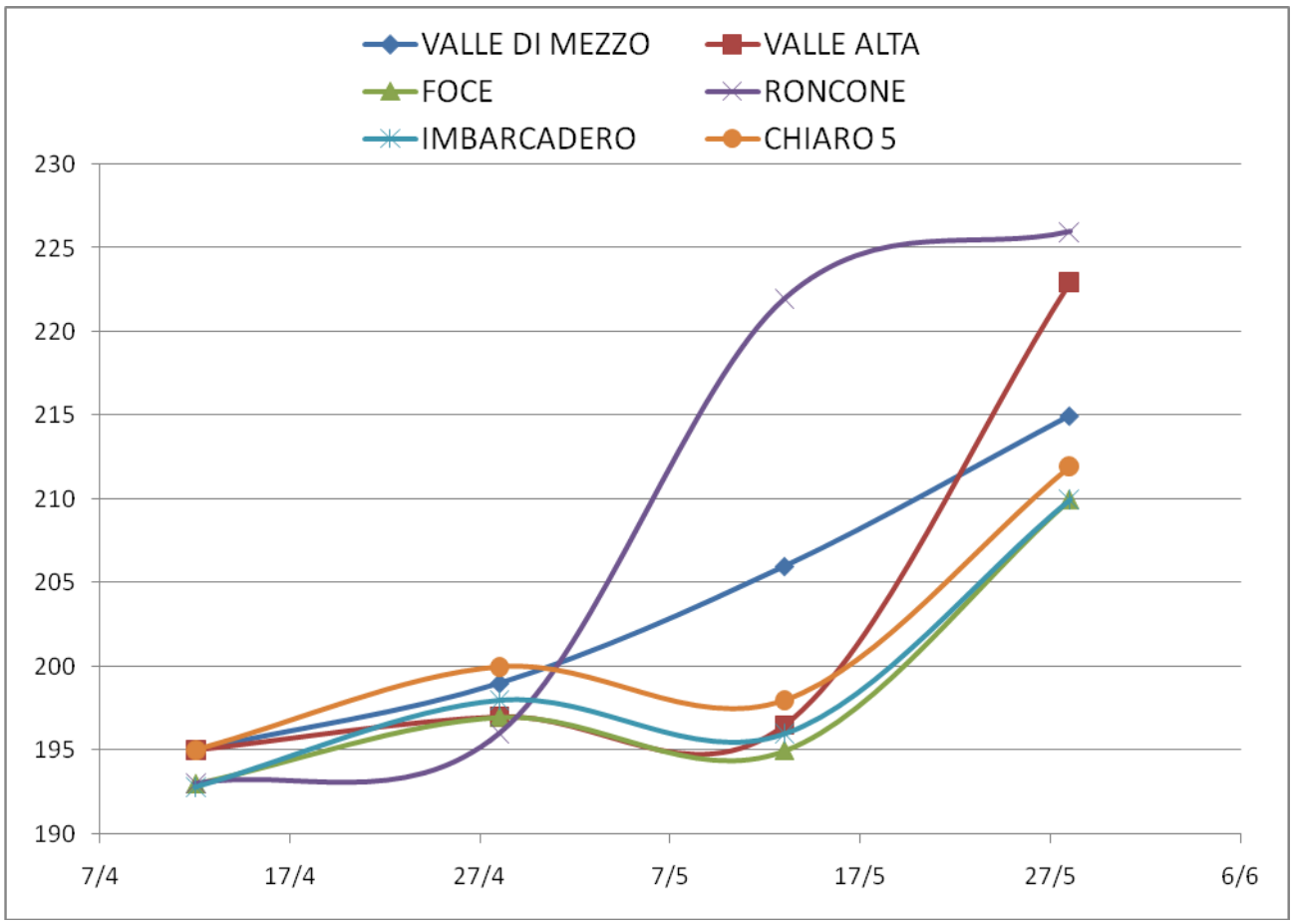


Figura 6 – Fluttuazioni massime delle quote dei livelli idrici durante il periodo riproduttivo

Possibili approfondimenti della ricerca.

Seppur non espressamente richiesto nella specifica azione A4 "Studio dei livelli minimi vitali del Lago Salso" cui si riferisce la presente relazione, potrebbero essere affrontate ulteriori elaborazioni dei dati acquisiti al fine di fornire un quadro ancora più ampio ed esaustivo dell'attuale situazione idrologica ed ambientale.

Integrando infatti i dati ottenuti dal monitoraggio dei livelli idrici con le quote batimetriche rilevate nell'ambito della precedente azione A5, è possibile procedere ad una elaborazione GIS atta a definire in modo dettagliato, in tutte le aree lacustri del Lago Salso, le altezze idrometriche e le specifiche puntuali fluttuazioni dei livelli. E' possibile inoltre, per ogni area individuata sulla carta, definire una correlazione precisa tra il livello idrometrico e la profondità del canneto, delle idrofite sommerse, ecc. Questo risultato consentirebbe di mettere in relazione il livello dell'acqua con la disponibilità di habitat per la riproduzione degli uccelli.

L'operazione costituirebbe il risultato della sovrapposizione del rilievo batimetrico (profondità e morfologia dei fondali del lago) alla carta della vegetazione (Azione A2). Chiaramente una elaborazione di questo tipo, non prevista in questa azione preparatoria, rappresenterebbe una passo successivo di analisi e di approfondimento che non può essere evaso in questa relazione necessitando di una laboriosa fase di implementazione ed elaborazione GIS integrati con i dati faunistici (Azione A3), i cui tempi non sono compatibili con le scadenze previste dal crono-programma di questa azione.

Conclusioni

Sulla base dei rilievi e dello studio realizzato, si può affermare che le variazioni di livello del Lago Salso diventano sfavorevoli alle specie selvatiche essenzialmente nel periodo primaverile pre e post riproduttivo, in particolar modo nell'area relativa alla vasca denominata Valle Alta. Questa, trovandosi "a monte" dell'intero sistema ed avendo come unico punto di deflusso la sola chiusa di Valle di Mezzo, risulta maggiormente soggetta alle ondate di piena che inducono maggiori fluttuazioni dei livelli idrici. Il secondo sistema di invaso, comprendente le aree contigue della Valle di Mezzo ed il Lago Salso, ha dimensioni tre-quattro volte maggiori della Valle Alta, di conseguenza le variazioni dei livelli idrici risultano notevolmente ridotte rispetto al primo invaso.

La stabilità del livello idrico è concretamente meno importante nel periodo invernale, quando le esigenze degli animali e della vegetazione sono più flessibili. Secondo i dati raccolti anche il periodo estivo (da luglio ai primi di settembre) risulta proibitivo a causa della scarsità di approvvigionamento delle precipitazioni, ad ogni modo questa situazione è tipica degli ecosistemi palustri mediterranei che riescono a sopperire i periodi di secca con l'acqua accumulata durante la primavera, quindi la scarsità di precipitazioni non influenza in generale la funzionalità dell'ecosistema. Tale aridità estiva è d'altro canto da tenere sotto controllo soprattutto in virtù di ciò che accade nei mesi antecedenti in quanto in anni precedenti al periodo di analisi (2009) la captazione delle acque (usata per l'irrigazione dei campi) privava la palude della sua riserva d'acqua (oltre che abbassare repentinamente i livelli).

Da quanto emerso dalla fase di elaborazione dei dati appare chiaro che, alle attuali condizioni (si ricorda che le misure sono relative solo all'anno 2009), il periodo critico è compreso tra aprile e la metà prima metà di giugno. Una gestione ottimale delle chiuse idrauliche potrebbe garantire fluttuazioni dei livelli idrici graduali e di minore entità, magari proprio in corrispondenza dei periodi critici di riproduzione della fauna.

Difatti le variazioni dei livelli più che dalle piogge (ovviamente molto importanti), sono influenzate dalla portata delle chiuse idrauliche ed in particolar modo da quella a monte sul torrente Cervaro gestita dal Consorzio di Bonifica della Capitanata. A riguardo, una eccessiva apertura di tale chiusa, nei periodi di piena, induce notevoli portate idriche che si riversano nell'invaso di Valle Alta che rappresenta di fatto un "polmone" di accumulo che trasferisce solo successivamente e progressivamente l'acqua più a valle.

D'altro canto anche la gestione delle chiuse di Valle di Mezzo e della Foce influenza i livelli del Lago Salso, ma in maniera più blanda potendo contare su sezioni idrauliche e quindi portate minori rispetto alla prima.

Appare evidente a questo punto che l'aspetto più critico dal punto di vista idraulico è garantire una gestione ponderata e coordinata delle tre chiuse idrauliche attualmente operata da più soggetti senza efficaci criteri deterministici oggettivi.

La definizione oggettiva di tali criteri di gestione non può che scaturire da un monitoraggio in continuo dei livelli idrici in corrispondenza delle tre sezioni idrauliche di passaggio obbligato.

Per una tale corretta gestione delle chiuse idrauliche potrebbero essere installati tre mareografi, per un monitoraggio in continuo dei livelli idrici, posizionati in corrispondenza di ciascuna delle sezioni idrauliche del Roncone, della Valle di Mezzo e della Foce. In questo modo i mareografi costituirebbero un sistema di rilevazione integrato che potrebbe facilmente ottimizzare i flussi idrici operando opportunamente sulle chiuse per gestire anche fenomeni di piene eccezionali o prevenire periodi di secca.

Concludendo, si deduce che, per un corretto governo delle acque della palude sia fondamentale una gestione integrata delle acque basata su tre livelli:

a. *Idrologico*: costituito da previsioni dell'andamento del livello idrico in base alle precipitazioni e alle ondate di piena;
b. *Ecologico*: con lo scopo di individuare e definire le esigenze, in termini di livelli idrici e di escursione dei livelli, di tutte le principali componenti dell'ecosistema della palude;
c. *Decisionale*: si evince, da quanto scritto, che la gestione delle chiuse dovrà essere preferibilmente governata da un unico organo competente capace di svolgere un ruolo operativo in virtù di quanto scaturito dall'analisi dei primi due livelli.

Un modello per una gestione ambientale del livello delle acque dell'Oasi Lago Salso

Gli studi realizzati nel corso dell'azione A.4 "Studio dei livelli idrici minimi vitali del Lago Salso", e presentati nelle pagine precedenti, sono stati utilizzati per definire un modello ideale di gestione del livello delle acque basato sulle esigenze dell'ecosistema e delle specie obiettivo.
Il modello di monitoraggio è stato ponderato tenendo in considerazione i diversi parametri ambientali, il contesto territoriale, la praticità di utilizzo e non per ultimo il rapporto qualità-prezzo e costi di manutenzione.
Per la registrazione della variazione degli eventi idrometrici si propone che la misura del livello idrometrico venga eseguita tramite sistematiche rilevazioni, che possono essere sia a lettura manuale e sia in automatico con registrazione dei dati ed eventuale loro trasmissione ad un centro di raccolta di analisi e decisionale. Infatti, gli strumenti di misura del livello idrometrico sono stati suddivisi sostanzialmente in due categorie:

- strumenti di misura senza registrazione (*idrometri*) fra cui troviamo fondamentalmente **l'asta idrometrica** (Fig. 3).
- strumenti di misura con registrazione (*idrometrografi*) che vengono classificati principalmente in base al tipo di sensore utilizzato per la misura che può essere a **galeggiante**, **a pressione** o **ad ultrasuoni** (Fig. 4-5).

Il nostro modello di gestione dei livelli delle acque dell'Oasi Lago Salso ha inoltre tenuto conto anche dei diversi dati tecnici rilevati in bibliografia (Tab. 1) in studi e casi simili effettuati in Europa (Tab. 1) (D'Amico L., 2006).

Tabella 1

TIPO DI SENSORE	CAMPO DI MISURA [m]	SENSIBILITA' [cm]	ERRORE	ASPETTI POSITIVI	ASPETTI NEGATIVI
GALLEGGIANTE	0 ÷ 20 o superiore	1	< 1-2 cm (dipende dalla scala di registrazione)	Smorzamento delle fluttuazioni; precisioni elevate	Gelo; difetti meccanici; necessità di installazione in un pozzo di calma
SONDA A PRESSIONE	0 ÷ 20	<1	±0.1 ÷ 0.4% della misura	Precisione; semplicità di installazione	Gelo; rischio di folgorazione; intasamento
ULTRASUONI	0 ÷ 25	2	<1 cm; 0.1% del fondo scala	Semplicità di installazione; misura di elevate escursioni di livello	Incertezze elevate ai livelli di magra, sensibilità alla temperatura, al vento e alla superficie riflettente

Dalla *tabella 1* emerge chiaramente che la scelta del "tipo di sensore" dipende essenzialmente dalle condizioni climatiche e ambientali del sito d'installazione delle stazione di rilevamento.

Gli strumenti attualmente utilizzati sono, tuttavia, corredati di appositi sensori e software di gestione che predispongono correzioni automatiche degli strumenti in base alla variazione dei principali parametri che influenzano la misura permettendo di effettuare misure affette da errori inferiori al centimetro.
Nell'ambito di questo modello è stato privilegiato l'utilizzo di un sensore di livello *ad ultrasuoni* in quanto la sua versatilità e il suo basso consumo energetico (non necessariamente dipendente da reti elettriche) sono state ritenute caratteristiche utili per le nostre finalità. Il sensore basa il suo funzionamento su di un trasduttore ad ultrasuoni che invia un impulso verso la superficie della quale si vuole misurare la distanza: dalla rilevazione dell'eco riflesso si valuta il tempo impiegato nel percorso. Dal tempo impiegato, con un algoritmo di calcolo, si ricava la distanza percorsa dall'impulso sonoro. Il sensore è anche dotato di un sofisticato algoritmo di calcolo per compensare l'influenza della temperatura ambientale (a volte causa di errori variabili). Per la manutenzione è necessario un controllo periodico (<12 mesi) del suo livellamento e dell'assenza di ostacoli riflettenti all'interno del volume interessato dal fascio ultrasonico.

In base hai dati ricavati dallo studio, il modello prevede il posizionamento di almeno tre stazioni idrometriche localizzate presso l'ingresso del Canale Roncone, la chiusa della Valle di Mezzo e la chiusa presso la Foce.
Tali stazioni saranno alimentate da pannelli solari e dotate di data logger che trasmetteranno *in continuum* alla stazione di raccolta dati (si ipotizza di collocarla gli uffici dell'Oasi Lago Salso). L'analisi dei dati raccolti sarà effettuata tramite appositi software che faciliteranno l'interpretazione dei dati e le eventuali decisioni gestionali.

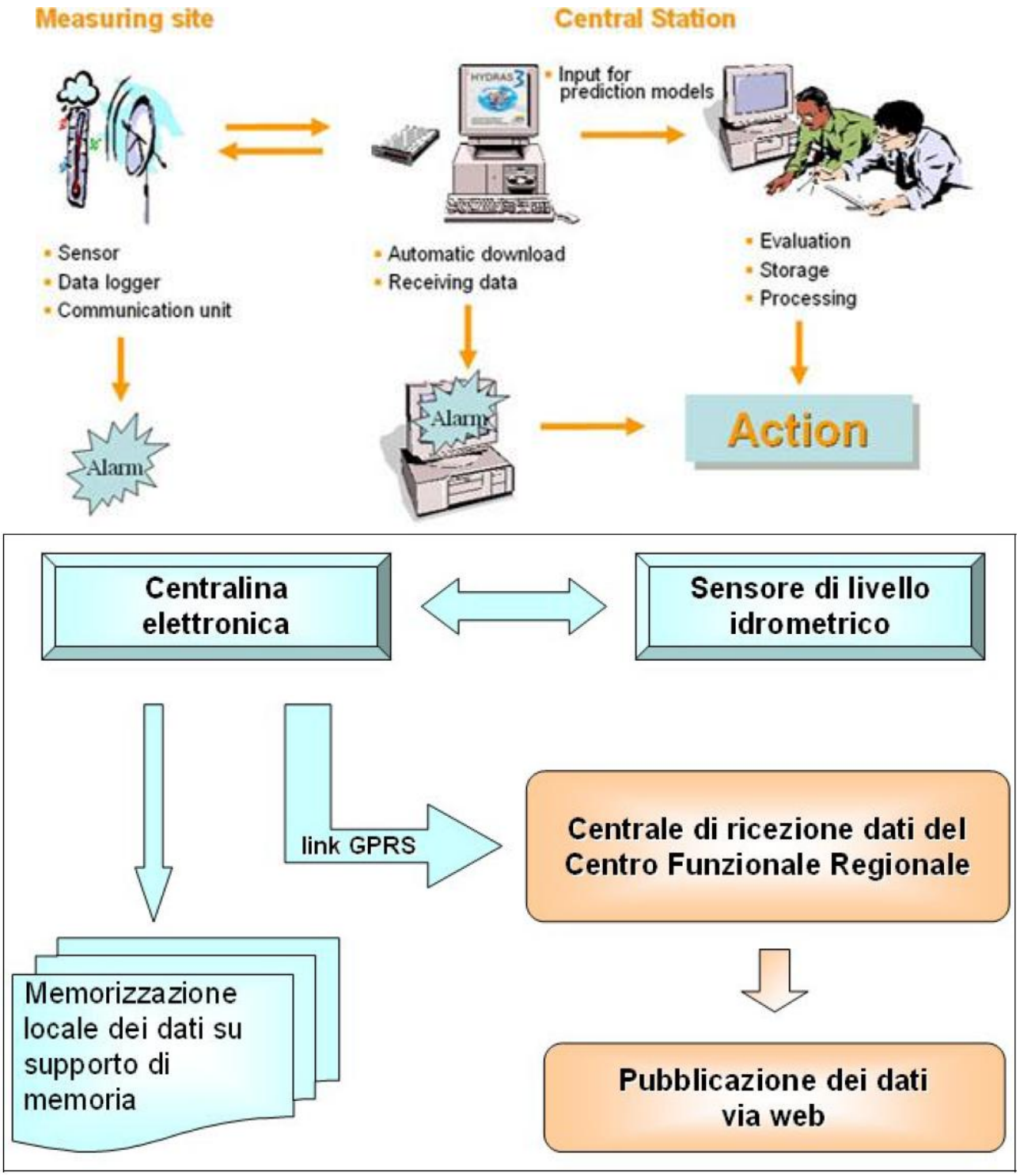


Figura 2 esempio di rete del modello decisionale

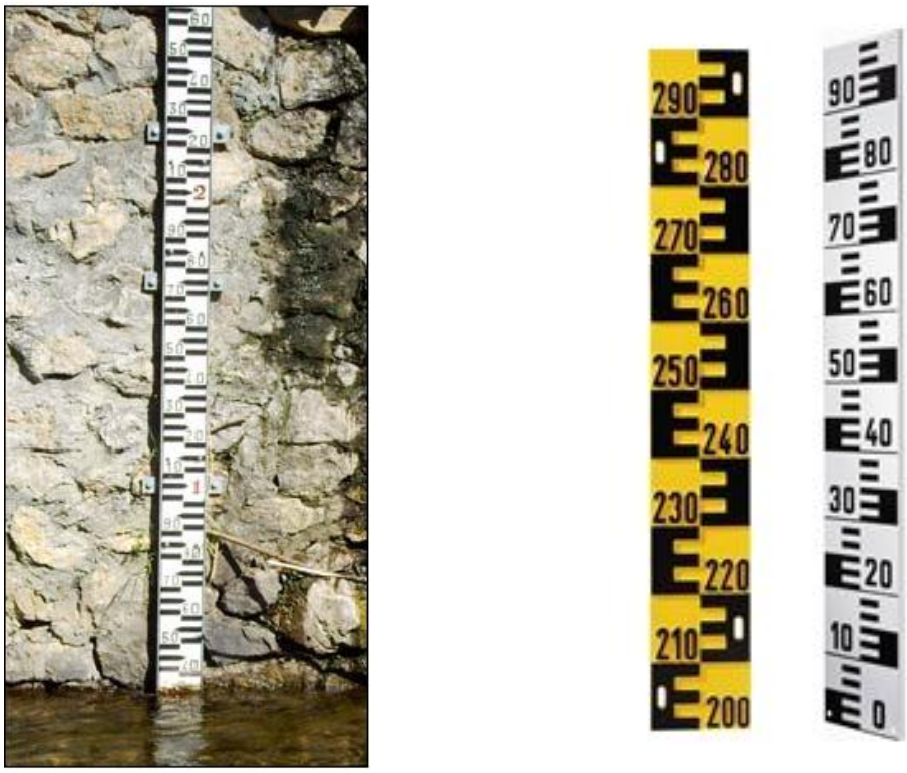


Figura 3 Aste idrometriche

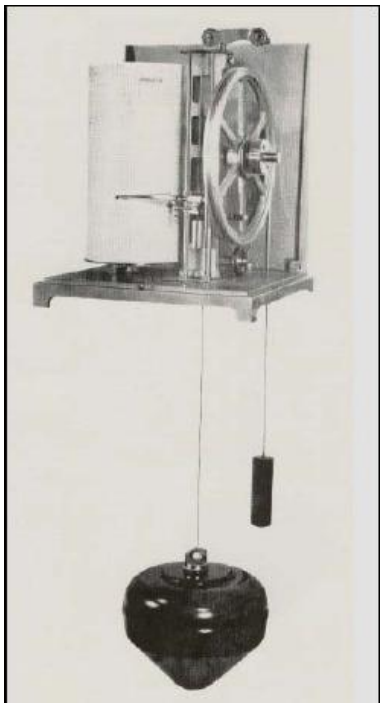


Figura 4 Idrometrografo a galleggiante

Figura 5 Idrometrografo a pressione

Figura 6 Idrometrografo a ultrasuoni

La **stazione idrometrica** che verrà installata sarà costituita dai seguenti strumenti:

1. asta idrometrica di riferimento per la lettura diretta del livello;
2. sensore di livello ad ultrasuoni;
3. unità di controllo e trasmissione dati.

L'asta idrometrica sarà collocata in posizione ben visibile. Il sensore di livello ad ultrasuoni verrà fissato tramite un'apposita staffatura in acciaio e posizionato in maniera da essere difficilmente visibile e raggiungibile, questo solo per una maggiore tutela dello strumento nel caso di furti o danneggiamenti. L'unità di controllo e trasmissione dati sarà posizionata su un apposito palo di supporto di lunghezza pari a 5 m e diametro di 60 mm, su cui verranno collocate anche l'antenna per la trasmissione e il pannello solare per l'alimentazione. Il palo sarà fissato a in posizione da stabilire a seconda dei casi ma sempre in posizione ben soleggiata per favorire l'alimentazione del pannello solare.

I dati raccolti saranno trasmessi in modalità wireless ad una centrale di raccolta dati localizzata, ipoteticamente, presso gli uffici dell'Oasi Lago Salso.

Esempi di strumentazione in commercio

BOX 1

Lo strumento OTT Thalimedes è composto da un sensore ad encoder con puleggia di rinvio del cavetto di sospensione del galleggiante e contrappeso. La variazione del livello dell'acqua mette in movimento il sistema galleggiante – contrappeso imprimendo un moto circolare tramite un cavetto d'acciaio che attraversa la puleggia. OTT Thalimedes è dotato di memoria interna e display LCD per la lettura diretta del livello. Il sistema è adatto alle misure di livello in acque superficiali ed in acque sotterranee, viene fornito con galleggiante diametro 80 mm (altre dimensioni sono disponibili). Il range di misura è programmabile sullo strumento: -20…+20 metri con risoluzione 1 mm, oppure -200…+200 metri con risoluzione 1 cm.

Può essere utilizzato in parallelo ad idrometrografi meccanici con registrazione su carta già esistenti. L'interfaccia ad infrarossi IrDA permette la comunicazione locale con lo strumento per la sua programmazione e lo scarico dei dati. E' disponibile anche un'uscita RS232 per il collegamento diretto a modem telefonico a linea commutata, oppure modem GSM. L'intervallo di acquisizione dei dati è programmabile da minimo 1 min. a massimo 24 ore, la memoria EEPROM (circolare) consente la registrazione di 30.000 dati.

BOX 2

Le caratteristiche di OTT PS1 uniscono precisione e versatilità a dimensioni contenute e robustezza. PS1 contiene un sensore di pressione piezoresistivo e un microprocessore con funzionalità di calcolo e compensazione. È dotato di una classica interfaccia analogica 4-20 mA ma allo stesso tempo un'evoluta interfaccia digitale SDI-12.

Attraverso quest'ultima è possibile rilevare anche la temperatura, grazie ad un ulteriore sensore integrato. Il microprocessore lavora compensando la temperatura e se necessario la densità dell'acqua. La robustezza è assicurata da una saldatura al laser, che lo rende sigillato ermeticamente, e dalla capacità di resistere ad una sovrapressione fino a 10 volte il fondo scala senza subire danni. L'estrema precisione e il costo ridotto ne completano le peculiarità.

OTT PS1 è connesso all'unità FAD4 tramite un cavo inestensibile e flessibile che racchiude un capillare per la compensazione della pressione atmosferica.

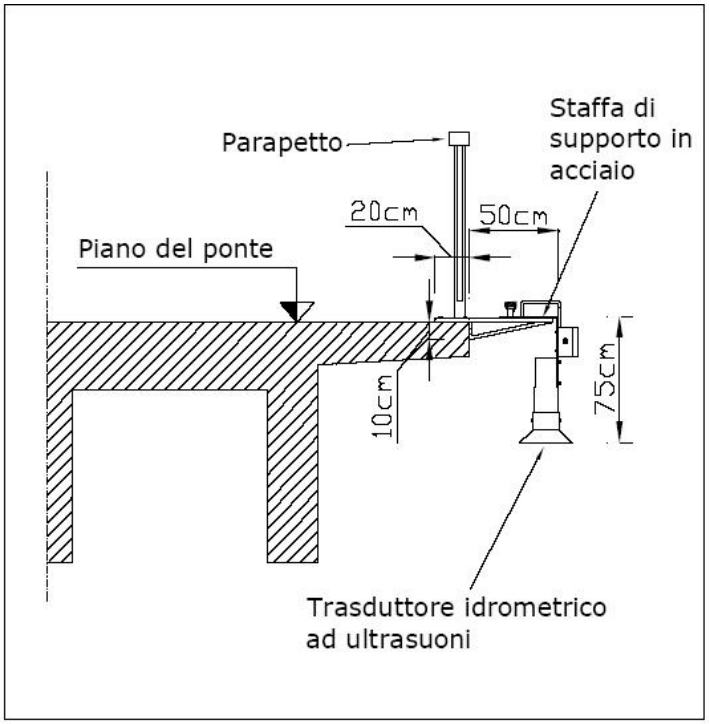
L'unità FAD4 contiene una capsula essiccante rigenerabile che preserva il capillare dall'umidità e quindi dall'eventuale ostruzione. Tale unità include i connettori per un facile collegamento con i data logger esterni.

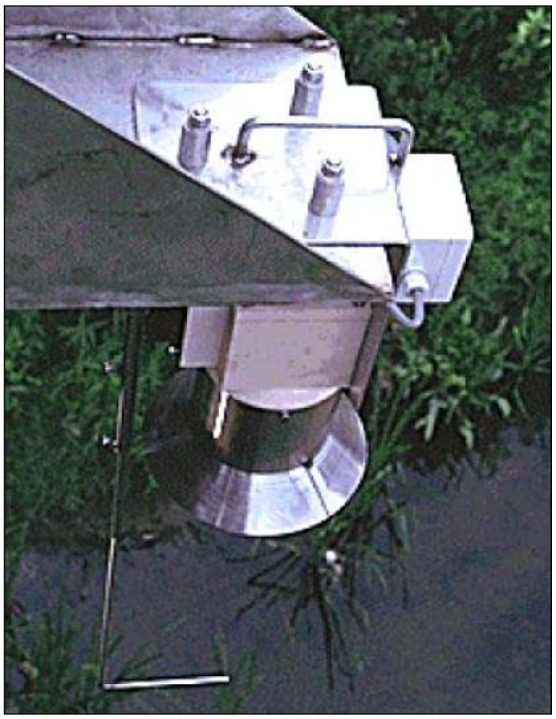
BOX 3

Il RLS OTT (sensore di livello radar) è un sensore radar per la misurazione non a contatto di acqua a livello delle acque superficiali. Il sensore utilizza la tecnologia impulsi radar per determinare il livello dell'acqua.

L'RLS è montata sopra l'esempio di superficie acqua: a ponti o ausiliario costruzioni. La sua solida, relativamente leggero e impermeabile custodia è facile da installare. Il suo consumo energetico estremamente basso (attivo: <12mA @ 12V), il grande intervallo di alimentazione e interfacce standardizzate fare il RLS OTT molto flessibile per le diverse applicazioni.

Il RLS copre una gamma di misura fino a 35m. E 'progettato specificamente per l'uso in luoghi all'aperto che non hanno alcun obbligo di alimentazione da rete. Lo speciale design piatto costruzione antenna e il suo consumo energetico minimo rende l'RLS OTT un vantaggio economico, un'alternativa pratica ed affidabile per indicatori di livello convenzionale.





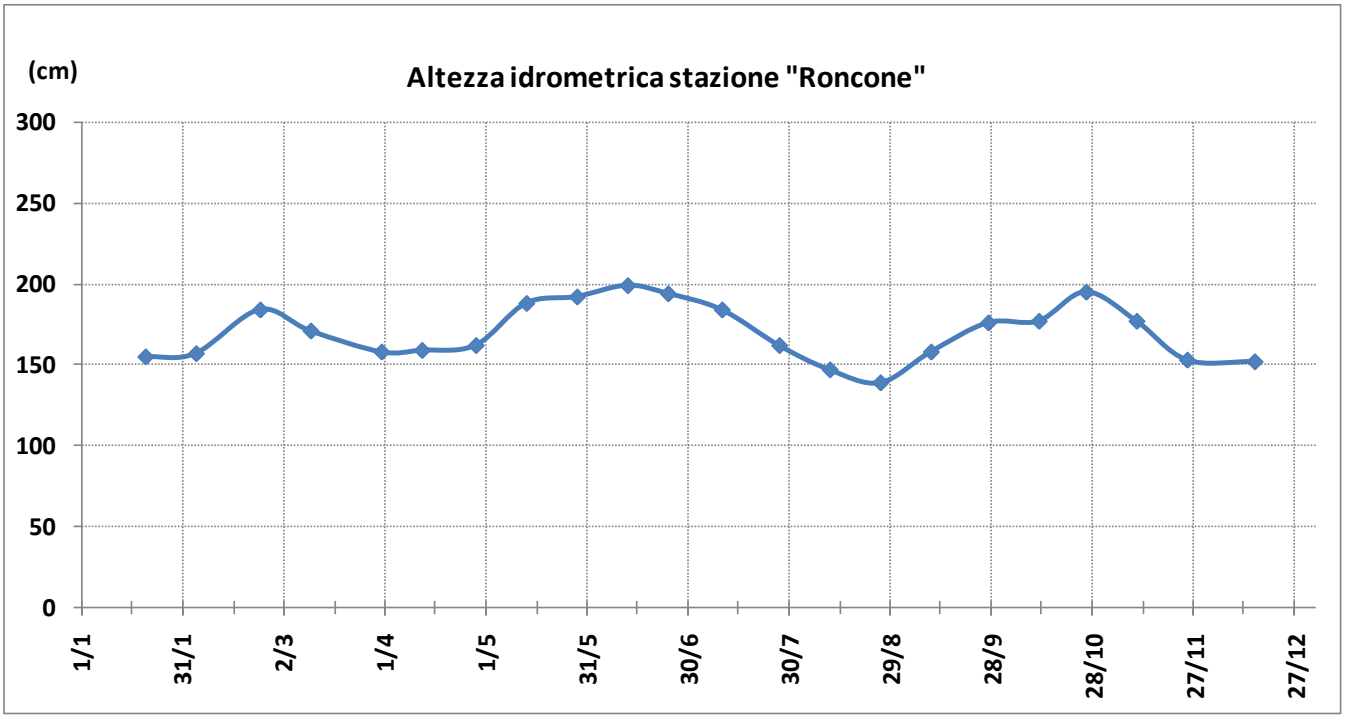
MONOGRAFIE

STAZIONE "RONCONE"

Quota di riferimento s.l.m. = 2,94 m Quota batimetrica = 0,34 m

La stazione di misura è coincidente con il Vertice di inquadramento GPS n° 4 del rilievo topografico. Posizionata sull'impalcato del ponte d'ingresso del canale "Roncone" nell'area di invaso della "Valle Alta", registra i livelli idrici nell'unico punto di ingresso dell'acqua nel Lago Salso.

Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura.

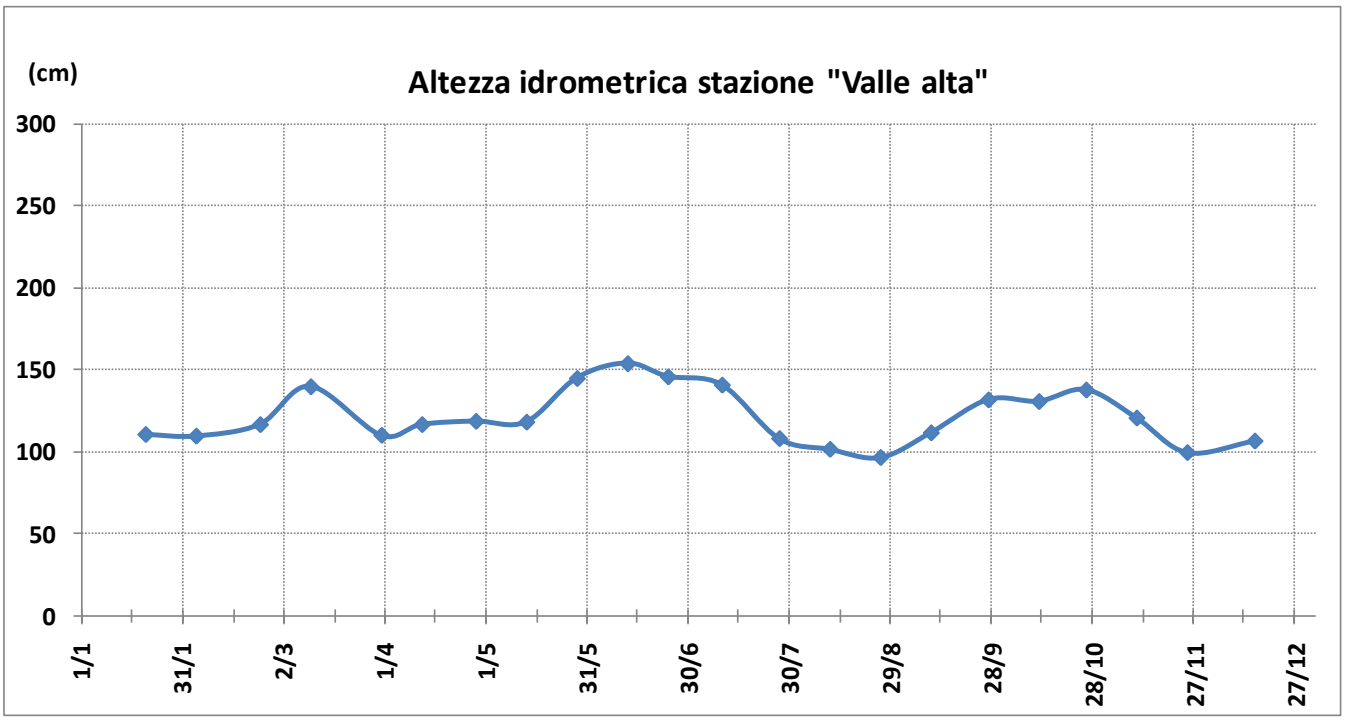


STAZIONE "VALLE ALTA"

Quota di riferimento s.l.m. = 2,65 m Quota batimetrica = 0,78 m

La stazione di misura è stata istituita sul ponticello in legno nelle vicinanze del vertice di inquadramento GPS n° 7 del rilievo topografico. Situata in prossimità del più importante "chiaro" della "Valle Alta", ne monitora in posizione ottimale i livelli.

Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura.

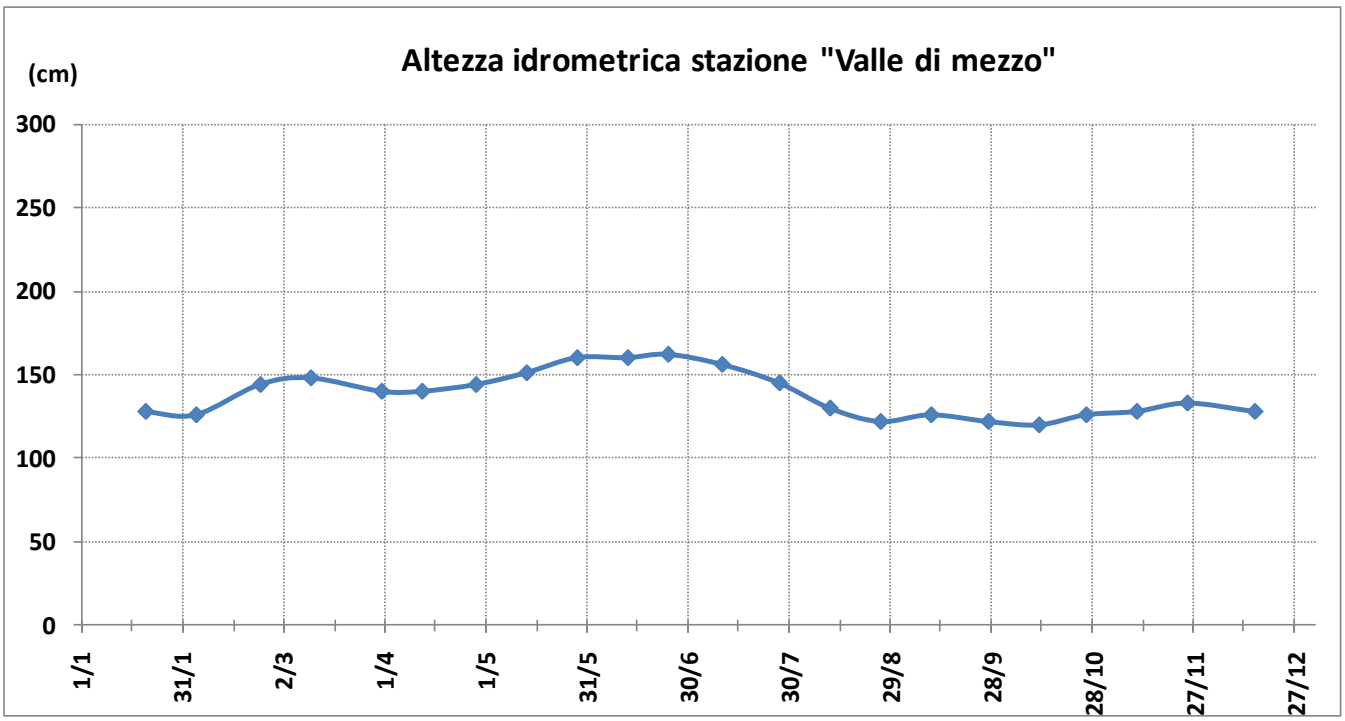


STAZIONE "VALLE DI MEZZO"

Quota di riferimento s.l.m. = 2,81 m Quota batimetrica = 0,55 m

La stazione di misura è stata istituita sulla testa pilastro del ponte che separa la "Valle Alta" dall'invaso lacustre successivo in prossimità del vertice di inquadramento GPS n° 1 del rilievo topografico. La sua posizione consente il monitoraggio dei livelli nell'unica sezione di collegamento tra i due invasi successivi.

Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura.

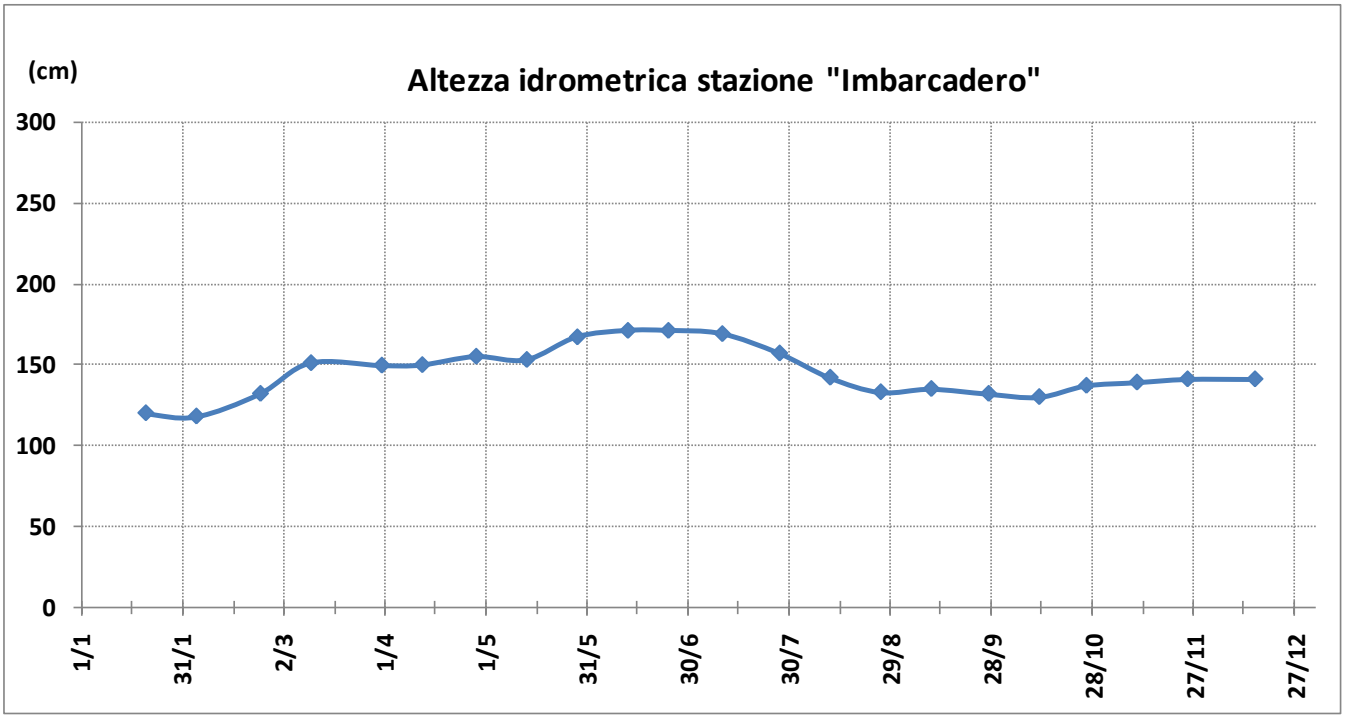


STAZIONE "IMBARCADERO"

Quota di riferimento s.l.m. = 2,05 m Quota batimetrica = 0,43 m

La stazione di misura è stata istituita sull'impalcato del molo in legno della zona denominata "Imbarcadero" in prossimità del vertice di inquadramento GPS n° 5 del rilievo topografico. La sua posizione consente il monitoraggio dei livelli in una vasta zona del secondo invaso.

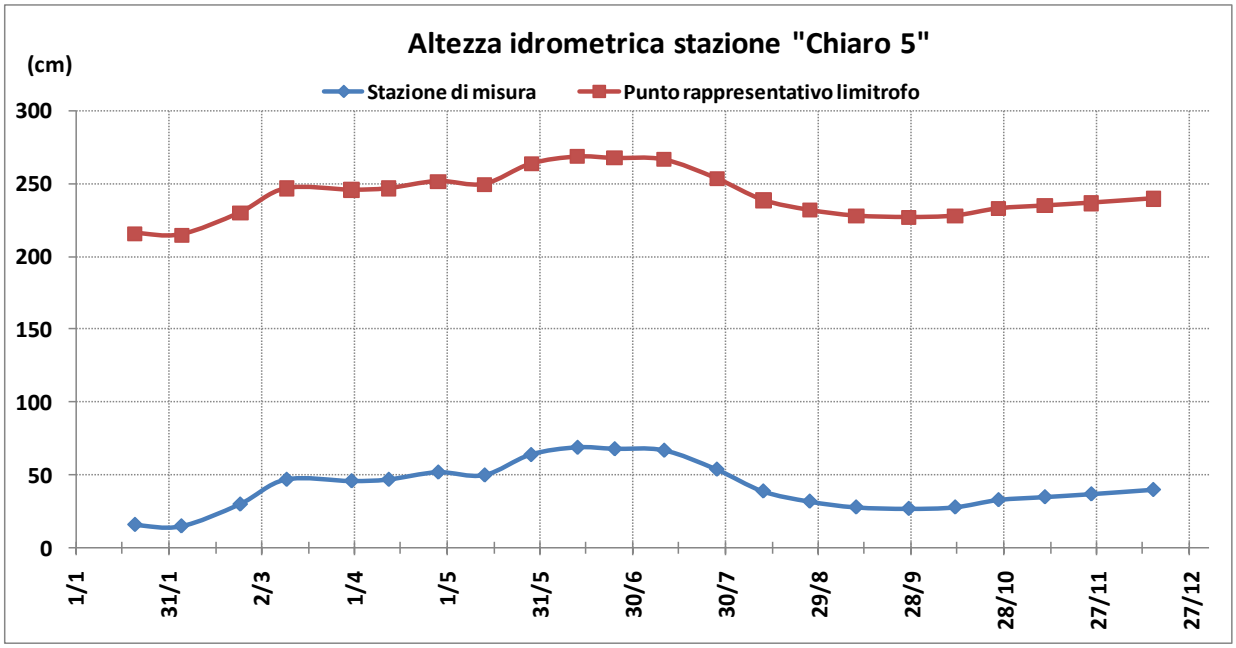
Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura.



STAZIONE "CHIARO 5"

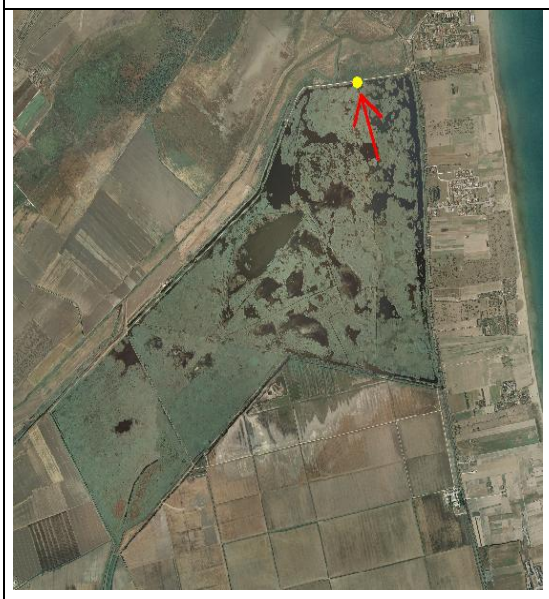
Quota di riferimento = 2,80 m; Quota batimetrica = 1,48 m; Quota batimetrica rappresentativa = -0,52 m

La stazione di misura è ubicata all'estremità della passerella in legno di accesso al capanno di avvistamento affacciante sul "Chiaro 5" ed è stata collegata alla stazione topografica istituita sul tetto del capanno per il rilievo batimetrico. A differenza delle altre, questa stazione risulta marginale al chiaro in una posizione praticamente di bordo, la quota del fondale sotto la stazione è molto elevata e di conseguenza le altezze idrometriche risultano esigue e certamente non rappresentative per l'area. Pertanto è stata considerata anche la quota del fondale di un punto vicino più interno al chiaro e rappresentativo della batimetria della zona. Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura per entrambi i punti considerati.



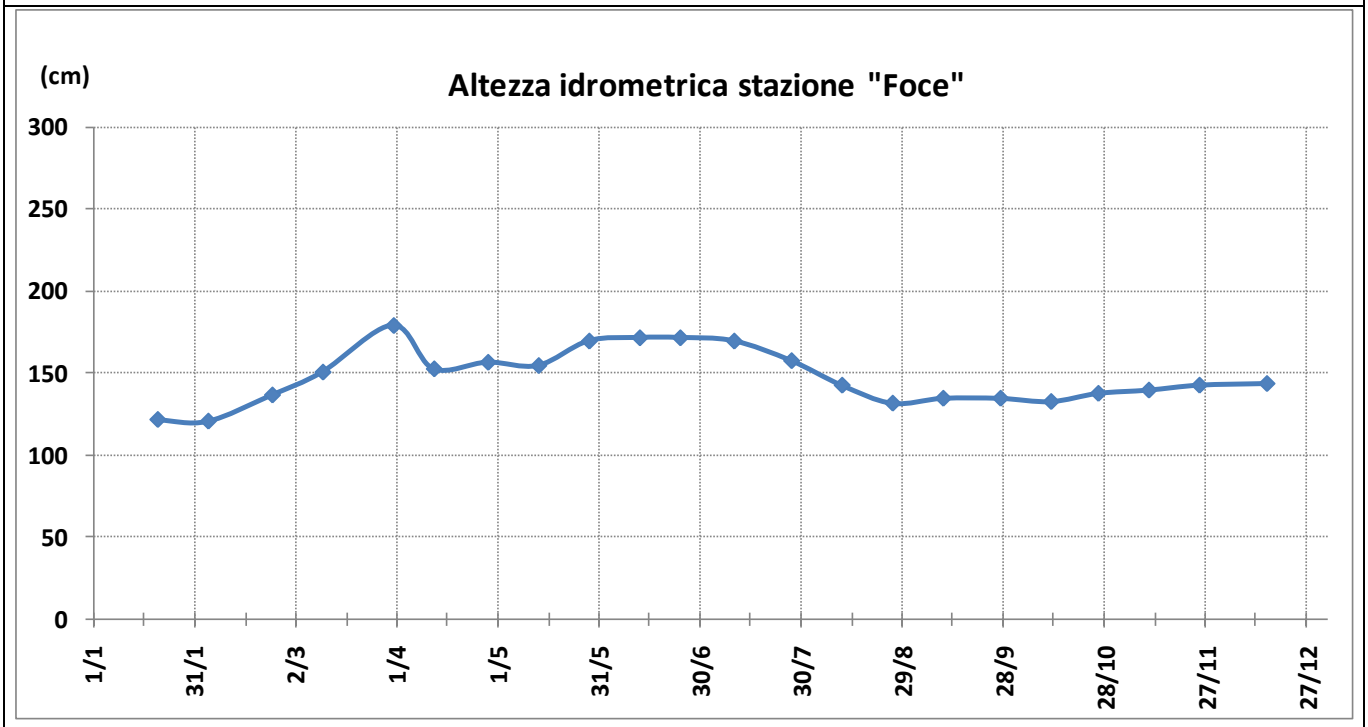
STAZIONE "FOCE"

Quota di riferimento s.l.m. = 2,37 m Quota batimetrica = 0,40 m



La stazione di misura è stata istituita in corrispondenza dello spigolo in calcestruzzo del sistema di paratie di chiusa in prossimità del vertice di inquadramento GPS n° 3 del rilievo topografico. La sua posizione consente il monitoraggio dei livelli in corrispondenza della foce d'uscita delle acque.

Nel grafico sottostante sono riportate le altezze idrometriche registrate nell'intero anno 2009 di misura.



GLOSSARIO

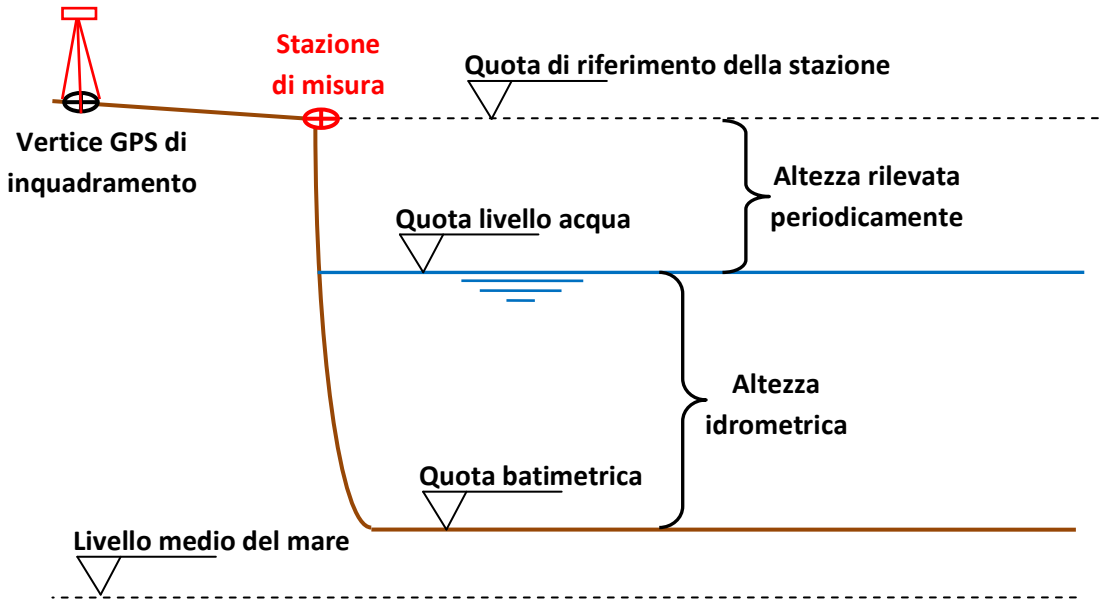
Altezza idrometrica Altezza espressa in centimetri ottenuta dalla differenza tra la quota del livello dell'acqua e la quota batimetrica.

Quota batimetrica Quota espressa in metri s.l.m. di un punto del fondale della palude

Quota di riferimento Quota espressa in metri s.l.m. del punto identificativo della stazione di misura rispetto alla quale sono stati misurati periodicamente i livelli idrici della palude.

Vertice GPS di inquadramento Punto topografico materializzato in situ, di coordinate planimetriche ed altimetriche note, rilevato con ausilio GPS in modalità statica e correzione differenziale rispetto ad una stazione di riferimento posizionata su un vertice IGM noto.

SCHEMA ESPLICATIVO



APPENDICE FOTOGRAFICA

Captazione abusiva delle acque nel periodo giugno-luglio 2005

Vecchi trattori usati come pompe per la captazione (2006)

Effetti dell'abbassamento a causa dei prelievi abusivi (settembre 2005)

Tubi per la captazione (settembre 2008)

Chiusa idraulica sul torrente Cervaro di adduzione al canale Roncone (chiusa 1)

Nido a pelo d'acqua