

## MONITORAGGIO DEL LIVELLO IDROMETRICO NELLA PALUDE DI COLFIORITO

Gli Altopiani di Colfiorito sono costituiti da un complesso di sette altopiani carsici situati nell'Appennino Umbro Marchigiano, nei territori comunali di Foligno e Serravalle di Chienti, ad un'altitudine compresa tra 750 e 800 metri s.l.m..

Uno di questi altopiani è rappresentato dalla **Palude di Colfiorito**, l'unico a essere permanentemente interessato dalla presenza di acqua e tutelato come area umida dalla Convenzione di Ramsar. La Palude di Colfiorito è situata ad una quota di 752-754 m s.l.m., ha un bacino idrografico di circa 10,5 km<sup>2</sup> ed uno specchio d'acqua con superficie prossima a 0,75 km<sup>2</sup>, variabile in funzione della stagionalità. Il bacino idrografico è caratterizzato da un alto coefficiente di infiltrazione, dovuto all'elevata permeabilità secondaria delle rocce e da un reticolo idrografico non organizzato, privo di emissari di superficie; in questo contesto idrogeologico, la palude viene alimentata dalle precipitazioni dirette sullo specchio d'acqua, da fossi di modesta entità provenienti dalle alture circostanti e da piccole sorgenti (polle) localizzate sul fondo della palude stessa.



**Figura 1** – Soglia in muratura che regola l'altezza del livello d'acqua della Palude di Colfiorito (foto sinistra); l'acqua in eccesso confluisce nell'Inghiottitoio del Molinaccio (foto destra).

Nelle stagioni a elevata piovosità, l'acqua della palude in eccesso confluisce prevalentemente verso l'inghiottitoio del Molinaccio, situato ai piedi del **Monte Orve**, la cui capacità di smaltimento è stimata in circa 1,2 m<sup>3</sup>/h. Il livello dell'acqua della palude è regimato da una soglia artificiale in muratura, posta nel canale di ingresso dell'inghiottitoio (Fig. 1).



**Figura 2** – Variazione stagionale del rapporto tra aree immerse ed emerse della palude. A sinistra la situazione nel periodo tardo-estivo, a destra nel periodo invernale.

Il **livello dell'acqua** riveste un ruolo di fondamentale importanza per l'habitat palustre; il battente massimo è di circa 4 metri nella porzione centrale della palude, ma le escursioni sono particolarmente significative e la conformazione irregolare del fondo crea delle zone emerse, le cui superfici variano in funzione della stagionalità e del clima (Fig. 2).

Questa evidenza ha indotto Arpa Umbria, in collaborazione con il **Comune di Foligno**, a installare un idrometro che potesse rilevare in continuo il livello dell'acqua e trasmettere in remoto i dati acquisiti. Lo strumento potrà essere utilizzato per determinare il bilancio idrologico della palude, monitorarne lo stato, programmare interventi di manutenzione e pianificare azioni mirate alla tutela dell'ecosistema.

La realizzazione di un idrometro non può prescindere dalla significatività del punto di misura, che deve essere rappresentativo e garantire un battente d'acqua minimo anche in condizioni di forte siccità. Tale punto è stato identificato a circa 20 metri dall'approdo ubicato in località Molinaccio, dove era presente un palo metallico infisso sul fondo della palude, sufficientemente stabile per sostenere le apparecchiature di monitoraggio. L'installazione dell'idrometro è stata effettuata nel mese di luglio 2020, quando il livello dell'acqua si è abbassato sufficientemente per consentire al personale tecnico di raggiungere a piedi il punto di installazione. È stata applicata al palo un'asta idrometrica centimetrata, con un'altezza totale di 2,25 metri (1,25 metri a scendere e 1,0 metri a salire, rispetto allo zero idrometrico); lo zero idrometrico dell'asta è stato allineato alla soglia di sfioro artificiale che regola il battente della palude, in prossimità dell'inghiottitoio del Molinaccio. Una rete metallica realizzata sopra la soglia di sfioro impedisce ai pesci e al materiale galleggiante di origine vegetale, trasportato dal flusso in uscita dalla palude, di accedere alla cavità dell'inghiottitoio. Questa recinzione, a causa del deposito di materiale vegetale, può favorire l'innalzamento del livello della palude rispetto alla soglia in muratura, anche di alcune decine di centimetri (Fig. 3).



**Figura 3** – Idrometro per la misura del livello dell'acqua, costituito da un'asta idrometrica e da una sonda idrostatica (foto a sinistra) che invia i dati ogni 12 ore. Il sistema consente di monitorare il livello dell'acqua riferito alla soglia di sfioro dell'inghiottitoio, dove si può accumulare materiale vegetale che alza il battente idraulico (foto a destra).

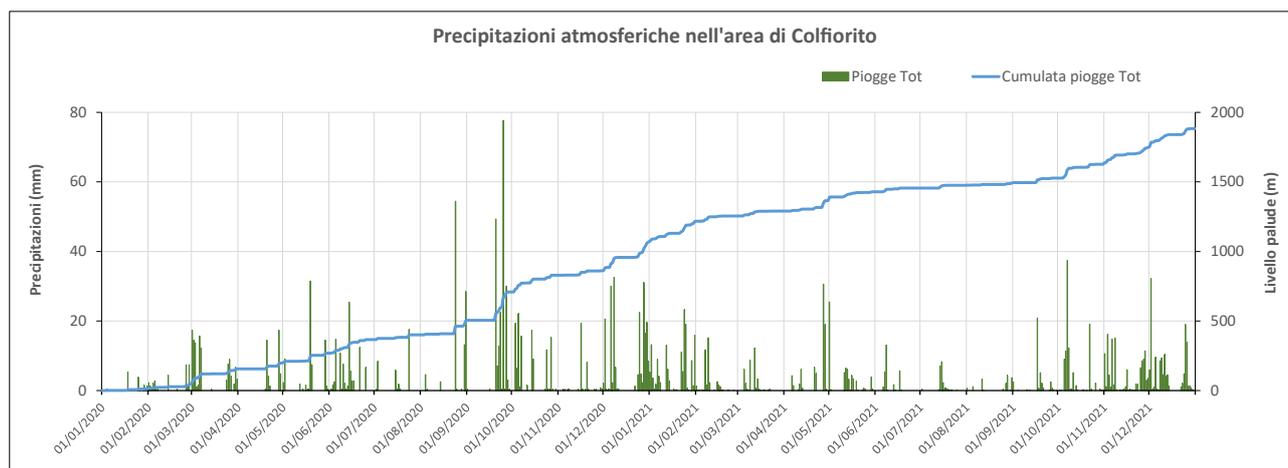
Trattandosi di un'area protetta di elevato valore naturalistico, era necessario realizzare un sistema di rilevamento automatico con un basso impatto visivo. È stata installata una sonda idrostatica di precisione autoregistrante, dotata di un sistema di alimentazione a batteria e un dispositivo GPRS per l'invio dei dati in remoto (OTT ECOLOG 500, intervallo di misura 0-4 metri, precisione  $\pm 0.05$  FS) alloggiata in un tubo di materiale plastico, ancorato al palo. Il sistema rileva in continuo anche la temperatura dell'acqua. Per incrementare il campo di misura, il tubo che ospita la sonda idrostatica è stato piegato a  $45^\circ$  e portato in un punto più basso del fondo, rispetto alla base dell'asta idrometrica (Fig. 3); in questo modo, la sonda idrostatica raggiunge una profondità maggiore ed è in grado di misurare un range di livello più ampio rispetto all'asta idrometrica (circa -2 m / +1 m rispetto allo zero idrometrico).

Nell'altopiano di Colfiorito sono presenti due stazioni meteorologiche, gestite da Meteo Foligno, i cui dati sono stati gentilmente forniti all'Agenzia; anche la Regione Umbria ha realizzato recentemente una stazione pluviometrica, ma la serie di dati è troppo breve per effettuare analisi sul medio periodo. Di seguito sono riportate le caratteristiche delle stazioni pluviometriche di Colfiorito e La Franca, indicate nel sito *meteofoligno.it*:

	Colfiorito	La Franca
<b>Altitudine</b>	760 m s.l.m.	850 m s.l.m.
<b>Coordinate</b>	43.03 N – 12.89 E	42.99 N – 12.83 E
<b>Installazione</b>	Semi-urbana	Extra-urbana
<b>Altezza suolo</b>	2 m	3.5 m

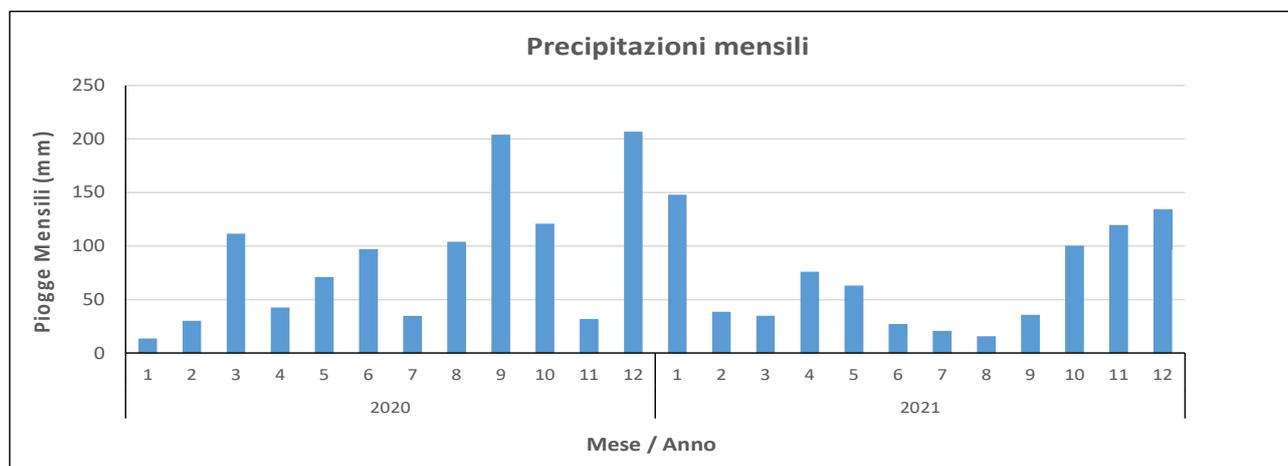
**Tabella 1** – Caratteristiche delle stazioni meteorologiche gestite da Meteo Foligno.

Sono stati presi in considerazione i dati pluviometrici acquisiti nel periodo dal 1 gennaio 2020 al 31 dicembre 2021, per un totale di 24 mesi. Le due stazioni hanno fornito dati sufficientemente concordanti, vista la breve distanza tra i siti (circa 5 km in linea d'aria) e la modesta differenza di quota (circa 90 metri). La serie pluviometrica di riferimento è stata determinata come media tra i valori giornalieri rilevati dalle due stazioni; laddove una delle due stazioni non ha fornito dati, è stato preso il valore rilevato dall'altra centralina. In questo modo, è stato possibile ottenere una serie continua, priva di dati mancanti.



**Figura 4** – Rappresentazione grafica delle precipitazioni giornaliere e della pioggia cumulata.

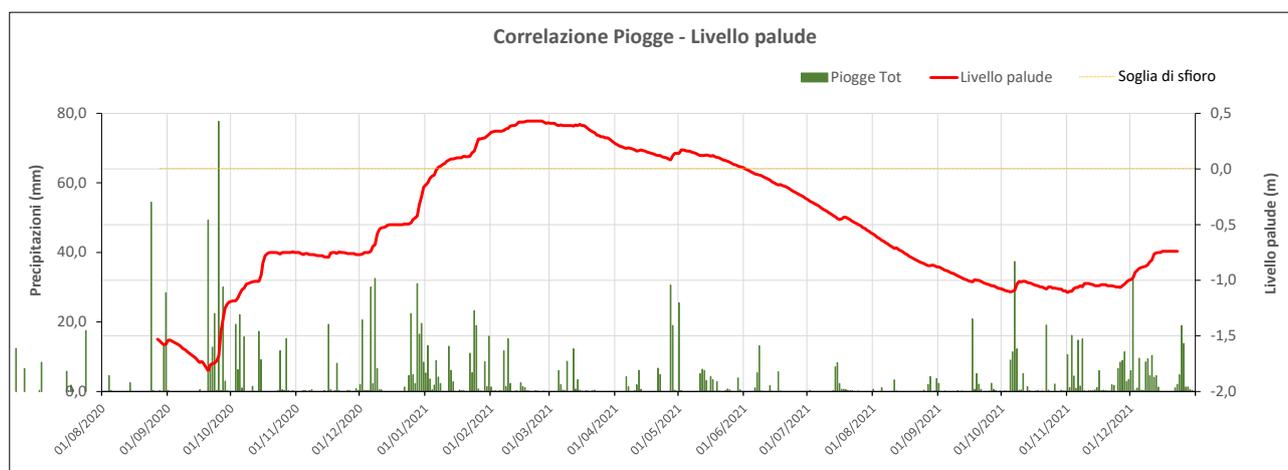
Nel biennio di osservazione, sono caduti complessivamente 1883 mm di pioggia, distribuiti nel modo seguente: 1068 mm nel 2020, 815 mm nel 2021.



**Figura 5** – Distribuzione mensile delle precipitazioni atmosferiche nel periodo di osservazione (2020-2021).

Osservando la suddivisione mensile delle precipitazioni atmosferiche (Fig. 5), si nota chiaramente che nel 2021 le piogge sono state complessivamente inferiori all'anno precedente, con una distribuzione piuttosto diversa nel biennio di osservazione: nel 2021 le piogge si concentrano prevalentemente nei mesi autunnali-invernali, mentre nell'anno precedente le precipitazioni sono distribuite con maggiore uniformità, con massimi nei periodi primaverili e autunnali.

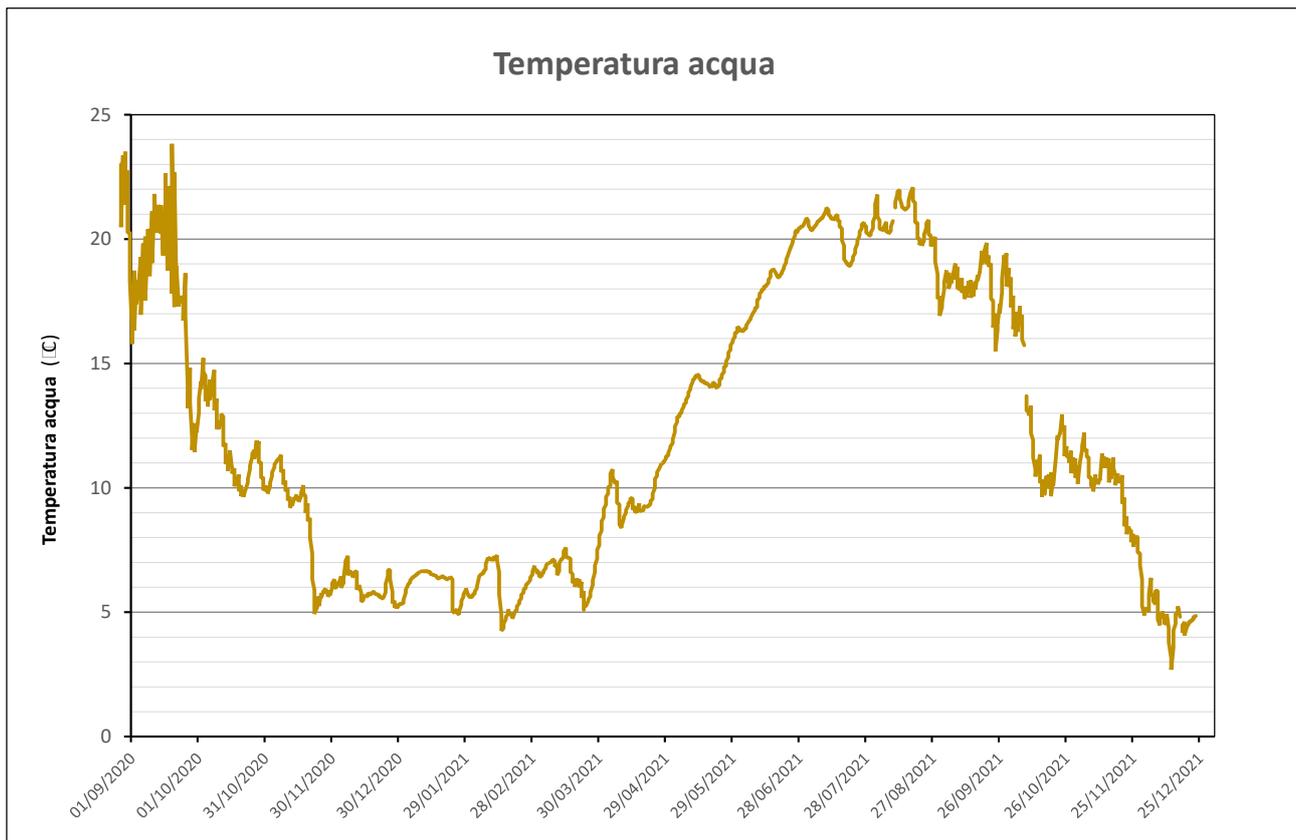
I dati acquisiti dall'idrometro in 16 mesi di esercizio (dal 01.09.20 al 31.12.21) sono stati elaborati e rappresentati in Fig. 6, correlandoli all'andamento giornaliero delle piogge. L'escursione massima del livello d'acqua è di 2,25 metri, con minimo di -1,82 m (giorno 20.09.2020) e massimo di 0,43 m (giorni 17-25.02.2021) rispetto allo zero idrometrico. Il flusso d'acqua verso l'inghiottitoio è stato attivo dal 06.01.21 al 01.06.21, per un lasso consecutivo di 146 giorni; nel restante periodo di osservazione, il livello della palude ha subito consistenti variazioni al di sotto lo zero idrometrico, in funzione dell'andamento meteorologico.



**Figura 6** – Correlazione tra livello idrometrico (curva rossa) e piogge giornaliere (istogrammi verdi). La linea tratteggiata gialla rappresenta lo zero idrometrico, allineato alla soglia di sfioro dell'inghiottitoio del Molinaccio.

Il “sistema” palude risponde in modo piuttosto irregolare alle precipitazioni atmosferiche. In fase di installazione dell'idrometro, il livello era di -1,53 m rispetto alla soglia di sfioro e la base del palo di ancoraggio era già abbondantemente emersa (Fig. 3); nella fase avanzata della stagione estiva, quindi, il livello idrometrico non era riferibile all'intera palude, ma alla grande pozza che si forma a ridosso dell'asta idrometrica, non comunicante con le altre zone sommerse della palude. L'azione delle piogge sul livello della palude è proporzionale al rapporto tra aree emerse e sommerse, dando luogo ad un innalzamento più rapido nelle prime fasi di recupero autunnale, poiché l'effetto delle precipitazioni si concentra su una superficie sommersa ridotta. In seguito, l'innalzamento del livello provoca l'allargamento dello specchio d'acqua verso le aree perimetrali, finché non viene raggiunta la soglia di sfioro. Raggiunto lo zero idrometrico, si innesca un lento deflusso verso l'inghiottitoio del Molinaccio; in questa fase di deflusso, un'altra variabile stagionale altera la risposta del sistema: il materiale galleggiante di origine vegetale subisce un lento trasporto e si accumula a ridosso della rete applicata sulla soglia di sfioro, alzandone il battente; questo battente aggiuntivo, che nell'anno 2021 ha raggiunto 43 cm, è variabile e dipende dalla tipologia dei residui vegetali, dalla loro quantità, da eventuali azioni di rimozione effettuate dal personale del parco.

L'andamento della temperatura dell'acqua è rappresentato in figura 7, utilizzando dati semi-giornalieri (ogni 12 ore). Nel periodo di osservazione, la temperatura dell'acqua è variata da un minimo di 2,7 °C (12.12.2021) a un massimo di 23,8 °C (19.09.2020). Nelle fasi avanzate di magra, le escursioni giornaliere di temperatura sono più marcate rispetto ad altri periodi dell'anno. Questo fenomeno può essere imputabile ad una ridotta inerzia termica dovuta alla minore massa d'acqua presente, soprattutto nella fase in cui si formano pozze isolate.



**Figura 7** – Andamento semi-giornaliero della temperatura dell'acqua.

La stazione idrometrica è gestita dal personale tecnico di Arpa Umbria, che valida e diffonde settimanalmente i dati acquisiti; i dati sono scaricabili dal sito dell'Agenzia, al seguente indirizzo: ([apps.arpa.umbria.it/acqua/contenuto/colfiorito](https://apps.arpa.umbria.it/acqua/contenuto/colfiorito)).

**Mirko Nucci**  
Responsabile del Servizio Rete Acqua di Arpa Umbria