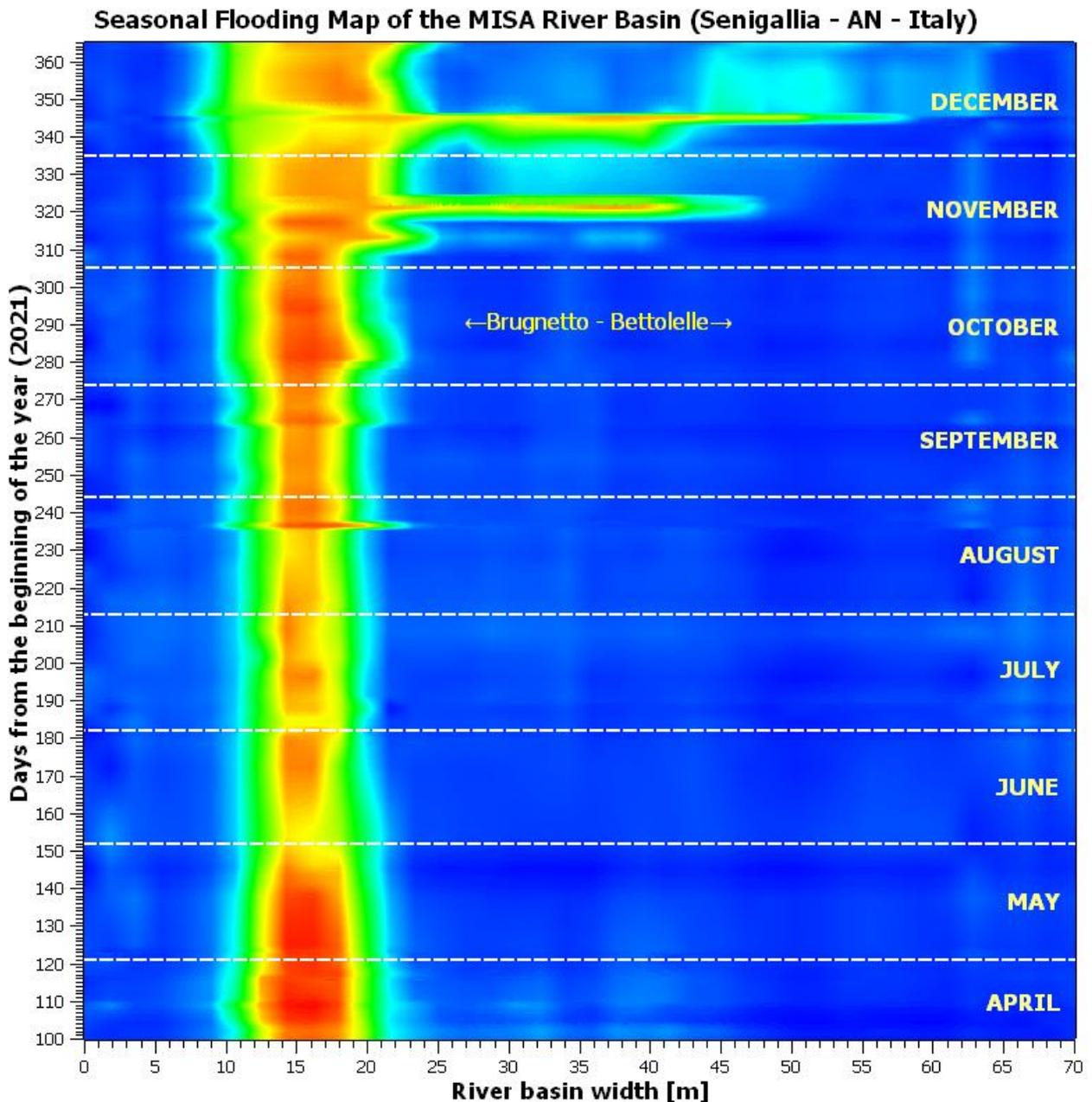


Flavio Falcinelli, Senigallia, 25/10/2023

## Progetto per l'implementazione di una rete sperimentale di monitoraggio dei fiumi Misa e Nevola



RadioAstroLab s.r.l. e FASAR Elettronica s.r.l., aziende di Senigallia che da oltre 20 anni operano nel settore dell'elettronica professionale ([www.radioastrolab.it](http://www.radioastrolab.it) – [www.fasar.it](http://www.fasar.it)), hanno sviluppato un innovativo sistema di sorveglianza dei corsi d'acqua (fossi, torrenti e fiumi) che utilizza sensori originali (brevettati), particolarmente indicato per il monitoraggio dell'ambiente fluviale Misa-Nevola (*ProgettoRIO* - [www.progettorio.com](http://www.progettorio.com)). L'impianto mostra le variazioni nel tempo del flusso causate da eventi meteorologici e segnala potenziali rischi ambientali dovuti a esondazioni. Misurando continuamente alcuni parametri dell'area fluviale e monitorando gli eventi di pioggia, sono elaborati i dati per rappresentare le variazioni stagionali del fattore di allagamento del bacino, la velocità di crescita delle zone allagate, la dinamica delle acque, la frequenza e l'intensità delle precipitazioni.

I risultati di una lunga sperimentazione (condotta da ottobre 2020 al 14 settembre 2022) hanno confermato l'efficacia del sistema: il bacino del Misa è stato inizialmente sorvegliato dal ponte che sulla strada comunale collega le frazioni Bettolle e Brugnetto (Senigallia) utilizzando strumentazione portatile, raccogliendo dati che hanno puntualmente documentato l'evoluzione stagionale delle aree umide e bagnate dell'ambiente fluviale, segnalando gli eventi di piena con rischio esondazione, oltre ai periodi di siccità. Dato che le misurazioni sono state eseguite per pochi minuti ogni giorno, non è stato possibile seguire accuratamente l'evoluzione oraria degli eventi critici a causa delle limitazioni di accesso alla zona di misura imposte dalle autorità durante le frequenti emergenze. La mancanza di un'installazione fissa, continuamente operativa e in grado di fornire dati in tempo reale è stata, quindi, la principale limitazione della sperimentazione iniziale.

Dopo il disastroso e tragico evento alluvionale del 15 settembre 2022, a pochi anni di distanza da quello del 2014, i sindaci della valle del Misa e del Nevola, insieme ai vari comitati cittadini, hanno sottolineato la necessità e l'urgenza di poter contare su un efficace sistema di allerta per la sicurezza delle persone e dell'ambiente, in supporto a quello ufficiale utilizzato dalla Protezione Civile Regionale. Abbiamo, quindi, sviluppato una proposta per l'installazione di una rete di monitoraggio sperimentale che, a regime, intende sorvegliare l'intero percorso fluviale Misa-Nevola: sono previste diverse stazioni distribuite lungo il territorio (Fig. 1) che, collegate via radio, trasferiscono periodicamente i dati acquisiti a una centrale di controllo ubicata presso la sede delle aziende che supportano il progetto. Ogni stazione è composta da un sensore radiometrico a microonde *RALrio* che osserva l'ambiente fluviale e le condizioni troposferiche locali (pioggia). Per ottimizzare l'accuratezza delle misurazioni è anche suggerito uno schema di "singola stazione ampliata" utilizzabile quando si sorveglia una sezione molto ampia del bacino fluviale come, ad esempio, quella visibile dal ponte sulla Strada Comunale delle Bettolle (Senigallia – Fig. 4). In Appendice sono disponibili alcune informazioni tecniche sul funzionamento del sistema e la Fig. 1 mostra le stazioni del sistema *ProgettoRIO* attualmente attive.

La rete sarà continuamente operativa (24 ore su 24), ogni stazione sarà alimentata dall'energia elettrica della rete di distribuzione e sarà equipaggiata con una batteria in tampone dimensionata per garantire continuità di esercizio in caso di assenza dell'alimentazione primaria. La centrale di controllo interrogherà le postazioni periferiche con una cadenza di circa 5 minuti (modulabili in funzione della criticità degli eventi): i dati saranno acquisiti dal server della centrale ed elaborati per fornire grafici che mostrano l'evoluzione nel tempo del fattore di inondazione delle aree sorvegliate, la velocità di crescita delle zone allagate e la turbolenza delle acque (Fig. 8). Le informazioni fornite dall'impianto di monitoraggio saranno ulteriormente elaborate e correlate con i dati acquisiti da altri enti (come il servizio meteorologico nazionale o regionale, ad esempio) per generare allarmi quando sono superate determinate soglie, gestite dalle competenti autorità amministrative e coadiuvate dal personale locale di Protezione Civile.

Ogni sensore *RALrio* è predisposto per partecipare al monitoraggio collettivo dell'ambiente fluviale e per fornire, all'occorrenza, allarmi locali se opportunamente configurato (attivando, ad esempio, segnali ottici lampeggianti o sirene). Utilizzando queste informazioni, disponibili in tempo reale, è anche possibile sviluppare applicazioni per dispositivi mobili che avvertono e informano la popolazione sullo stato del fiume.



**Fig. 1:** Distribuzione delle stazioni di monitoraggio lungo il bacino fluviale Misa-Nevola. Le stazioni di colore verde sono attualmente attive, quelle di colore arancio sono in corso di installazione, le altre sono state proposte ai comuni interessati e in attesa di approvazione.

Il sistema descritto in questo documento sarà la prima installazione sperimentale destinata alla sorveglianza del bacino fluviale Misa e Nevola realizzata con strumentazione originale, completamente a carico delle nostre aziende. Ci proponiamo di ottimizzare il funzionamento di un innovativo sistema di monitoraggio dedicato ad un territorio molto critico dal punto di vista alluvionale, in vista di un'installazione definitiva e sicura. Il *ProgettoRIO* non intende, ne può, sostituire il sistema di monitoraggio e di allerta attualmente in vigore presso la Protezione Civile Regionale, unica deputata a fornire dati che consentono alle amministrazioni locali di agire nell'interesse dei cittadini e dell'ambiente: il nostro scopo è quello di sperimentare l'efficacia di un nuovo metodo di sorveglianza dei corsi d'acqua fornendo informazioni localmente utili per supportare le decisioni delle autorità, stimolando la loro attenzione verso nuovi sistemi di monitoraggio ambientale.

Per questi motivi chiediamo alle Amministrazioni dei Comuni dell'area interessata di aderire al progetto e di concedere l'autorizzazione e il supporto per implementare una rete di stazioni opportunamente

distribuite lungo tutto il territorio fluviale, come proposto nella mappa di Fig. 1. I vari comuni dovrebbero installare i sostegni meccanici per la strumentazione (tipicamente un palo agganciato alla struttura del ponte che attraversa il corso d'acqua, analogo a quelli utilizzati per la rete dei sensori idrometrici gestita dalla Protezione Civile Regionale), gestire l'allaccio e la fornitura di energia elettrica dalla rete di distribuzione monofase a 230 Vac – 50 Hz. La potenza elettrica richiesta per il funzionamento continuo di ogni sensore è minima, inferiore a 15 W. Per motivi di affidabilità, in questa prima fase è preferibile evitare l'utilizzo di pannelli fotovoltaici. Per semplicità e per ragioni di economia iniziale, utilizzeremo la rete cellulare GSM/GPRS per la trasmissione via radio dei dati fra le varie stazioni e la centrale di controllo. E' allo studio l'implementazione di una rete radio dedicata VHF/UHF come soluzione definitiva, analoga a quella utilizzata dalla Protezione Civile Regionale.

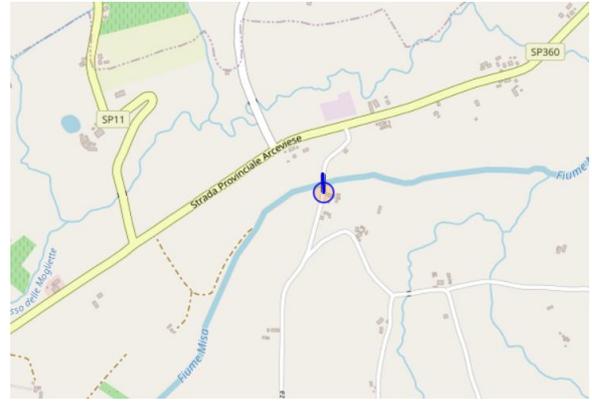
Le aziende che supportano il progetto forniranno la strumentazione (la proprietà resterà dei costruttori che garantiranno le prestazioni del sistema durante il periodo della sperimentazione), collaboreranno all'installazione della rete, provvederanno alla manutenzione periodica, alla gestione e all'elaborazione dei dati acquisiti tramite una centrale di controllo appositamente predisposta. Saranno discussi e concordati con i competenti Uffici Tecnici Comunali e con i gruppi locali di Protezione Civile le modalità di installazione e recepite eventuali raccomandazioni. I dati del monitoraggio, eventualmente presentati come allarmi a soglia, saranno disponibili alle autorità secondo procedure concordate e ai ricercatori che intendono utilizzarli a scopo scientifico.

I vantaggi della proposta sono facilmente immaginabili: le amministrazioni comunali che partecipano al progetto, quindi la popolazione locale, con costi irrisori possono contare su un monitor del fiume indipendente e complementare rispetto alla rete gestita dalla Protezione Civile Regionale ed è offerta la possibilità, alle aziende sponsor, di perfezionare il sistema di monitoraggio a fini commerciali presentando alla comunità un eccellente caso di studio su uno scenario fluviale considerato particolarmente critico per la nostra zona (seguito con attenzione anche dalla comunità internazionale degli addetti ai lavori).

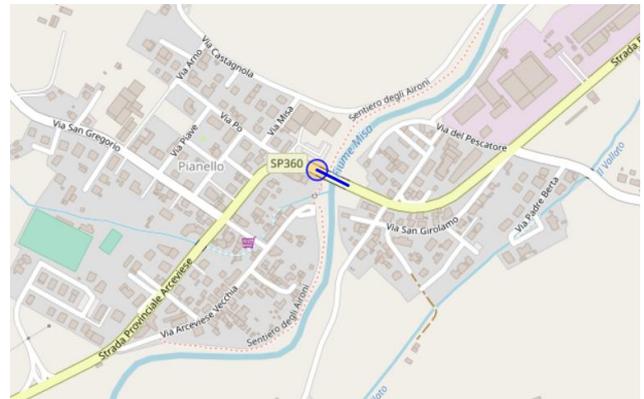
Tipicamente ogni postazione comprende un singolo sensore *RALrío*: nel caso si osservi una zona fluviale ampia ed estesa come, ad esempio, il bacino dal ponte sulla Strada Comunale delle Bettolle di Senigallia, è desiderabile installare un maggior numero di sensori lungo la sezione di monitoraggio in modo da ottimizzare la qualità delle misurazioni. La Fig. 4 mostra uno schema utilizzabile, analogo a quello implementato durante la sperimentazione iniziale, che prevede l'installazione di tre radiometri (MWR\_A, MWR\_B e MWR\_C) ciascuno dedicato alla sorveglianza di tre distinte regioni del bacino. I sensori misurano la riflettività superficiale della porzione di suolo "vista" dall'antenna, calcolata da misure dirette della temperatura di brillanza che caratterizza lo scenario, secondo i principi descritti in Appendice.

Il sensore MWR\_A osserva la regione A dove scorre il fiume e stima la varianza radiometrica per ottenere informazioni sulla dinamica del flusso. Infatti, la riflettività a microonde di una superficie in movimento come un flusso di acqua con onde e increspature varia continuamente: la radiazione proveniente dall'atmosfera e dall'ambiente, riflessa dalla superficie verso il radiometro, si diffonde in tutte le direzioni con intensità variabile (scattering) e si registrano importanti fluttuazioni nella potenza misurata, funzioni del movimento e delle irregolarità superficiali.

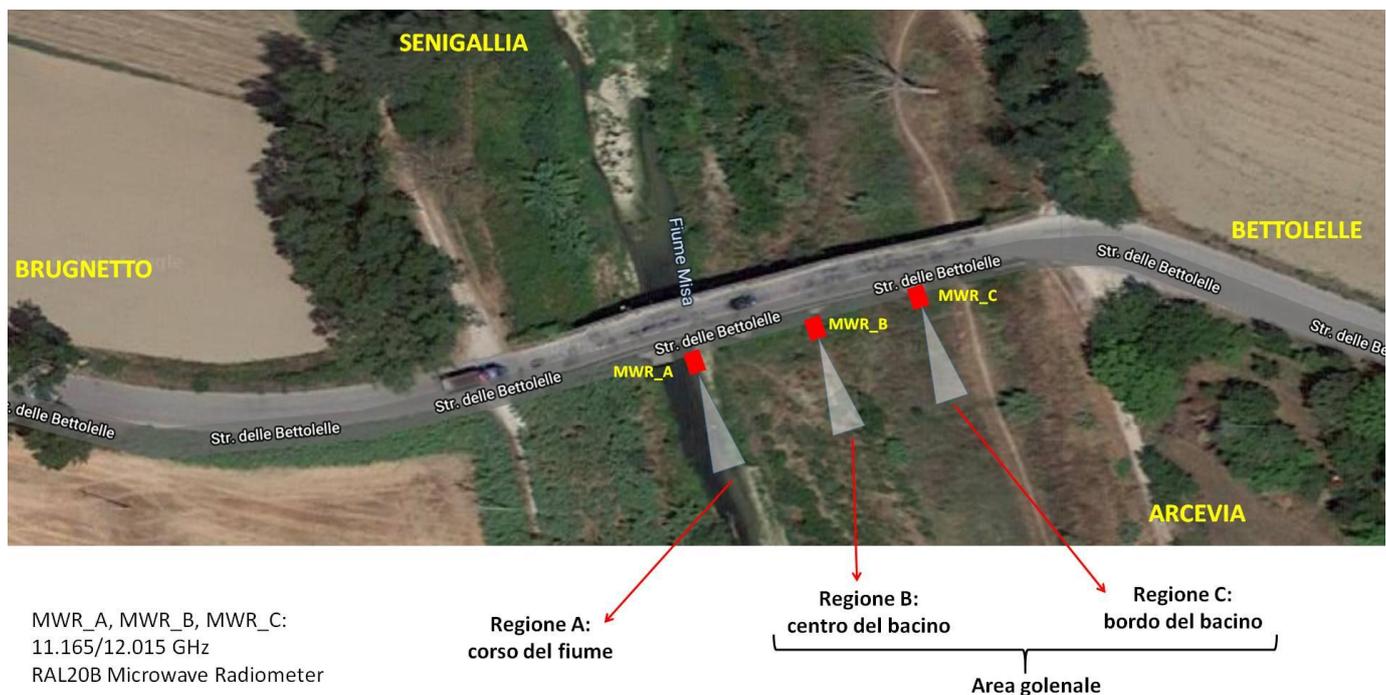
Le regioni A, B e C del bacino saranno scelte in modo che le variazioni stagionali della superficie di acqua libera e di acqua legata al suolo (umidità) registrate dagli strumenti siano rappresentative dell'intero spettro di condizioni dell'ambiente fluviale, comprendente lo stato "normale" del Misa, allagamenti più o meno estesi, eventi di siccità, di magra, di piena con rischio esondazione. Per tali ragioni sono previsti tre sensori, il primo dei quali "vede" il corso d'acqua, gli altri osservano l'area golenale fino all'argine opposto. Il profilo di umidità mostrato in Fig. 5, ottenuto campionando dal ponte la sezione di bacino, aiuta nel posizionamento: il grafico è la convoluzione fra le variazioni della temperatura di brillanza dello scenario osservato (dovute alle differenze di contrasto fra le superfici di terreno asciutte e bagnate esposte all'atmosfera) e il campo di vista dell'antenna ricevente.



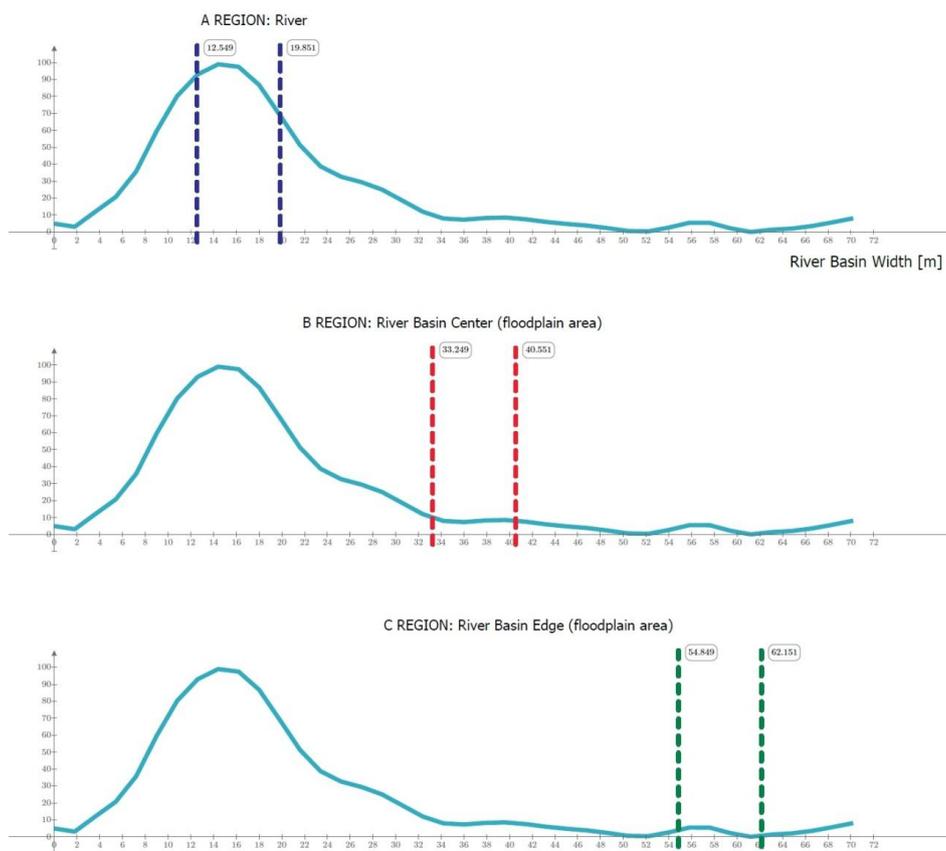
**Fig. 2:** Stazione *RALrio* N. 1 installata a Serra de' Conti (fiume Misa) sul ponte di Via Mulino, presso la Strada Provinciale 360 Arcevese (insieme alla Stazione N. 2 di Pianello di Ostra è una delle due postazioni attualmente attive).



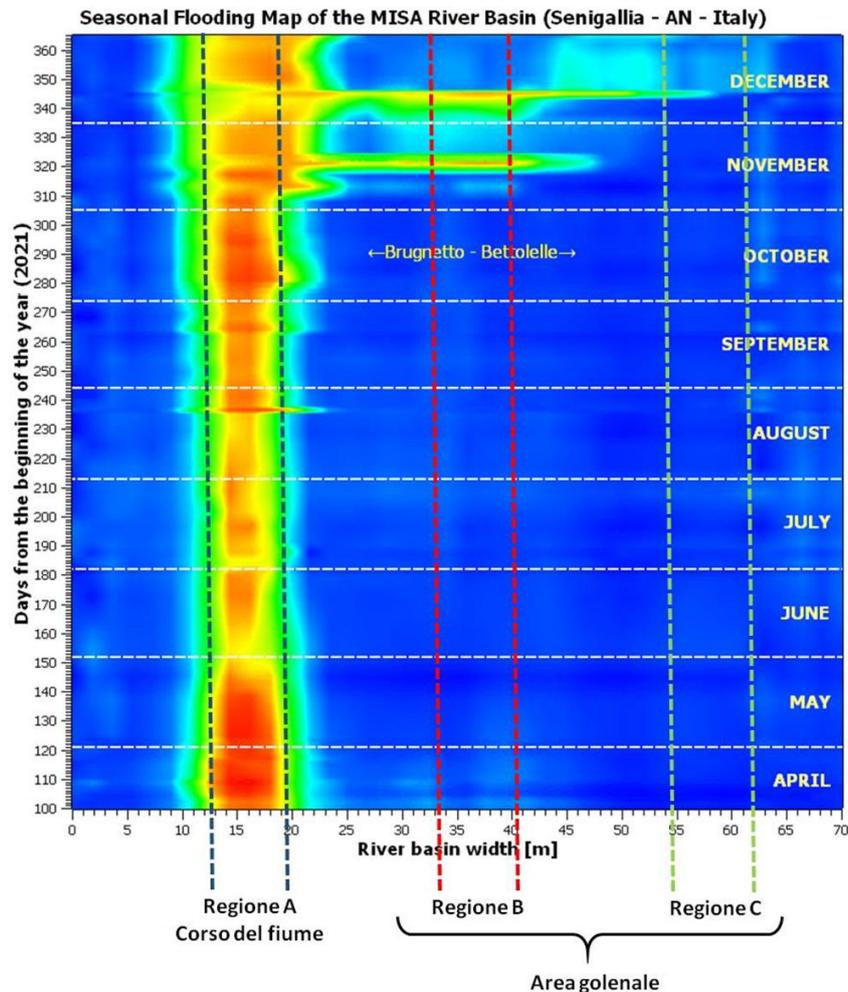
**Fig. 3:** Stazione *RALrio* N. 2 installata sul ponte a Pianello di Ostra (fiume Misa, Strada Provinciale 360 Arcevese).



**Fig. 4:** Schema di posizionamento ottimo, che prevede l'installazione di tre sensori lungo la sezione di misura, utilizzabile quando è necessario sorvegliare una zona del bacino fluviale molto ampia (come, ad esempio, il fiume Misa visto dal ponte sulla strada comunale che collega le frazioni Bettollelle e Brugnetto).



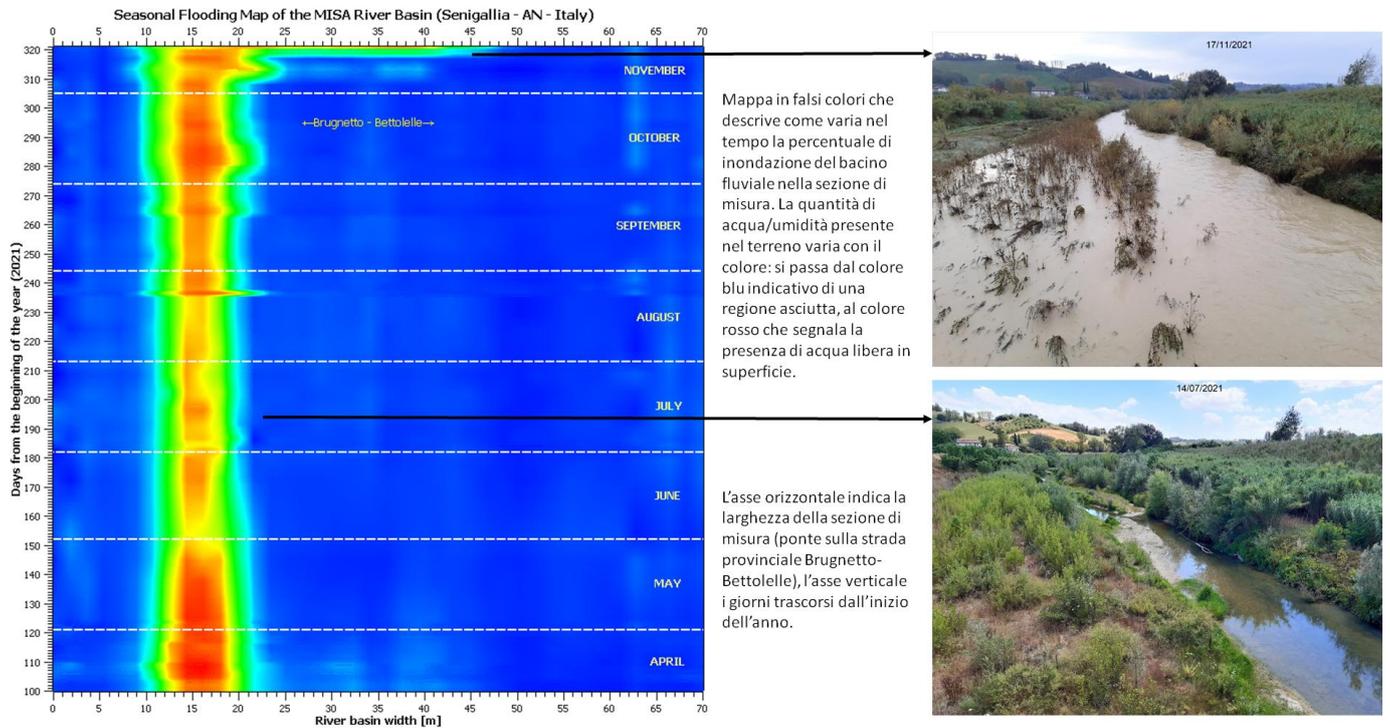
**Fig. 5:** Profilo di umidità della sezione di bacino fluviale rilevato dal ponte sulla Strada Comunale delle Bettollelle quando il fiume è in condizioni "normali". Il picco della curva indica una concentrazione di acqua libera, quindi il corso del fiume. Sono mostrate le tre regioni (A, B e C) monitorate ed i rispettivi "campi di vista" radiometrici. I bordi del profilo corrispondono agli argini.



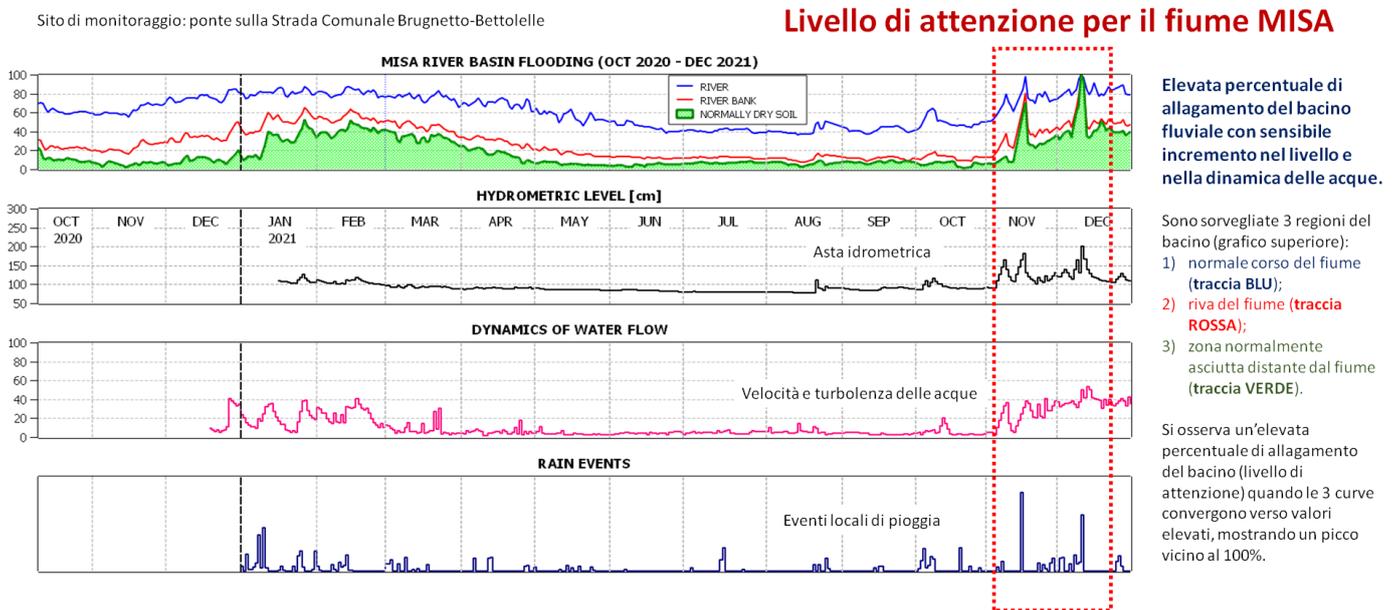
**Fig. 6:** Mappa in falsi colori che mostra come varia nel tempo l'estensione di acqua libera nella sezione di bacino fluviale osservato dal ponte sulla Strada Comunale delle Bettolelle (Fig. 4) durante il periodo aprile-dicembre 2021. Sono visibili gli eventi di piena del fiume Misa che si sono verificati verso la fine dell'anno 2021.

L'asse orizzontale della curva è la lunghezza della sezione di misura, quello verticale la percentuale di allagamento della regione osservata: il profilo individua, quindi, le zone umide e bagnate "viste" dal radiometro lungo la sezione di misura quando il fiume è in condizioni "normali" e suggerisce il corretto posizionamento della strumentazione lungo il ponte che sovrasta il bacino fluviale. Queste considerazioni sono di carattere generale, applicabili quando si desidera sorvegliare una regione fluviale sufficientemente ampia.

Le mappe in falsi colori di Fig. 6 e 7, compilate campionando a distanze regolari la sezione di misura e combinando una serie di scansioni effettuate ogni 2 giorni circa, confermano e completano quanto detto. Per questo lavoro si è utilizzato uno strumento identico ai precedenti, equipaggiato con antenna ad elevata direttività per massimizzare la risoluzione spaziale (la proiezione del campo di vista del radiometro sul terreno è larga 2 metri). Le variazioni di colore visualizzano l'estensione delle zone umide/bagnate: si passa dall'azzurro, indicativo di una regione asciutta, al rosso che segnala la presenza di acqua libera in superficie. L'asse orizzontale indica la larghezza della sezione di misura (ponte sulla strada comunale Brugnetto-Bettolelle), l'asse verticale il numero di giorni trascorsi dall'inizio dell'anno. Queste informazioni, come accennato, derivano da misurazioni complementari al progetto di monitoraggio standard eseguite come supporto per la validazione delle misure e per la verifica sul corretto posizionamento degli strumenti.



**Fig. 7:** Dettagli della precedente mappa dove sono evidenziate due opposte condizioni del bacino fluviale (scansione radiometrica effettuata dal ponte sulla Strada Comunale delle Bettolelle).



**Fig. 8:** Esempio delle informazioni ottenibili da una stazione di monitoraggio composta da 3 sensori *RALrio* che sorvegliano una sezione di bacino fluviale ampia secondo lo schema suggerito in Fig. 4 (i dati sono relativi al monitoraggio con campionamento giornaliero effettuato durante la sperimentazione iniziale del *ProgettoRIO*).

In Fig. 8 è mostrata una rappresentazione dei risultati del monitoraggio che chiarisce il funzionamento del sistema. Come esempio, abbiamo utilizzato i dati acquisiti dalla sperimentazione iniziale basata su un campionamento giornaliero di pochi minuti: è importante sottolineare come le informazioni ottenute, pur

rappresentando bene l'evoluzione stagionale dell'estensione delle aree umide/bagnate dell'ambiente fluviale, non sono sufficientemente dettagliate e accurate come si potrebbero ottenere da una misurazione continua in tempo reale. Questo è soprattutto vero, ad esempio, per quanto riguarda l'accuratezza ottenibile nel calcolo della velocità di crescita dell'estensione delle zone allagate, dato molto importante che condiziona l'affidabilità delle segnalazioni di allarme quando si verificano eventi alluvionali estremi ed è importante stimare la velocità di propagazione delle onde di piena lungo il percorso fluviale.

Il grafico superiore della Fig. 8 visualizza le variazioni giornaliere in ampiezza delle zone allagate e umide nelle tre regioni del bacino fluviale sorvegliate dallo strumento (*fattore di inondazione*): la prima traccia (colore blu) documenta il corso del fiume, la seconda (colore rosso) rappresenta la regione vicina all'interfaccia fra il terreno e il corso d'acqua (riva del fiume), la terza (colore verde) una superficie del bacino normalmente asciutta e sufficientemente distante dal fiume (area golenale).

Il significato fisico di questi dati è collegato al concetto di *riflettività superficiale* degli ambienti osservati: gli strumenti vedono, infatti, una superficie bagnata esposta all'atmosfera come se fosse uno specchio, tanto più riflettente quanto maggiori sono l'area umida e la quantità di acqua presente. D'altra parte, un terreno asciutto appare come una superficie stazionaria con scarsa riflettività. Andamenti crescenti delle curve indicano incrementi nell'estensione di acqua libera nel terreno: quando le tracce rossa e verde tendono a convergere verso la traccia blu significa che è in corso un graduale allagamento del bacino fluviale. Se questa tendenza continua fino a raggiungere il limite superiore del grafico, corrispondente a un totale allagamento della regione (100%), significa che il rischio di esondazione è elevato. Si registra, al contrario, un evento di siccità quando le curve si avvicineranno al limite inferiore del grafico. Come si vede, queste misurazioni sono ben correlate con il livello idrometrico letto sull'asta fluviale già presente sul pilone del ponte (curva di colore nero).

Le variazioni a lungo periodo dei grafici mostrano le variazioni stagionali di umidità dello scenario sorvegliato dagli strumenti. La curva di colore viola rappresenta le variazioni dinamiche del flusso d'acqua in termini di velocità e di turbolenza, ben correlate con la principale causa scatenante dei fenomeni alluvionali, le precipitazioni atmosferiche, rappresentate in frequenza e intensità dagli istogrammi nell'ultimo grafico.

Osservando continuamente gli scenari monitorati dalle stazioni distribuite lungo il corso dei fiumi Misa e Nevola ed elaborando i dati, si ottengono importanti informazioni sull'estensione delle aree asciutte e bagnate del bacino, sulla loro dinamica e, molto importante, sulla velocità di crescita delle sezioni allagate, indicative della velocità di propagazione di eventuali ondate di piena.

I grafici e le immagini seguenti documentano e confrontano i risultati della fase preliminare di monitoraggio relativa agli scenari fluviali osservati dalle prime due stazioni della rete, installate a Serra de' Conti e a Pianello di Ostra (la stazione di Pianello è stata attivata dopo la prima settimana di luglio 2023). Le misure comprendono il periodo estivo durante il quale sono state messe a punto e calibrate le stazioni prima della definitiva connessione in rete. Si notano analoghi andamenti del fattore di inondazione associato ai due scenari (è il parametro definito per rappresentare lo stato di allagamento della specifica regione fluviale osservata da ogni stazione): si passa gradualmente verso uno stato di maggiore siccità del terreno dai mesi di maggio a settembre (periodo di magra del fiume), in linea con le condizioni meteorologiche tipiche del periodo estivo. L'andamento è chiaramente visibile dalla pendenza delle curve che tendono ai valori minimi stagionali in entrambi i siti.

In fig. 10 si vedono le finestre di monitoraggio associate alle stazioni attualmente attive visualizzate dal programma di gestione della rete *ProgettoRIO\_TCP* installato presso il server della centrale di controllo. Le finestre grafiche sono tante quante sono le stazioni connesse in rete che visualizzano, in tempo reale, l'andamento delle misure effettuate da ogni sensore e i valori di soglia per l'allarme impostati durante la calibrazione del sistema (traccia orizzontale di colore verde), salvando i risultati in distinti file di dati. Il programma interroga in sequenza (con un periodo di 5 minuti) ogni singola stazione remota attiva e connessa alla rete. Sulla finestra di ogni stazione è riportato il nome e il suo numero identificativo.

Il sistema segnala una condizione di allarme (quando la traccia di colore rosso, che rappresenta l'andamento del fattore di inondazione, supera il valore di soglia) modificando il colore del nome della stazione che dal blu passa al rosso (e viceversa quando l'allarme è cessato). Contemporaneamente, è possibile inviare un messaggio SMS di allerta a specifici destinatari (sindaci, autorità locali di pubblica sicurezza, personale di protezione civile).

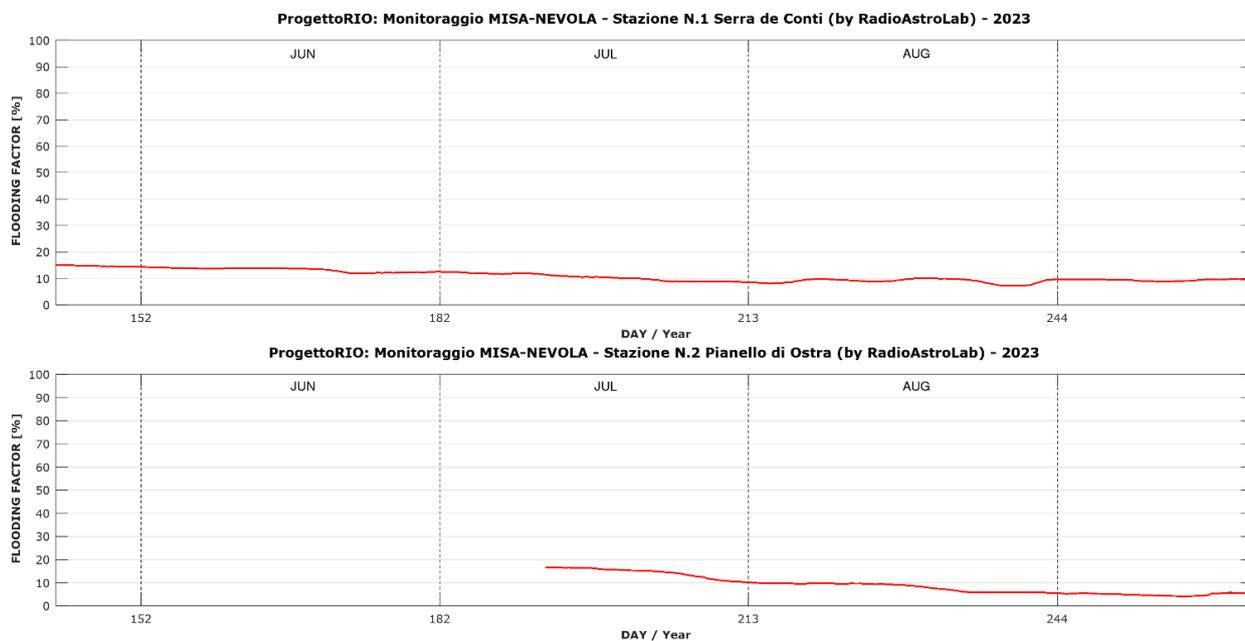


Fig. 9: Test di monitoraggio estivo effettuato dopo l'installazione delle prime due stazioni della rete *ProgettoRIO*.

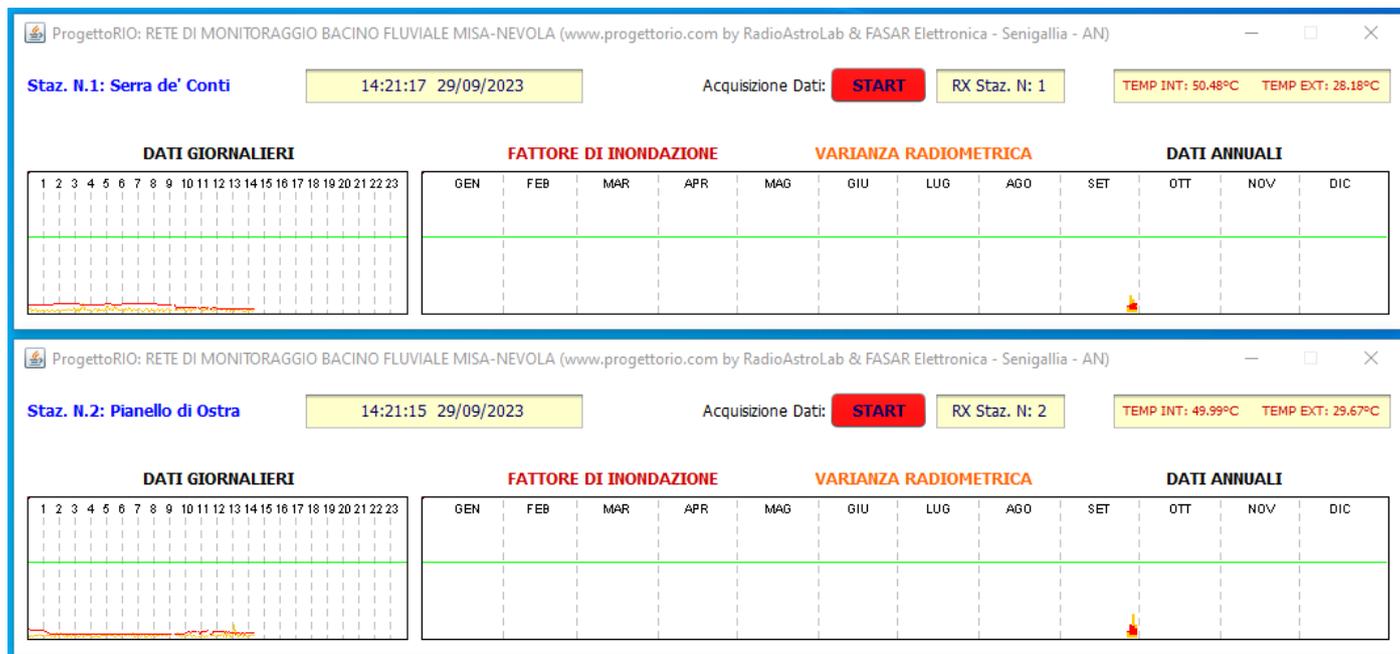


Fig. 10: Programma che gestisce la connessione via radio fra la centrale di controllo e le singole stazioni di monitoraggio del *ProgettoRIO* (fiumi Misa e Nevola), visualizzando le finestre grafiche di rappresentazione dei dati acquisiti.

Questa è la rappresentazione finale che descrive lo stato dell'ambiente fluviale e visualizza, in forma di grafici facilmente interpretabili, gli andamenti giornalieri e annuali delle misure eseguite da ogni stazione, insieme ai valori attuali delle temperature interna ed esterna dell'aria, informazioni che documentano lo stato del bacino fluviale Misa-Nevola evidenziando eventuali situazioni di pericolo.

Periodicamente il programma genera le immagini aggiornate delle finestre attive (in formato grafico .PNG) e le carica su una pagina dedicata del blog <https://www.progettorio.com/> alla quale è possibile accedere tramite autorizzazione. La pagina web si aggiorna automaticamente ogni volta che è disponibile un nuovo dato: è semplice e immediato visualizzare lo stato dell'ambiente fluviale Misa-Nevola lungo tutto il percorso visualizzando, a "colpo d'occhio", eventuali situazioni di pericolo.

Su richiesta, sono disponibili i dati storici del monitoraggio raccolti in file formato testo per ulteriori elaborazioni o lavori di ricerca.

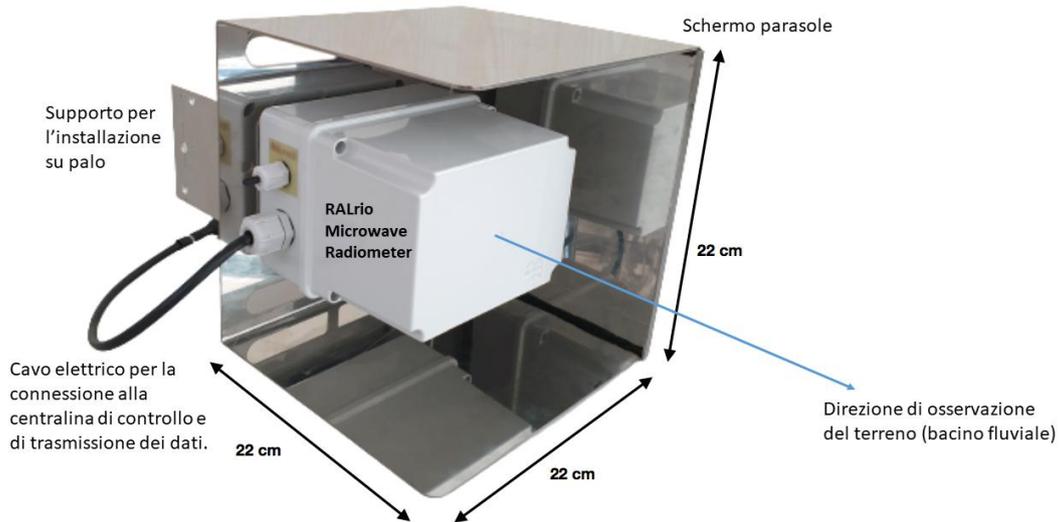
Il computer dove è installato il programma-server di monitoraggio della rete *ProgettoRIO\_TCP* è situato presso la sede delle aziende che finanziano il progetto (RadioAstroLab & Fasar Elettronica).

# Appendice

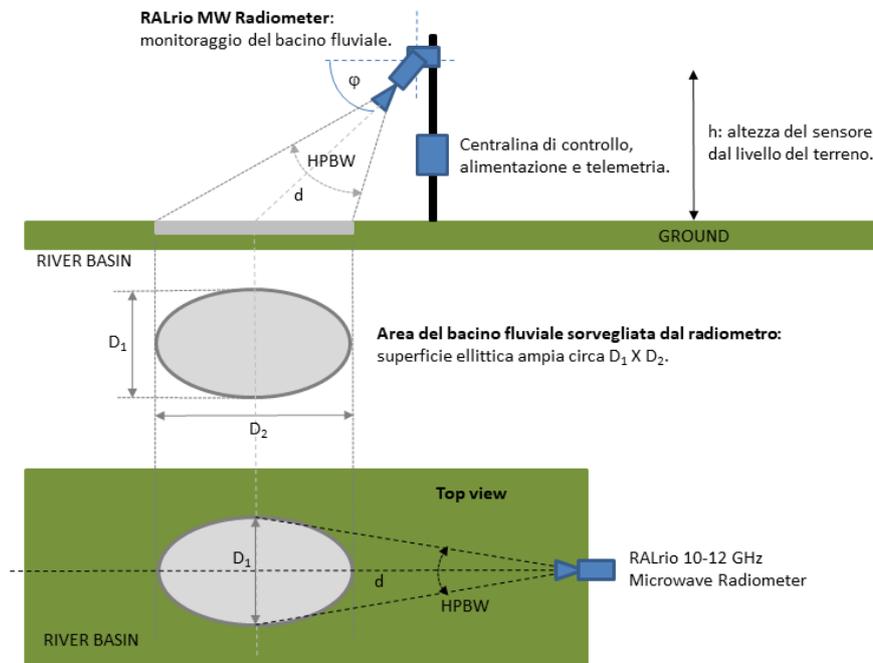
## Stazione di monitoraggio fluviale *RALrio*

Sensori radiometrici passivi a microonde  
per il monitoraggio continuo degli allagamenti di terreni.

### Sorveglianza continua del bacino fluviale: *RALrio Microwave Radiometer*



### Stazione per il Monitoraggio Fluviale *RALrio*: schema di installazione.



### Installazione e geometria di osservazione della stazione di monitoraggio.

L'estensione della superficie fluviale osservata dal sensore *RALrio*, caratterizzato da uno specifico campo di vista (beam di ricezione dell'antenna a microonde) dipende dall'altezza di installazione dello strumento rispetto al livello del terreno e dalla sua inclinazione rispetto al piano orizzontale.

I sensori *RALrio* sono speciali radiometri a microonde progettati e costruiti dall'azienda *RadioAstroLab* di Senigallia ([www.radioastrolab.it](http://www.radioastrolab.it)) che finanzia lo studio in collaborazione con *FASAR Elettronica* ([www.fasar.it](http://www.fasar.it)). Ogni singola stazione è composta da un sensore *RALrio* (che sorveglia il bacino fluviale) e da una centralina di controllo e di alimentazione (contenente il circuito elettronico di supervisione del sistema, la batteria in tampone, il radio-modem GSM/GPRS e l'unità di back-up locale dei dati).

### **Funzionamento generale della rete di monitoraggio**

L'ambiente fluviale, più in generale qualsiasi terreno esposto all'atmosfera, è sorvegliato da una rete di sensori *RALrio* che misurano continuamente le variazioni stagionali di umidità e di acqua libera eventualmente presenti (ampiezza della zona allagata) come, ad esempio, il corso del fiume e/o l'area golenale in un bacino fluviale. Gli strumenti ricevono la radiazione elettromagnetica naturale del suolo emessa per effetto della temperatura e delle interazioni energetiche fra gli atomi e le molecole costituenti, influenzata dalla presenza di acqua e di umidità, analizzando in tempo reale i dati per ottenere informazioni importanti sullo scenario osservato. Il *fattore di inondazione* dell'ambiente fluviale, ad esempio, è una grandezza definita per rappresentare le sue condizioni di allagamento e può essere monitorata costantemente per fornire indicazioni preziose sull'evoluzione giornaliera e stagionale del fenomeno, segnalando tempestivamente situazioni di pericolo per l'ambiente e per le persone.

Un sensore a microonde *RALrio* (radiometro) è basato su una misura passiva, nel senso che osserva la radiazione elettromagnetica naturale emessa da una superficie di suolo (*temperatura di brillantezza* dello scenario) per verificare la presenza, l'estensione e la dinamica di eventuali porzioni allagate: il dispositivo non emette energia in forma di impulsi a microonde analizzando le caratteristiche dei radio-echi come avviene, ad esempio, nei tradizionali sensori radar che misurano il livello delle acque in un punto specifico.

Le nostre stazioni di monitoraggio sono utili per la sorveglianza dei fiumi e dei corsi d'acqua in generale, dei terreni agricoli e degli ambienti esposti all'atmosfera suscettibili di allagamenti che possono essere danneggiati dall'eccessiva o anomala presenza di acqua dovuta a piogge o altro.

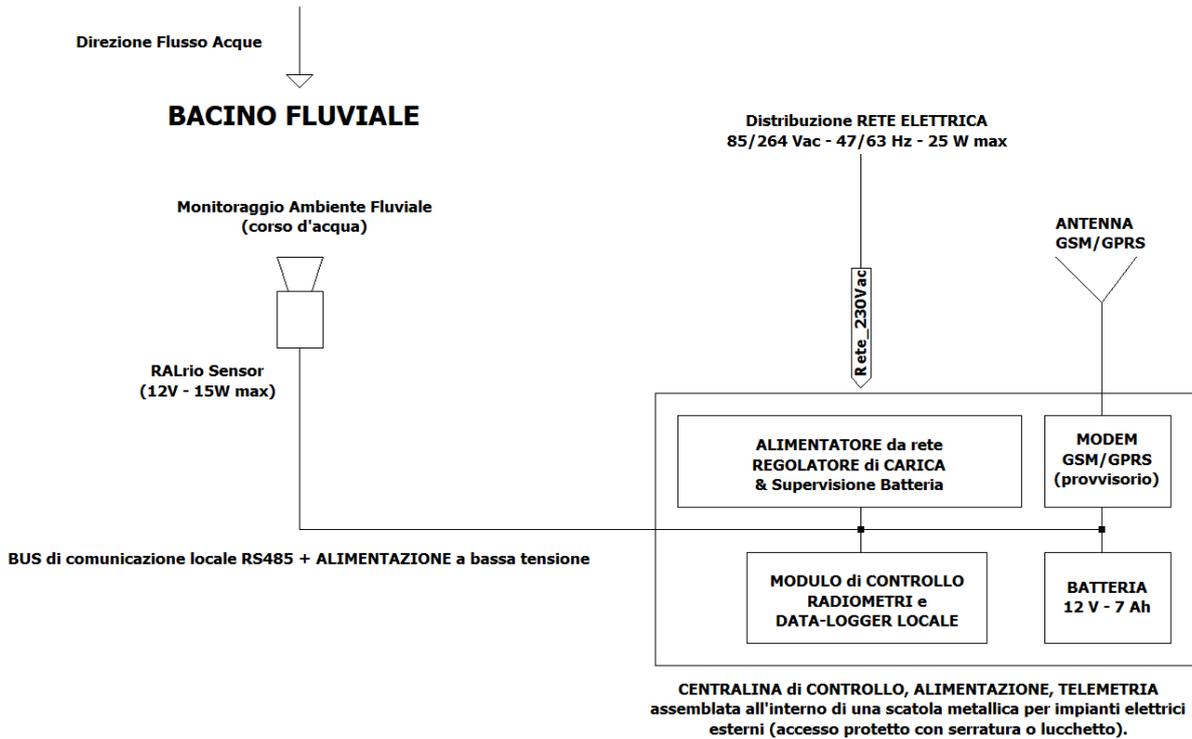
Il seguente schema mostra i componenti della stazione di monitoraggio, le linee di connessione fra i vari dispositivi interni e fornisce una indicazione di massima sui consumi elettrici di una tipica installazione.

Ogni stazione *RALrio* è alimentata dalla rete elettrica di distribuzione monofase a 230 Vac-50/60 Hz e comprende una batteria in tampone dimensionata per garantire una specificata durata operativa in caso di mancanza dell'alimentazione generale, una centralina elettronica di controllo, un radio-modem GSM/GPRS utilizzato per la telemetria (collegamento via radio in tempo reale con una centrale remota di controllo e di gestione), un data-logger per il back-up locale dei dati. Questi componenti sono assemblati all'interno di una cassetta plastica per impianti elettrici esterni con accesso protetto. All'interno della cassetta, è presente un sezionatore (con fusibili) per l'interruzione dell'alimentazione in caso di manutenzione e/o interventi di assistenza tecnica.

Dato che i sensori della stazione di monitoraggio prevedono un sistema automatico che regola e mantiene stabile la temperatura interna, i consumi elettrici indicati sono approssimativi, vicini al valore massimo: la potenza elettrica effettivamente assorbita dal sistema sarà generalmente inferiore, variabile in funzione della temperatura esterna, dell'attività del sistema di trasmissione dei dati e del dimensionamento della batteria di back-up (autonomia prevista in caso di mancanza dell'alimentazione generale).

Ogni stazione *RALrio* appartenente alla rete di monitoraggio collabora all'informazione collettiva sullo stato dell'intero percorso fluviale ed è in grado di elaborare un segnale di allarme quando il fattore di inondazione locale supera un prefissato valore di soglia. Questa indicazione può essere utilizzata per attivare segnali di allarme acustici e visivi (sirene o lampeggiatori) come allerte per la popolazione locale, indipendentemente dallo stato generale della rete. E' inoltre possibile inviare messaggi SMS telefonici verso le autorità locali e/o il personale di protezione civile. Sarà sviluppata un'applicazione per dispositivi mobili per informare la popolazione sullo stato attuale dell'ambiente fluviale.

Il radiometro RALrio sorveglia il corso d'acqua: tipicamente è installato utilizzando come supporto un palo di opportuna altezza, funzione delle caratteristiche ambientali locali (distanza dal corso d'acqua, presenza di vegetazione, alberi...). Il radiometro sarà tipicamente orientato verso il corso d'acqua (direzione lato monte) con un'inclinazione compresa fra 25 e 50 gradi rispetto al piano orizzontale.



Schema a blocchi di una singola stazione di monitoraggio fluviale *RALrio*  
(i dati sono indicativi e possono variare in funzione delle specifiche installazioni)

La presente documentazione è da considerarsi preliminare, essendo la strumentazione sperimentale: il costruttore si riserva, quando necessario, di modificare senza preavviso le caratteristiche e i parametri del sistema in modo da ottimizzarne le prestazioni e l'affidabilità in corso d'opera.

### Caratteristiche tecniche principali del Sensore Radiometrico a Microonde *RALrio*

Dimensioni esterne *RALrio*: (220 mm x 220 mm) base x 220 mm (altezza)

Tensione di alimentazione: 12 VDC – 1.2 A max.

Antenna (valori nominali): 12.5 dBi typ. main lobe magnitude

40.3° angular width (3 dB)

20.1 dB side lobe suppression.

Frequenza centrale di ricezione (commutabile): 11.165 GHz (Low Band) – 12.015 GHz (High Band)

Larghezza di banda radiometrica: 50 MHz

Polarizzazione in ricezione: Orizzontale

Elevata ripetibilità e stabilità della misura con regolatore automatico PID della temperatura interna e compensazione termica (post-elaborazione).

La risposta dello strumento è proporzionale alla temperatura di brillantezza dello scenario osservato (previa calibrazione) e alla varianza della misura radiometrica (valore RMS).

I radiometri sono controllabili da remoto e comunicano i dati acquisiti attraverso una linea seriale RS485 con protocollo di comunicazione proprietario. E' possibile interfacciare lo strumento con sistemi di controllo esterni, se equipaggiati con porta di comunicazione seriale tipo RS485.

Su richiesta, è possibile valutare l'inserimento di altri tipi di interfacce di comunicazione per soddisfare particolari esigenze.