

**ANALISI SPEDITIVA DELL'EVENTO
DEL 19-20 OTTOBRE 2024
SULLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA**



*A cura del Centro Funzionale Regionale ARPAE - Struttura Idro-Meteo-Clima,
in collaborazione con l'Area Geologia suoli e sismica della regione Emilia-Romagna*

Bologna, 26 ottobre 2024

1. Inquadramento meteorologico

Nella giornata di sabato 19 ottobre il territorio regionale è stato interessato da un'intensa perturbazione legata a una depressione sul Tirreno centro-meridionale (Figura 1). Nel corso della mattina tale configurazione ha convogliato correnti di scirocco molto umide e instabili verso il settore costiero, con forti precipitazioni anche a carattere di rovescio. I fenomeni si sono successivamente estesi anche all'entroterra emiliano, andando ad interessare in modo particolare il bolognese per poi estendersi progressivamente al modenese, fino al piacentino-parmense. Lo spostamento della zona di convergenza fra lo scirocco e le correnti di bora più fresche verso i rilievi (Figura 2) ha determinato una progressiva intensificazione delle piogge e la persistenza dei fenomeni sulla zona urbana e le prime colline intorno alla città di Bologna, dalla prima serata di sabato 19 fino alle prime mattina di domenica 20 ottobre.

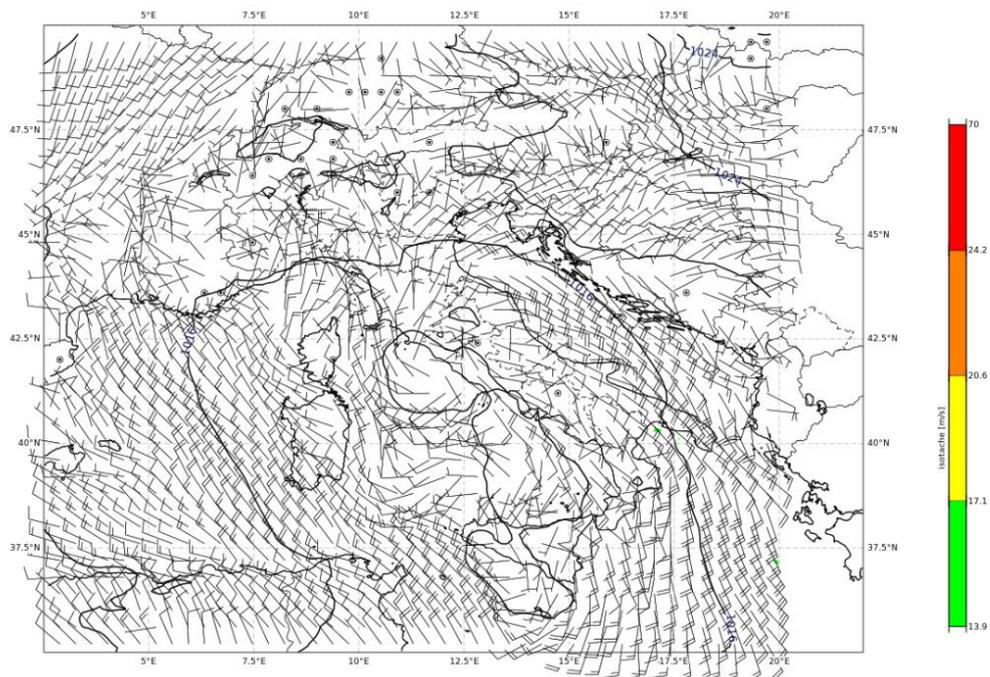


Figura 1: Situazione meteorologica al suolo del 19 ottobre 2024 ore 12:00 UTC. Le linee nere rappresentano la pressione al suolo, le barbe indicano direzione di provenienza e l'intensità del vento. Si nota il ciclone al suolo presente sul Tirreno centrale, evidenziato dalla rotazione ciclonica dei venti dalla isobara chiusa

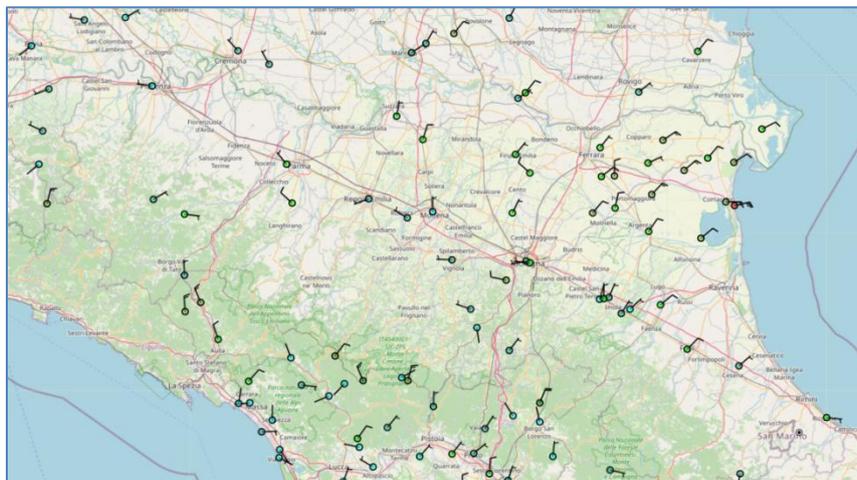


Figura 2: Situazione meteorologica al suolo del 19 ottobre 2024 ore 16:00 UTC. Direzione e intensità del vento osservata nelle stazioni della rete fiduciaria regionale. Si nota la convergenza dei venti da est-sud-est con quelli da nord-est sulla pianura ferrarese, a loro volta in convergenza con quelli da nord-ovest sulla zona pedecollinare bolognese.

1.1 Evoluzione meteorologica alla mesoscala

L'analisi dell'evoluzione dei segnali radar della rete regionale, disponibile ogni 5 minuti, mostra bene la variazione della zona di convergenza fra le varie masse d'aria che ha determinato lo spostamento della banda di precipitazioni più intense verso l'Appennino. In Figura 3 vengono mostrati alcuni istanti più significativi dell'evoluzione dei fenomeni durante la giornata del 19 ottobre: la mattina le precipitazioni a carattere temporalesco o di rovescio forte (corrispondenti ai colori rossi) si trovano sulla pianura ferrarese, nelle ore centrali sono allineati lungo la costa, con un massimo nella zona di Cesenatico, mentre nel pomeriggio sera, seppur di minore estensione, si trovano allineati lungo la fascia collinare bolognese e comunque inseriti in una vasta zona di precipitazioni moderate-forti e continue (fascia arancione). Dalle prime ore del 20 ottobre le precipitazioni si sono andate progressivamente spostando verso ovest insistendo ancora sulla collina del settore occidentale della regione, per poi attenuarsi definitivamente.

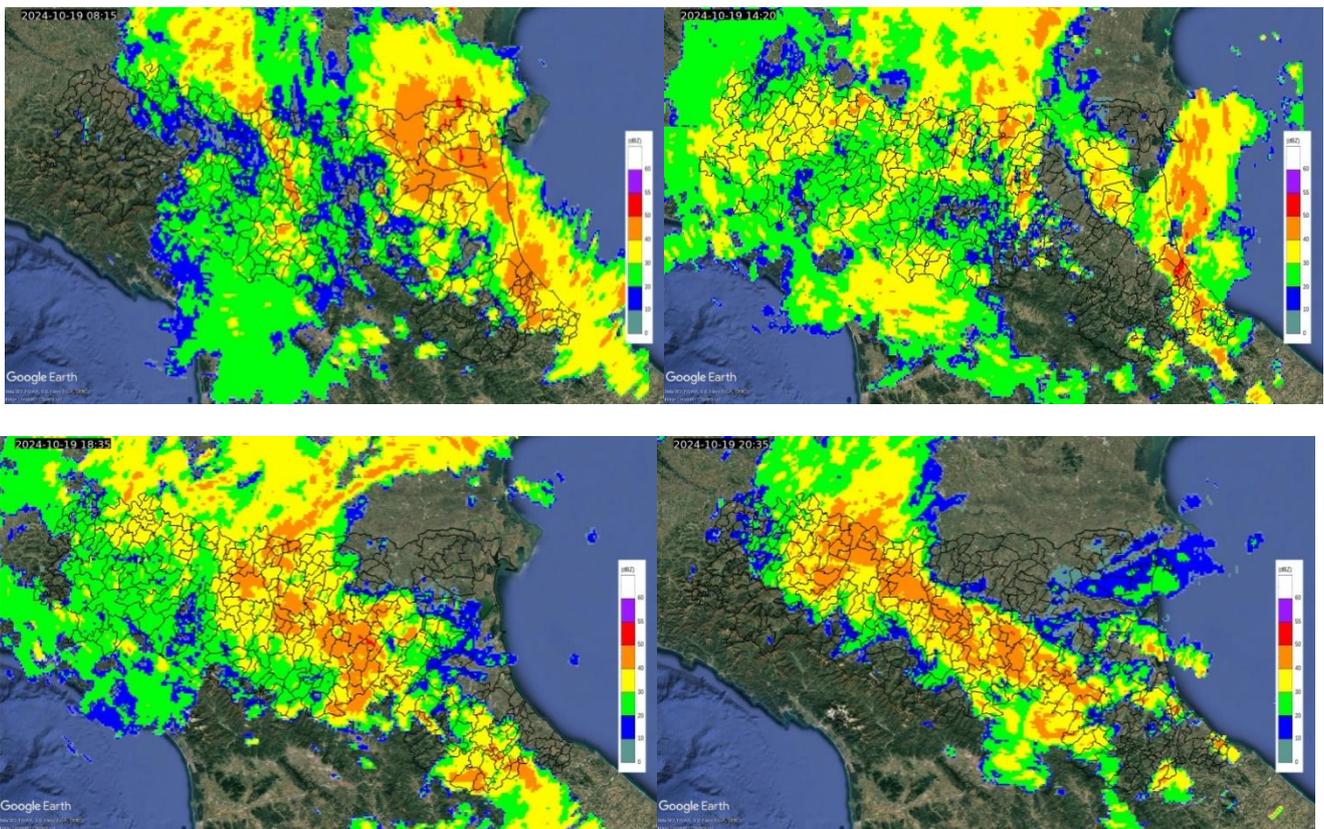


Figura 3: Mappa di riflettività del composito della rete radar regionale del 19 ottobre 2024 alle ore 10:15 (8:15 UTC, in alto a sinistra) alle ore 16:20 (14:20 UTC in alto a destra), alle ore 20:35 (18:35 UTC, in basso a sinistra) e alle ore 22:35 (20:35 UTC in basso a destra). Si osserva come nella mattina e fino al primo pomeriggio le precipitazioni più intense siano rimaste confinate lungo la fascia costiera e pianura ferrarese, con valori di riflettività elevati, corrispondenti a temporali con rovesci molto intensi, spesso superiori ai 30-40 mm/ora.

2. Analisi pluviometrica

Come descritto nel precedente paragrafo, le precipitazioni più intense ed elevate del 19 ottobre si sono registrate al mattino sul Ferrarese e sulla costa Cesenate, nel pomeriggio-sera sulla collina Bolognese e nella sera-notte sulle colline del Reggiano-Parmense.

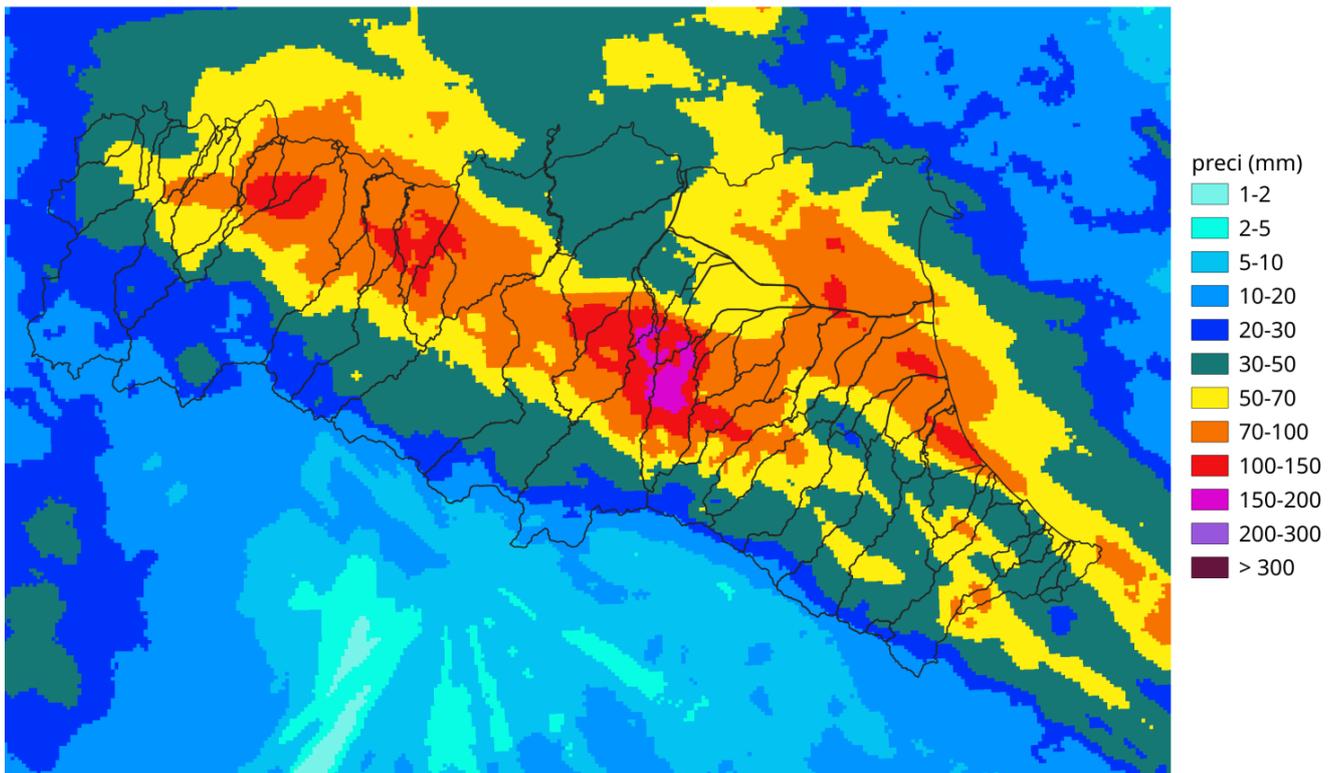


Figura 4: Precipitazioni cumulate nelle 24 ore centrali dell'evento sui bacini della regione Emilia-Romagna, dai dati pluviometrici spazializzati con l'aggiustamento radar, dalle ore 6 di sabato 19 alle ore 6 di domenica 20 ottobre 2024.

La Figura 4, che illustra le precipitazioni cumulate sulle 24 ore centrali dell'evento, dalle 6 del 19 ottobre 2024 alle 6 del 20 ottobre 2024, ottenute dai dati pluviometrici spazializzati con l'aggiustamento radar, mostra chiaramente i nuclei di precipitazione più elevata, superiori ai 100 mm sul Ferrarese, sulla costa Cesenate e sul Reggiano-Parmense, superiori ai 150 mm sulla collina bolognese.

I dati di pioggia cumulata riportati nella Tabella 1, mostrano valori intorno ai 100-130 mm su tutti i pluviometri del bacino del Samoggia, superiori ai 160 mm/24 ore sui pluviometri della porzione collinare di Savena e Idice, e valori tra i 130 e 160 mm/24 su tutti i pluviometri del territorio del comune di Bologna, afferenti a piccoli bacini collinari (Ravone, Aposa) e al canale Navile-Savena abbandonato, che drena le acque di pioggia della zona urbana della città.

Confrontando l'evento del 19 ottobre 2024 con i dati di precipitazione giornaliera sulla regione Emilia-Romagna dal 1961 ad oggi, contenuti nel dataset Eraclito, risulta che **la precipitazione mediamente caduta sul territorio del comune di Bologna rappresenta il record assoluto di pioggia giornaliera dal 1961**, mentre **la precipitazione mediamente caduta sui bacini di Idice e Samoggia rappresenta il quarto valore più alto delle rispettive serie, dopo il 19 settembre 2024, il 2 maggio 2023 e il 4 novembre 1966** (alluvione di Firenze).

In particolare **sulla collina bolognese**, che ha registrato valori omogenei su tutti i quattro pluviometri presenti (Bologna S. Luca, Paderno, Casalecchio canale, Villa Ghigi), **l'evento di pioggia del 19 ottobre risulta il più alto mai registrato dall'inizio del 1900 ad oggi**, superiore al grande nubifragio del 21 luglio 1932, nel quale la stazione di Bologna S. Luca registrò 134 mm di pioggia e le fonti storiche riportarono lo straripamento dei

torrenti Aposa, Ravone, Meloncello, nonché gravi danni in tutta la parte pedecollinare della città. La pioggia giornaliera del 19 ottobre 2024 è prossima anche al dato massimo in 24h dalla serie centenaria (dal 1922) di Bologna S. Luca, pari a 150 mm/24 ore, registrato il 27 settembre 1928.

Uno studio sul rischio idraulico nella collina bolognese, condotto da ARPAE-SIMC nel 2013, contiene un'analisi di maggior dettaglio sulla pluviometria ed il rischio idraulico dei piccoli corsi d'acqua che vi scorrono. (https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/altri-report/report_rischioidraulico_ravone.pdf/view).

Tabella 1: Precipitazioni cumulate su 24 ore dalle ore 6 (4 UTC) di sabato 19 alle ore 6 (4 UTC) di domenica 20 ottobre 2024 maggiori di 100 mm, ordinati per quantità osservata.

PREC (mm)	STAZIONE	COMUNE	PROVINCI A	BACINO
180.8	Pianoro	Pianoro	BO	Idice
168.4	Casalecchio Canale	Casalecchio Di Reno	BO	Reno
167.6	Monte Ceresa	Pianoro	BO	Idice
162.5	Paderno	Bologna	BO	Ravone
159.4	S. Ruffillo Savena	Bologna	BO	Idice
153	Villa Ghigi	Bologna	BO	Aposa
149	Casalecchio Canonica	Casalecchio Di Reno	BO	Reno
148.4	Bologna San Luca	Bologna	BO	Reno
143.4	Bologna Urbana	Bologna	BO	Navile - Savena Abbandonato
138.8	Bologna Idrografico	Bologna	BO	Navile - Savena Abbandonato
138.8	Zola Predosa	Zola Predosa	BO	Samoggia
138.6	Sasso Marconi Arpa	Sasso Marconi	BO	Reno
135.8	Lavino Di Sopra	Zola Predosa	BO	Samoggia
133.8	Mesola	Cesenatico	FC	Pianura tra Savio e Rubicone
125	Canocchia Botte Monte	Bologna	BO	Pianura Reno
125	S. Martino In Casola	Monte San Pietro	BO	Samoggia
123.4	Due Tigli	Cesenatico	FC	Pianura tra Savio e Rubicone
118.8	Fondo Martignone	Valsamoggia	BO	Samoggia
118.6	Bazzano	Valsamoggia	BO	Samoggia
117	Borgo Tossignano	Borgo Tossignano	BO	Santerno
115.8	Gainago	Torrile	PR	Pianura fra Parma ed Enza
112.6	Anzola	Anzola Dell'Emilia	BO	Samoggia
111.6	La Vezza	Fontevivo	PR	Taro
108.8	Parma Urbana	Parma	PR	Pianura Fra Parma Ed Enza
108.5	Fidenza	Fidenza	PR	Taro
107.5	S. Pancrazio	Parma	PR	Pianura fra Taro e Parma
107.2	S. Clemente	Castel San Pietro Terme	BO	Sillaro
105	Cavriago	Cavriago	RE	Crostolo
104.8	Zibello	Polesine Zibello	PR	Pianura fra Ongina e Taro
102	Monte San Pietro	Monte San Pietro	BO	Samoggia

Dall'andamento delle precipitazioni orarie registrate dai pluviometri della prima collina bolognese, illustrato in Figura 5, è possibile osservare intensità superiori ai 20-40 mm/ora tra le 20 e le 23 del 19 ottobre, con valori di 74 mm/3 ore registrati a Paderno, e di 112 mm/4 ore registrati a Pianoro. La stazione Pianoro ha fatto registrare non solo la massima cumulata nell'evento, ma anche la massima intensità oraria, con 35,2 mm/ora fra le 20 e le 21 del 19 ottobre.

Le stime preliminari sull'eccezionalità dell'evento (rispetto al clima passato) indicano dei tempi di ritorno maggiori di 100 anni per le precipitazioni cumulate di durata 24 ore e valori superiori ai 200 anni per le

precipitazioni cumulate di durata 6 ore e 12 ore, con particolare riferimento sul bacino dell'Idice e del suo affluente Savena.

Confrontando i dati orari con il dataset storico risulta che mediamente, sul territorio del comune di Bologna e sui bacini di Samoggia e Idice, sono caduti in 6 ore, tra le 17 e le 23 del 19 ottobre, circa due terzi del valore climatico mensile atteso nel mese di ottobre (1991-2020).

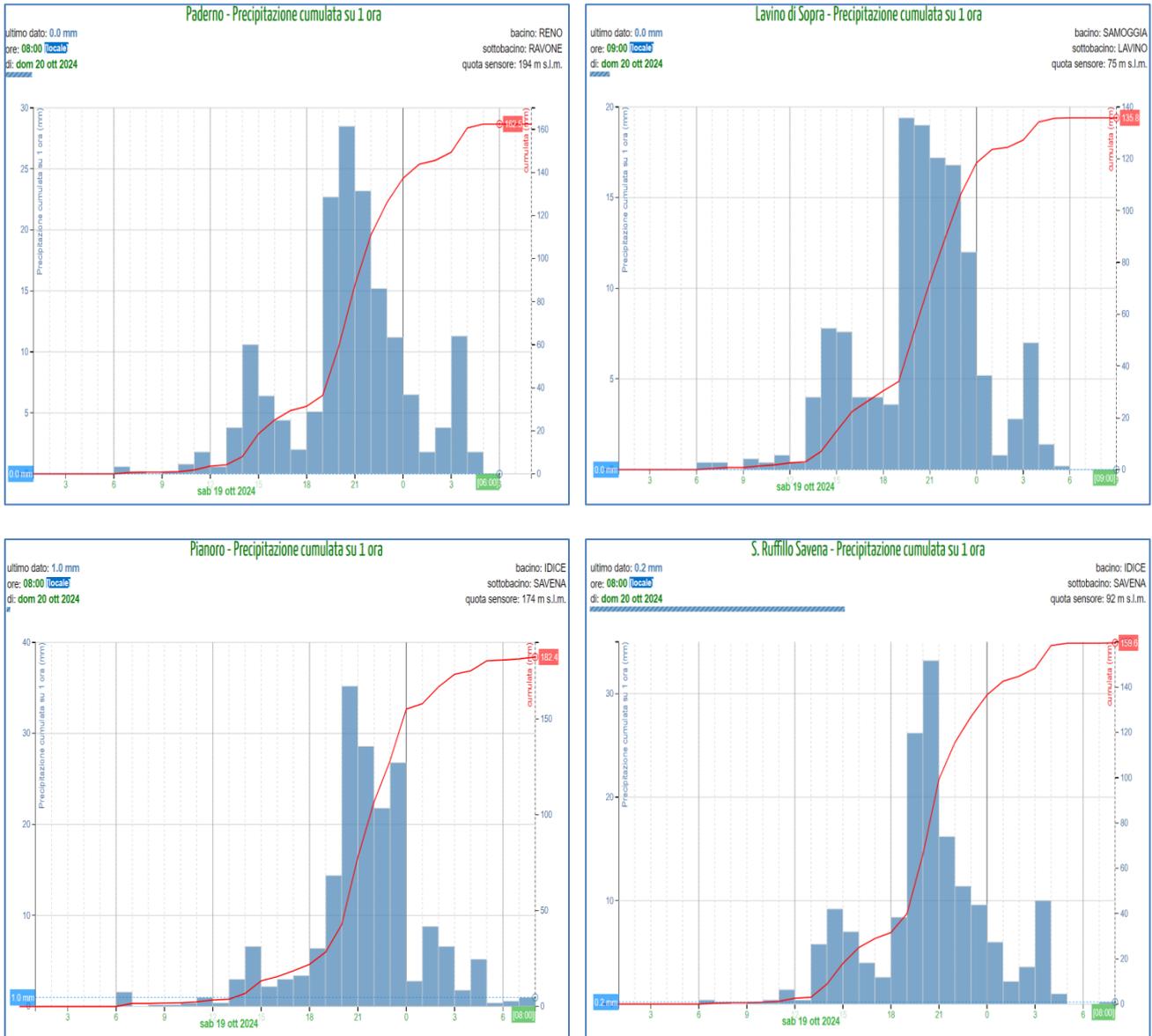


Figura 5: Andamento delle precipitazioni orarie e cumulate più significative dell'evento registrate dai pluviometri della collina bolognese: Paderno (bacino Reno – sottobacino Ravone), Lavino di Sopra (bacino Samoggia – sottobacino Lavino), Pianoro (bacino Idice – sottobacino Savena) e San Ruffillo (bacino Idice – sottobacino Savena).

3. Analisi dei principali fenomeni di piena

L'evento di precipitazione in esame è occorso al termine di un inizio autunno particolarmente piovoso, con precipitazioni cumulate registrate dall'1 settembre al 18 ottobre superiori ai 300 mm su tutto l'Appennino, superiori a 400-500 mm nel settore collinare centro-orientale e superiori ai 600 mm nelle zone di crinale centro-occidentale (vedi Figura 6).

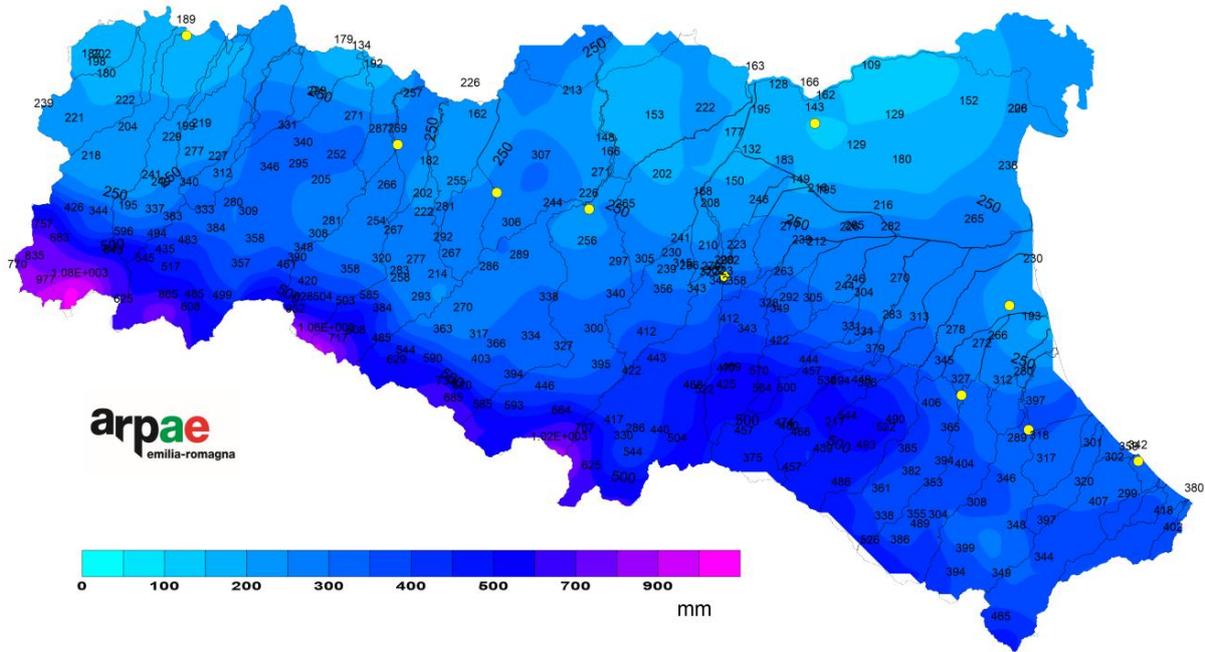


Figura 6: Precipitazione cumulata registrata sulla regione Emilia-Romagna dall'1 settembre al 18 ottobre 2024.

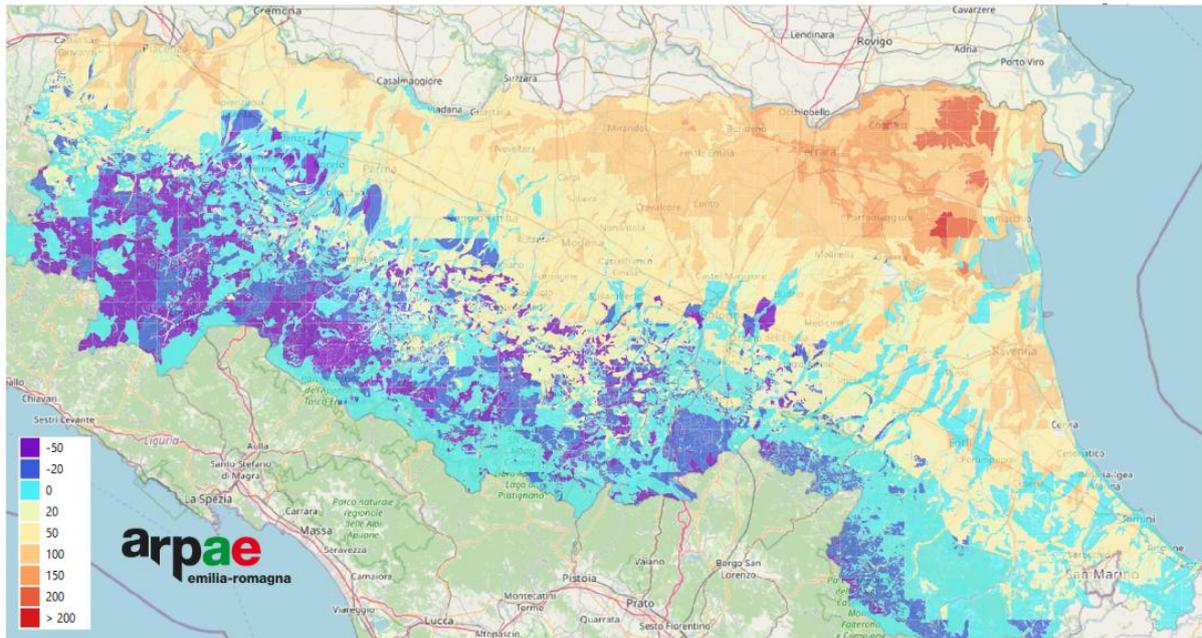


Figura 7: Mappa del deficit alla capacità di campo (mm) simulato con il modello agro-idrologico CRITERIA-1D - simulazione del 19 ottobre 2024 alle 00:00 sul profilo di 1 m di suolo.

Nella mappa in Figura 7 è illustrato il deficit alla capacità di campo dei suoli sul territorio regionale, simulato con il modello agro-idrologico CRITERIA-1D, che esprime il volume di acqua in mm che il suolo può trattenere, prima che si verifichino trasferimenti di acqua libera per drenaggio e ruscellamento. Le condizioni prossime allo 0 o negative (fino a oltre -50 mm) su tutta la fascia appenninica e le zone collinari da Piacenza alla Romagna mostrano chiaramente come il 19 ottobre il suolo fosse già saturo o vicino alla saturazione.

Nelle 48 ore immediatamente precedenti l'evento in esame inoltre, una perturbazione proveniente da sud-ovest, con precipitazioni intense sul crinale appenninico, aveva generato piene su tutti i corsi d'acqua del settore centrale della regione, dal Secchia al Santerno, con livelli idrometrici importanti su Samoggia, Savena, Idice, Sillaro, e soprattutto sul Reno.

In queste condizioni iniziali, la persistenza di intense precipitazioni nella notte tra il 19 ed il 20 ottobre, ha generato nuovi incrementi dei livelli idrometrici sull'esaurimento delle piene ancora in atto nei tratti vallivi dei corsi d'acqua, con nuovi colmi di piena prossimi o superiori ai massimi livelli storici registrati nel recente maggio 2023, superiori anche i massimi valori misurabili dagli strumenti stessi in alcune sezioni di Samoggia, Reno, Idice e Sillaro. In particolare sui rii e torrenti minori della prima collina bolognese si sono registrati rapidissimi innalzamenti dei livelli idrometrici, anche di alcuni metri in poche ore, accompagnati da esondazioni, allagamenti diffusi, erosioni, trasporto solido, a carico dei centri abitati e della viabilità principale e secondaria. Anche sul torrente Crostolo si è registrata una piena elevata, con alcune rotte che hanno allagato la pianura circostante.

Nei successivi paragrafi verranno analizzati i dati relativi ai principali fenomeni di piena osservati sui fiumi e torrenti dotati di strumenti in telemisura. L'ubicazione degli strumenti idrometrici citati sui diversi corsi d'acqua, rispetto ai bacini e ai corsi d'acqua del territorio regionale, è consultabile sul portale AllertameteoER (<https://allertameteo-utenti.regione.emilia-romagna.it/livello-idrometrico>).

3.1. La piena del torrente Ravone a Bologna

La piena del torrente Ravone merita una descrizione a se in quanto, nonostante le sue piccolissime dimensioni (bacino di circa 7 kmq, per una lunghezza complessiva di 18 km), esso scorre tombato sotto la zona urbana ovest di Bologna, da Via di Ravone fino a Via della Ghisiliera, attraversando i quartieri Saragozza, Costa, Saffi. Per questa ragione dal 2013 è stato oggetto di monitoraggio e studi sperimentali da parte di ARPAE-SIMC.

I primi innalzamenti dei livelli idrometrici sul torrente Ravone si sono registrati nel pomeriggio del 19 settembre, a seguito delle prime piogge inferiori ai 10 mm/ora cadute sul bacino montano (Stazione di Paderno, Figura 5), che in condizioni di suolo totalmente saturo hanno determinato livelli superiori alla soglia di attenzione all'idrometro di Ravone, posto immediatamente a monte dell'imbocco della tombatura del torrente. Dall'andamento dei livelli idrometrici illustrato in Figura 8 è possibile osservare come già le deboli precipitazioni occorse tra il 17 ed il 18 ottobre avessero determinato un modesto evento di piena sul torrente, ancora in fase di esaurimento.

A partire dalle ore 19 circa, quasi contemporaneamente all'impulso di precipitazione intensa, l'idrometro di Ravone ha registrato un incremento di oltre tre metri in una sola ora (vedi Figura 8) per poi venire sommerso dalla piena, che ne ha interrotto il funzionamento. L'esondazione nel punto a monte della tombatura ha raggiunto un'altezza massima di circa due metri sopra lo scatolare, rilevata da traccia visiva.

La piena ha quindi percorso il tratto tombato che attraversa la città in condizioni di forte pressione, causando numerose rotture al canale stesso con conseguenti estesi allagamenti nella zona tra Via Saragozza e Via Andrea Costa. Nonostante le copiose esondazioni a monte e nei tratti stradali aperti, come in Via Montenero e Via della Ghisiliera, a valle di Via del Chiù la piena è fuoriuscita dall'alveo in vari punti, allagando l'area dei Prati di Caprara e l'importante sottopasso stradale di Viale Sabena nell'area dell'Ospedale Maggiore, che è stato completamente sommerso.

Lo sfioro di emergenza del torrente Ravone sul Canale di Reno, sotto Via Sabotino, ha inoltre contribuito a riempire il canale di Reno, dove già confluiscono molti altri rii collinari, determinandone l'esondazione in Via Riva di Reno, nell'area del cantiere del tram.

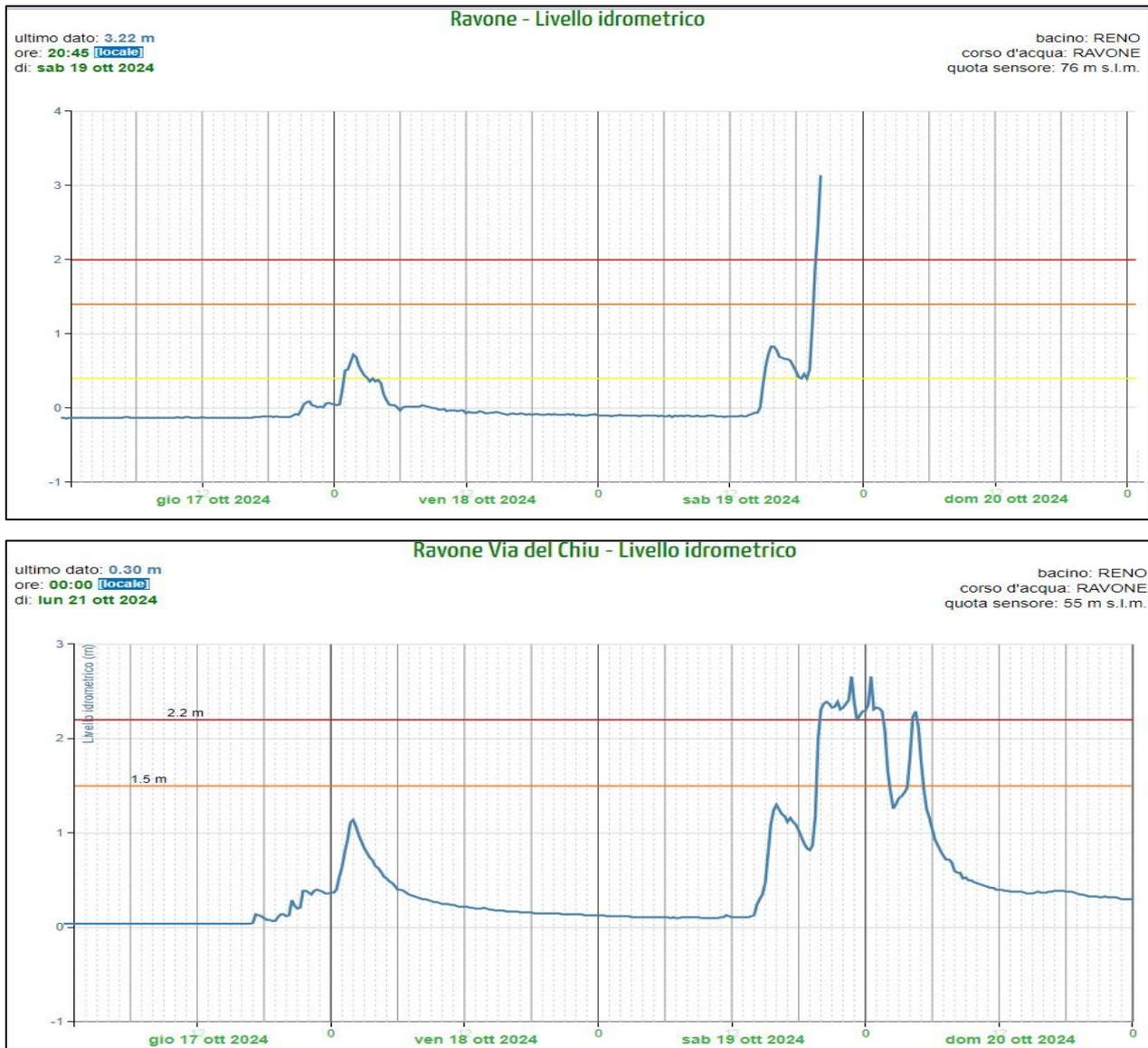


Figura 8: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del torrente Ravone (dati non validati).

3.2. La piena del fiume Reno e del suo affluente Samoggia

Come è possibile osservare negli idrogrammi di piena illustrati nella Figura 9, il torrente Samoggia, affluente collinare in sinistra del fiume Reno, si trovava il 19 ottobre in fase di esaurimento della piena che il giorno precedente aveva fatto registrare livelli al colmo prossimi alla soglia 3. In condizioni quindi di suoli completamente saturi e livelli ancora alti nel tratto vallivo, le intense precipitazioni della sera-notte del 19 ottobre (vedi Figura 5) hanno determinato rapidi fenomeni di piena, con colmi che hanno superato i massimi storici, recentemente registrati il 17 maggio 2023, in tutte le sezioni (vedi Tabella 2). Numerose esondazioni sono state segnalate su Samoggia, Lavino e Ghironda, nei comuni di Valsamoggia e Anzola nell'Emilia.

Nel tratto arginato, sebbene il colmo di piena di Samoggia sia stato parzialmente laminato dallo sfioro nella cassa di espansione delle Budrie, nella sezione di Forcelli posta a valle della confluenza con Lavino e Ghironda, la piena ha superato il massimo livello misurabile dallo strumento (vedi Figura 9), superiore al massimo storico registrato dal 1986.

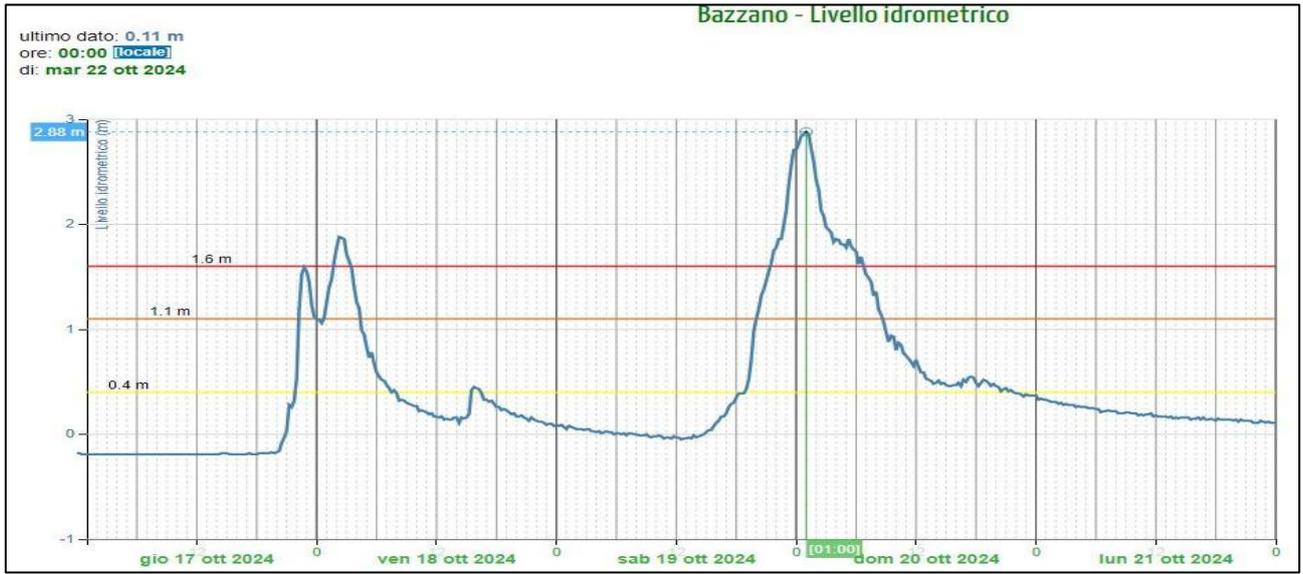


Figura 9: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del torrente Samoggia e del suo affluente Lavino (dati non validati).

Tabella 2: Punte massime registrate nella piena del Samoggia e dei suoi affluenti Lavino e Ghironda, durante la piena del 19-20 ottobre 2024. In rosso i livelli superiori alle soglie 3 (dati validati - ora solare).

Torrente SAMOGGIA								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
BAZZANO	26,8	26,8	0,40	1,10	1,60	2,90	20/10/2024 00:00	max dal 1986
CALCARA	8,8	35,6	2,20	3,00	4,00	>4,66	20/10/2024 03:00	max dal 1986/strumento in finestra di misura
PALTRONE	5,8	41,4	36,50	37,70	38,70	>38,07	20/10/2024 06:00	strumento in finestra di misura
confluenza Lavino	6,9	48,3						
FORCELLI	0,8	49,1	9,50	11,50	13,30	>13,98	20/10/2024 03:00	max dal 1986/strumento in finestra di misura
sbocco in Reno	9,9	59,0						
Torrente GHIRONDA								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0	0,0						
ANZOLA	7,5	7,5	37,40	38,00	39,00	39,32	20/10/2024 01:00	max dal 1986
sbocco in Lavino	8,7	16,2						
Torrente LAVINO								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
LAVINO di SOPRA	21,5	21,5	8,80	9,80	11,00	11,60	19/10/2024 23:30	max dal 1986
LAVINO di SOTTO	11,5	33,0	9,00	11,40	13,00	13,30	20/10/2024 00:30	max dal 1986
sbocco in Samoggia	0,2	36,5						

L'elevata piena di Samoggia, transitata a Forcelli nella notte tra il 19 ed il 20 ottobre, entrando nel tratto vallivo di Reno prima dell'onda proveniente dal Reno montano, ha determinato una nuova onda sulla coda della piena precedente, che nella sezione di Cento era appena scesa sotto la soglia 2 (vedi Figura 10).

Le intense precipitazioni sul settore collinare del bacino hanno determinato un'ulteriore onda di piena sul Reno, che nella sezione di Casalecchio Chiusa, sulla coda dell'elevata piena precedente, ha raggiunto un nuovo colmo prossimo alla soglia 2 nelle prime ore del 20 ottobre (vedi Figura 10). Più a valle il colmo di piena del Reno è stato parzialmente laminato dallo sfioro nella cassa di espansione di Boschetto, sommandosi poi, a valle della confluenza, alla piena proveniente da Samoggia.

Il colmo di piena registrato a Cento, prossimo alla soglia 3, ha reso necessaria la manovra di scolmo al Cavo Napoleonico, al fine di limitare l'altezza della piena nel tratto arginato a valle di Opera Reno. Occorre sottolineare in questa sede che sebbene la piena del 18 ottobre avesse determinato un livello a Cento significativo, alla luce della previsione di un nuovo colmo superiore per la giornata del 20, l'Agenzia di Protezione Civile aveva deciso di rimandare la manovra di scolmo, al fine di sfruttare al massimo la limitata capacità di invaso del Cavo Napoleonico, vista l'impossibilità di scaricare i volumi scolmati dal Reno nel fiume Po, anch'esso interessato da una piena elevata.

Il 20 ottobre quindi, nonostante i margini limitati, l'Agenzia di Protezione Civile (Ufficio Territoriale di Bologna) ha condotto un'efficace manovra di scolmo della piena di Reno nel Cavo Napoleonico, che ha limitato il più possibile lo sfioro controllato della piena in prossimità della sezione del Gallo, dove è stato registrato il massimo livello storico dal 1986 (vedi Figura 10). Lo sfioro in sinistra nel canale della Cembalina, avvenuto per il tempo in cui l'idrometro del Gallo ha rilevato livelli superiori alla soglia 3, è avvenuto pertanto in sicurezza, smaltendo le acque attraverso il sistema dei canali di bonifica del ferrarese.

Nella Tabella 3 sono riportate le massime altezze al colmo di piena registrate nelle sezioni teleidrometriche del fiume Reno da monte a valle il 20-21 ottobre 2024, con l'indicazione dei massimi storici superati.

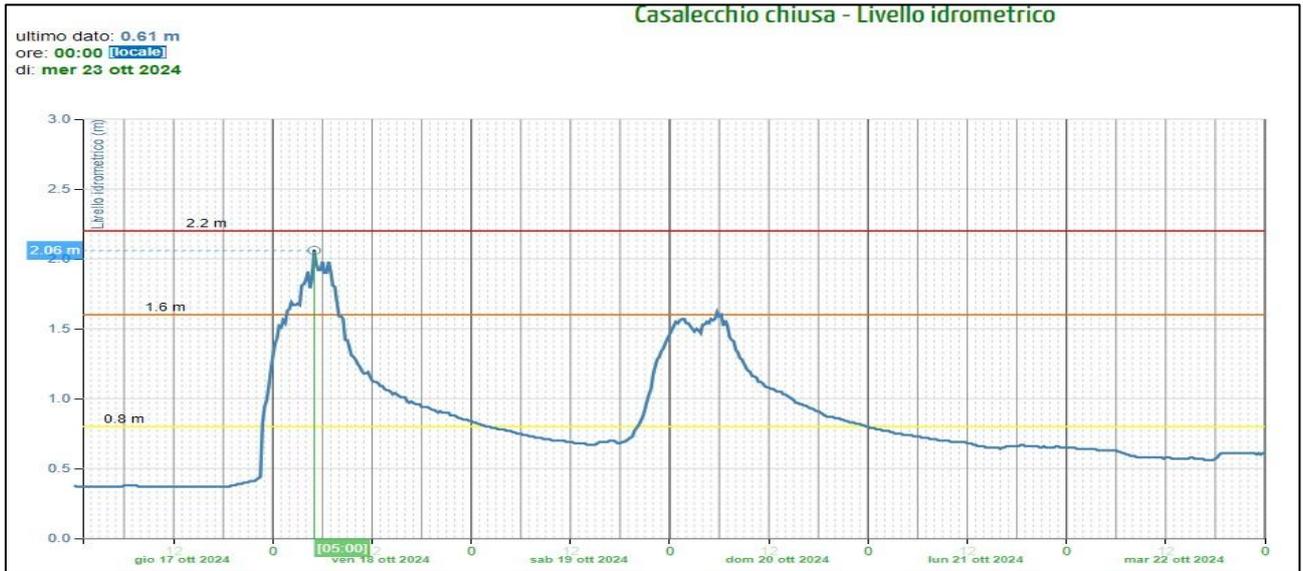


Figura 10: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del fiume Reno (dati non validati).

Tabella 3: Punte massime registrate nella piena del Reno il 20-21 ottobre 2024. In arancio i livelli superiori alle soglie 2, in rosso quelli superiori alle soglie 3 (dati validati - ora solare).

Fiume RENO								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
PRACCHIA	12,4	12,4	1,00	1,30	2,30	0,28	livello medio	
PORRETTA	13,5	25,9	9,70	11,00	13,00	9,60	20/10/2024 03:00	
confluenza Silla	3,0	28,9						
VERGATO	17,1	46,0	1,50	3,00	5,00	2,41	20/10/2024 02:00	
confluenza Setta	19,6	65,6						
CASALECCHIO CHIUSA	11,8	77,4	0,80	1,60	2,20	1,62	20/10/2024 05:00	
CASALECCHIO Tiro a Volo	1,2	78,6	0,70	2,30	3,40	2,06	20/10/2024 05:00	
BONCONVENTO	16,8	95,4	7,50	10,00	11,50	11,81	20/10/2024 09:00	
SOSTEGNO	8,1	103,5	23,90	26,50	28,20	28,78	20/10/2024 12:30	
confluenza Samoggia	2,5	106,0						
CENTO	5,1	111,1	5,50	7,00	8,70	8,69	20/10/2024 13:30	
DOSSO	6,5	117,6	8,30	10,80	12,30	11,22	20/10/2024 13:00	
OPERA RENO	2,3	119,9	20,00	21,80	23,40	22,48	20/10/2024 13:00	
GALLO	15,9	135,8	9,30	12,00	13,70	14,07	21/10/2024 05:00	max dal 1986
confluenza Navile	4,0	139,8						
GANDAZZOLO	4,6	144,4	12,50	14,80	17,00	17,76	21/10/2024 07:30	max dal 1986
BECCARA N.	21,3	165,7	8,50	11,00	14,00	11,10	20/10/2024 09:00	
confluenza Idice-Sillaro	2,8	168,5						
BASTIA	0,3	168,8	8,3	10,7	13,0	10,92	20/10/2024 09:00	
confluenza Santerno	6,9	175,7						
confluenza Senio	11,4	187,1						
sbocco in mare	17,9	205,0						

3.3. La piena del fiume Idice e dei suoi affluenti Savena e Quaderna

Così come il Samoggia ed il Reno, anche il fiume Idice il 19 ottobre si trovava in fase di esaurimento della piena del giorno precedente e di suoli completamente saturi. Come è possibile osservare nella mappa delle precipitazioni cumulate dell'evento in Figura 4, sulla porzione collinare del bacino si sono registrate le massime precipitazioni dell'evento, che nella notte tra il 19 ed il 20 ottobre hanno determinato colmi di piena alla chiusura dei bacini montani superiori ai massimi storici recentemente registrati il 17 maggio 2023 (vedi Figura 11 e Tabella 4). In particolare nella sezione di Pizzocalvo si valuta che la piena abbia superato abbondantemente il livello massimo misurabile dall'idrometro, mentre a Castenaso il colmo ha raggiunto il massimo livello storico di 13,72 m, per il quale si stima una portata di circa 560 mc/sec. La piena di Idice si è successivamente propagata verso valle mantenendo livelli idrometrici elevati.

Nel primo tratto vallivo, interessato da recenti lavori di ripristino arginale a seguito delle piene di maggio 2023 e settembre 2024, si sono verificate delle rotture arginali nella zona di Budrio, in prossimità della finestra di tracimazione controllata mantenuta a seguito dei lavori, dove la popolazione era stata preventivamente evacuata. Anche la piena del torrente Quaderna, affluente pedecollinare che confluisce in Idice nell'ultimo tratto vallivo, ha registrato colmi di piena superiori alle soglie 3 e prossimi ai livelli raggiunti il 17 maggio 2023, nonché una rotta arginale tra Budrio e Medicina.

Nell'ultimo tratto vallivo, considerati gli elevati livelli e la difficoltà di scarico dell'Idice al nodo di Bastia, interessato dalle contemporanee piene di Sillaro e Reno, l'Agenzia di Protezione Civile (Ufficio Territoriale di Bologna) ha effettuato ulteriori operazioni di laminazione della piena, utilizzando le casse di colmata presenti in sinistra, tramite apertura preventiva delle chiaviche corrispondenti, riducendo la pericolosità in tutto il tratto arginato.

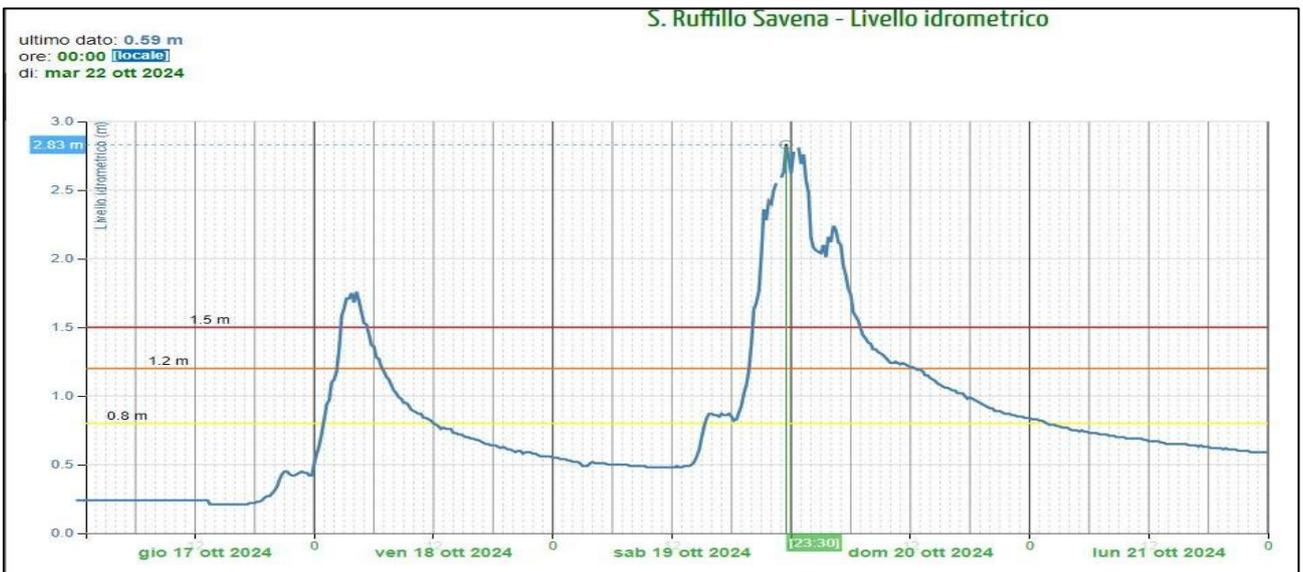


Figura 11: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del torrente Idice e del suo affluente Savena (dati non validati).

Nella Tabella 4 sono riportate le massime altezze al colmo di piena registrate nelle sezioni teleidrometriche del fiume Idice e dei suoi affluenti Savena e Quaderna con l'indicazione dei massimi storici superati.

Tabella 4: Punte massime registrate nella piena di Idice e dei suoi affluenti Savena e Quaderna, del 19-20 ottobre 2024. In arancio i livelli superiori alle soglie 2, in rosso quelli superiori alle soglie 3 (dati validati - ora solare).

Torrente SAVENA vivo								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
LOIANO - Ponte Savena	15,0	15,0	1,00	1,50	2,00	1,65	20/10/2024 01:00	
PIANORO	15,0	30,0	0,80	1,00	1,40	1,74	19/10/2024 23:00	max dal 1986
S. RUFFILLO	9,9	39,9	0,80	1,20	1,50	2,82	19/10/2024 23:30	max dal 2000
sbocco in Idice	7,8	47,7						
Torrente QUADERNA								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
PALESIO	7,7	7,7	0,90	1,30	1,70	2,16	19/10/2024 20:30	
confluenza Fossatone	16,3	24,0						
confluenza Gaiana	3,2	27,2						
sbocco in Idice	8,2	35,4						
Torrente GAIANA								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
MASSAROLO	20,9	20,9	19,30	19,30	19,30	>20,44	20/10/2024 00:00	rotta a monte/strumento in finestra di misura
sbocco in Quaderna	0,1	21,0						
Torrente IDICE								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
PIZZOCALVO	34,0	34,0	0,50	0,70	1,00	>1,45	20/10/2024 notte	max dal 1986/strumento in finestra di misura
confluenza Savena	4,6	38,6						
CASTENASO	3,6	42,2	8,00	9,20	11,00	13,76	20/10/2024 02:30	max dal 1986
confluenza Quaderna	8,3	65,0						
S. ANTONIO	0,6	65,6	10,50	12,20	13,70	>14,09	20/10/2024 mattina	rotta a monte/strumento in finestra di misura
Chiavica ACCURSI	0,5	66,1	12,40	13,20	15,70	16,66	20/10/2024 07:00	
Chiavica BROCCETTI	5,5	71,6	10,80	11,70	14,35	15,75	20/10/2024 07:00	
Chiavica CARDINALA	1,7	73,3	9,10	10,00	12,65	13,44	20/10/2024 07:00	
CHIAVICONE monte	12,5	78,1	9,00	10,50	11,60	10,19	20/10/2024 09:00	
sbocco in Reno	0,8	78,9						

3.4. La piena del torrente Sillaro

Sul bacino del torrente Sillaro, seppure interessato da precipitazioni di intensità e cumulate inferiori rispetto a Idice, Reno e Samoggia, tra il 19 ed il 20 ottobre si è sviluppata una piena anche in questo caso sulla coda della piena del giorno precedente, che ha raggiunto colmi superiori alle soglie 3 in tutte le sezioni (vedi Figura 12 e Tabella 5).

Nella sezione di Castel S. Pietro si è registrato un lungo colmo di piena superiore a quello del 17 maggio 2023, che si è propagato dalle sezioni di valle raggiungendo livelli superiori ai massimi rilevabili dagli strumenti. In particolare nella sezione di Portonovo la piena ha superato il massimo storico registrato nella recente piena di maggio 2023, anche a causa delle concomitanti piene di Idice e Reno che ne hanno ostacolato il deflusso al nodo di Bastia.

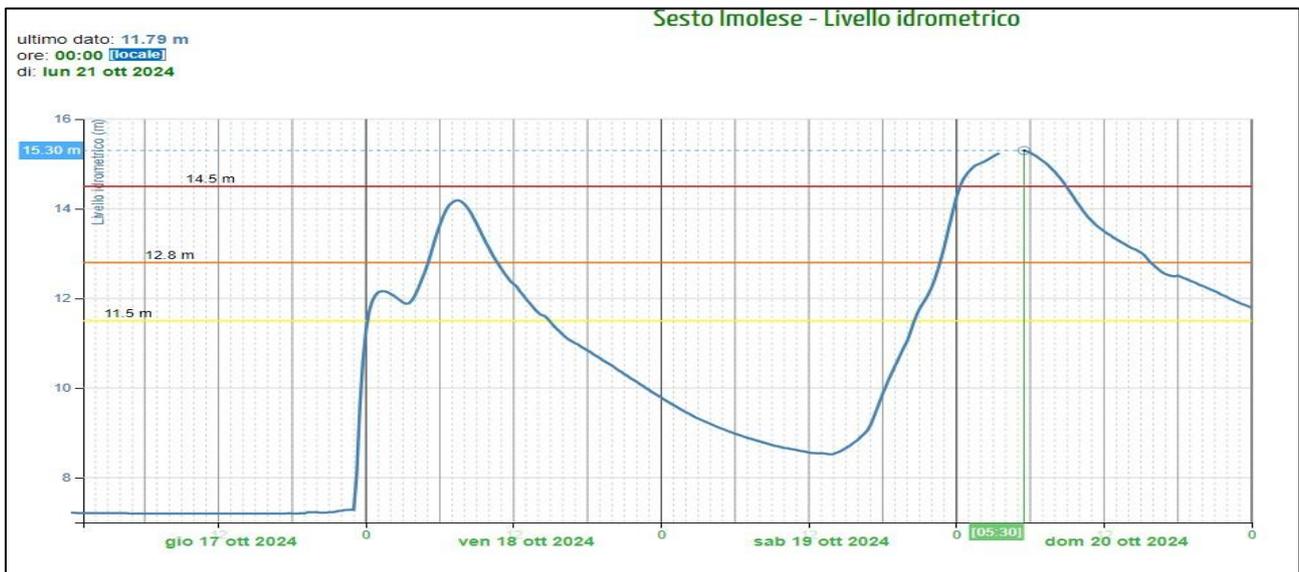
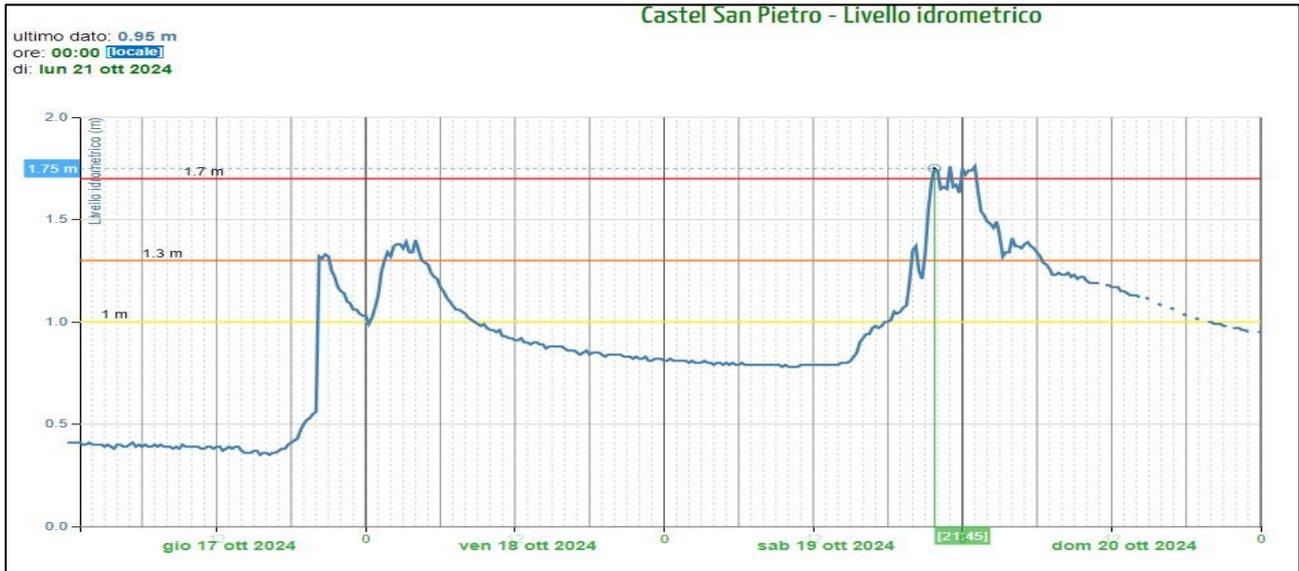


Figura 12: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del torrente Sillaro (dati non validati).

Tabella 5: Punte massime registrate nella piena del Sillaro, durante la piena del 20 ottobre 2024. In rosso i livelli superiori alle soglie 3 (dati validati - ora solare).

Torrente SILLARO								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	giorno e ora	
origine	0,0	0,0						
CASTEL S. PIETRO	31,7	31,7	1,00	1,30	1,70	1,84	20/10/2024 00:00	
CORRECCHIO	15,7	47,4	20,00	21,00	22,80	23,75	20/10/2024 03:30	
SESTO IMOLESE	1,1	48,5	11,50	12,80	14,50	>15,30	20/10/2024 04:00	strumento in finestra di misura
PORTONOVO	9,2	57,7	10,30	11,80	13,00	>13,94	20/10/2024 06:00	max dal 1986/strumento in finestra di misura
sbocco in Reno	12,6	69,3						

3.5. La piena del torrente Crostolo

La piena del torrente Crostolo ha registrato livelli superiori alle soglie 2 nella mattina del 20 ottobre nelle sezioni montane (vedi Figura 13), con i maggiori incrementi dei livelli idrometrici che sviluppati nei tratti più a valle della cassa si espansione, anche in ragione degli afflussi generati dall'interbacino a valle del manufatto, che non ha potuto quindi fornire un apporto significativo alla laminazione delle acque. Gli incrementi dei livelli idrometrici del Crostolo sono avvenuti contemporaneamente al transito di un'onda di piena sul fiume Po, con effetto di rigurgito sul torrente stesso.

Nella sezione di Cadelbosco la piena ha raggiunto il massimo livello storico registrato dal 2023, più a valle si sono verificate rotte arginali che hanno interessato sia il torrente Crostolo (una rottura), sia il Canalazzo Tassone (due rotture) ed il Cavo Cava (due rotture), corsi d'acqua la cui gestione è in capo all'Agenzia Interregionale per il Fiume Po. Nell'idrogramma registrato nella sezione di S. Vittoria risulta evidente la perdita di volume dovuta alla rotta. Le breccie verificatesi sul Crostolo e sui canali Cava e Canalazzo Tassone sono da ricondurre con tutta probabilità ai fenomeni di sormonto delle acque sulle arginature, come peraltro si evidenzia tramite l'osservazione diretta dei manufatti, con conseguente collasso degli argini stessi.

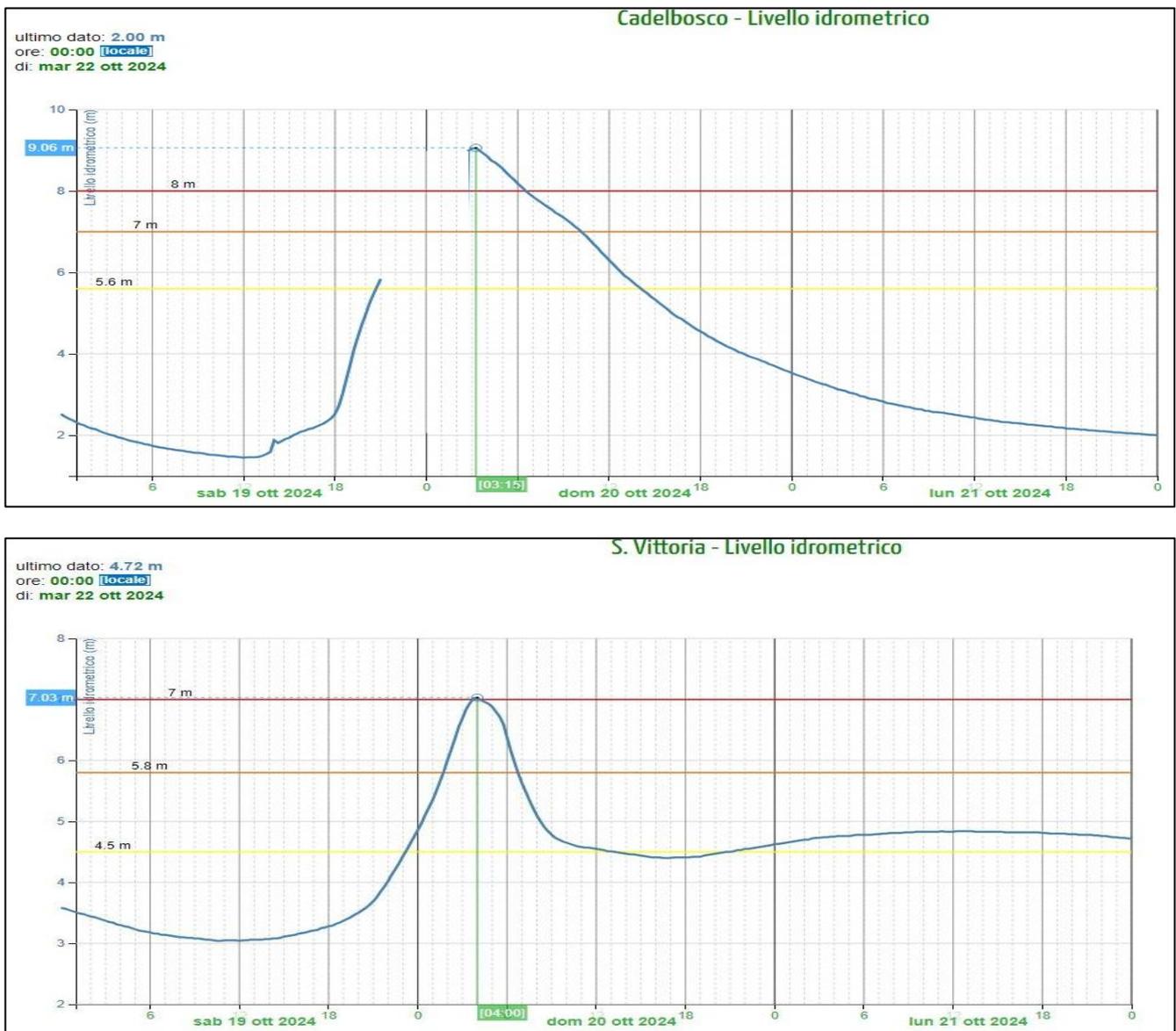


Figura 13: Idrogrammi di piena nelle sezioni idrometriche più significative del torrente Crostolo (dati non validati).

Nella Tabella 6 sono riportate le massime altezze al colmo di piena registrate nelle sezioni teleidrometriche del torrente Crostolo il 20-21 ottobre 2024, con l'indicazione dei massimi storici superati.

Tabella 6: Punte massime registrate nella piena del torrente Crostolo il 20 ottobre 2024. In arancio i livelli superiori alle soglie 2, in rosso quelli superiori alle soglie 3 (dati validati - ora solare).

Torrente CROSTOLO								
Denominazione del SENSORE	Distanze		SOGLIE DI RIFERIMENTO			Punta max registrata		Note
	parziali	progres.	soglia 1	soglia 2	soglia 3	H idr.ca	qior. ora	
origine	0,0	0,0						
PUIANELLO	17,4	17,4	1,70	2,30	3,00	2,55	20/10/2024 00:30	
RIVALTA	4,8	22,2	1,10	1,80	3,00	2,17	20/10/2024 01:30	
confluenza Modolena	15,3	37,5						
CADELBOSCO	1,6	39,1	5,60	7,00	8,00	9,06	20/10/2024 02:00	max dal 2023/ dati ricostruiti
S. VITTORIA	9,5	48,6	4,50	5,80	7,00	7,03	20/10/2024 03:00	
sbocco in Po	10,3	58,9						

Le rotture arginali sul Crostolo e il torrente Canalazzo hanno allagato le campagne tra Cadelbosco, Villa Seta, Bagnolo e Santa Vittoria di Gualtieri. I fenomeni di piena dei corsi d'acqua e le rotture sopra descritti sono avvenuti in un contesto aggravato dalla concomitanza con le piene del reticolo di bonifica interno al Comprensorio dell'Emilia Centrale, gestito dall'omonimo Consorzio; la rete di bonifica è stata messa ulteriormente alla prova perché scarica le sue acque nel Secchia mantovano, quando anch'esso risultava simultaneamente in piena.

Il sistema delle acque basse con i collettori principali (Alfiere e Acque Basse Reggiane) è rimasto per giorni in grande difficoltà, dovuta allo smaltimento dell'acqua che ha continuato a fuoriuscire dalle rotte arginali di Crostolo, Cavo Cava e Canalazzo Tassone. Anche nel comprensorio della bonifica parmense, nel comune di Sorbolo Mezzani, è stata segnalata una rotta arginale sul canale Fumolenta a Corte Godi, nella frazione di Enzano, il giorno 20 ottobre.

4. Analisi dei fenomeni idrogeologici

I territori collinari dei bacini centro-occidentali della Regione, tra le province di Piacenza e Ravenna sono stati interessati da diffusi fenomeni di versante, in particolare in concomitanza con le precipitazioni più intense, anche in conseguenza dello stato già saturo dei terreni per le precipitazioni delle settimane e giorni precedenti.

Sono stati infatti riscontrati diffusi ruscellamenti lungo i versanti, fin dalle prime colline a ridosso della pianura, più estesi nei comuni collinari nei dintorni di Bologna, tra i torrenti Samoggia e Sillaro, accompagnati da trasporto solido di fango e detrito, che ha invaso le sedi stradali e le aree urbane, in alcuni casi con quantitativi senza precedenti nella memoria degli abitanti.

Gli stessi versanti sono stati interessati inoltre da numerosissime frane, attivate prevalentemente tra il pomeriggio del 19 ottobre e la mattina del 20 ottobre, costituite da colate di terra e scivolamenti di terra di dimensioni medio piccole (< 500 mq), che hanno impattato diffusamente su infrastrutture e in alcuni casi su abitazioni. I fenomeni franosi sono stati più sporadici nella provincia di Piacenza, diffusi nelle province di Parma, Reggio Emilia e Modena e molto numerosi, nell'ordine di svariate decine, nella città metropolitana di Bologna anche se il censimento è ancora in corso.

Anche la rete idrografica dei corsi d'acqua minori è stata interessata da rapidi incrementi dei livelli idrometrici, con fenomeni di piena improvvisi, poi confluiti nei corsi d'acqua principali, accompagnati da esondazioni e diffusissimi fenomeni erosivi a carico delle sponde, segnalati a partire dal bacino del torrente Chiavenna a ovest fino al bacino del Sillaro ad est. Analogamente ai fenomeni sui versanti, i danni più gravi sono stati riscontrati nel Bolognese a causa della esondazione nella parte collinare di tratti dei torrenti Savena e Idice, oltre che in modo pressoché completo del torrente Zena, del torrente Ravone e di numerosi altri rii minori. Sono stati riscontrati danni gravissimi al patrimonio pubblico e privato e una vittima, in conseguenza della piena del Rio Caurinzano, affluente del torrente Zena (comune di Pianoro).

Nei giorni successivi si è evidenziata anche la riattivazione e propagazione di alcune frane di maggiori dimensioni. Tra queste va menzionata la frana di Cà di Sotto, nel comune di San Benedetto val di Sambro, che si è completamente riattivata per una lunghezza di circa 1,5 km e un fronte di circa 300 m.



Figura 14: A sinistra, effetti sul reticolo fluviale di collina (torrente Zena), a destra piccole frane su viabilità.



Figura 15: Parte alta della frana di Cà di Sotto (San Benedetto val di Sambro) il giorno 24 ottobre 2024.

5. Analisi dei fenomeni marino-costieri

Nel periodo compreso tra il 18 e il 20 ottobre 2024 si è registrato un innalzamento del livello del mare lungo la costa emiliano-romagnola, causato dalla sovrapposizione di intense condizioni meteorologiche all'andamento oscillatorio della marea astronomica, come mostrato dai grafici dei tre mareografi di Arpae distribuiti lungo la costa emiliano-romagnola (Figura 16).

Il primo innalzamento del livello del mare è stato osservato tra le ore 9:00 e le 12:30 circa (ora locale) del giorno 18 ottobre. Il mareografo di Porto Garibaldi (Figura 16 - grafico in alto) ha raggiunto il suo massimo durante tale periodo, con un valore misurato di 0,85 m alle 11:40. Il livello del mare a Cervia (Figura 16 - grafico centrale) ha raggiunto il picco giornaliero alle 12:00, con un valore di 0,78 m. Il mareografo di Cattolica (Figura 16 - grafico in basso) ha registrato un livello del mare di 0,65 metri dalle 11:30 alle 12:00.

Il giorno 19 ottobre il massimo giornaliero del livello del mare è stato raggiunto alle 11:40 a Porto Garibaldi (0,82 m), alle 11:30 a Cervia (0,88 m) e alle 12:30 a Cattolica (0,73 m). Per i mareografi di Cervia e Cattolica, i valori massimi giornalieri osservati il giorno 19 rappresentano anche i valori più alti dell'intera durata dell'evento analizzato. A partire dal pomeriggio del 19, mentre i valori massimi del livello del mare sono stati inferiori di quelli registrati nei giorni precedenti, si è evidenziato un segnale molto disturbato, con oscillazioni ad alta frequenza, spesso associate a condizioni meteorologiche forti e alla generazione di onde più alte.

In Figura 17 viene riportato l'andamento delle variabili di altezza e direzione dell'onda rilevate dalla boa ondometrica Nausicaa posizionata al largo del Comune di Cesenatico. L'evento di mareggiata ha riguardato principalmente le giornate del 19 e 20 ottobre 2024: come visibile dal grafico, la boa ha rilevato un aumento dell'altezza dell'onda significativa (HS) a partire dalle ore 11:00 del 19 ottobre, orario in cui la boa misurava un valore di 0.65 m. A partire da questo momento l'altezza dell'onda ha continuato a salire in maniera abbastanza costante fino al raggiungimento del picco dell'evento di 2,21 m a fine giornata, nello specifico alla ore 00:00 del 20 ottobre (Figura 17), per poi esaurirsi completamente durante la notte del 20 ottobre. Dall'analisi delle direzioni delle onde è possibile attribuire la mareggiata ai venti di Scirocco provenienti da Sud-Est e che hanno spirato costantemente sull'intero bacino Adriatico nella giornata del 19 ottobre.

La direzione di provenienza dell'onda durante l'evento è compresa nel range 70°N - 90°N. La boa dell'Emilia-Romagna è ormeggiata su un fondale poco profondo (circa 10 metri) e per questo motivo, soprattutto sui regimi di Scirocco (SE), le onde subiscono una rifrazione in senso antiorario dovuta all'interazione con il fondale. Questi eventi risultano quindi registrati con direzioni di provenienza più prossime all'Est rispetto alla

dinamica generale di scirocco a scala di bacino adriatico. Sulla base della metodologia utilizzata per la definizione delle mareggiate, che considera i valori di altezza dell'onda superiori a 1.35 m (pari al 95-esimo percentile della serie storica misurato dallo strumento), la durata dell'evento è stata di circa 23,5 ore e ha avuto inizio alle ore 15:30 del 19 ottobre.

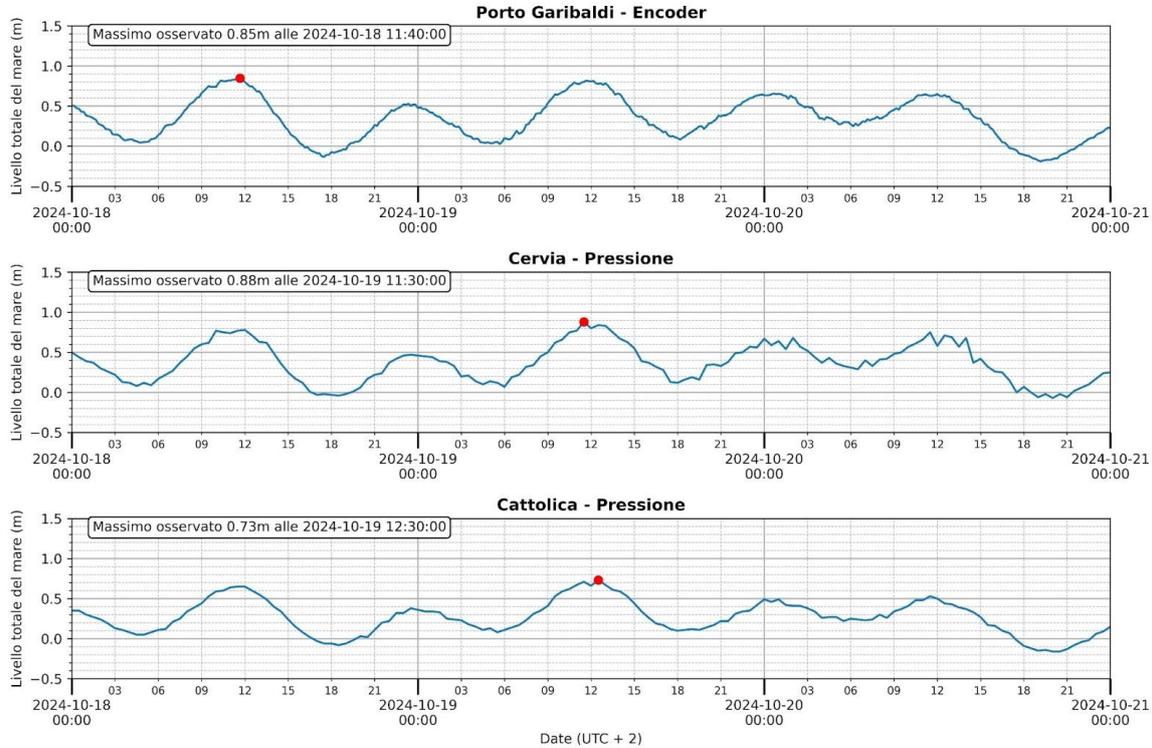


Figura 16: Il livello totale del mare misurato ai mareografi di Porto Garibaldi, Cervia e Cattolica nel periodo compreso dal 18 ottobre alle 00:00 al 21 ottobre 2024 alle 00:00.

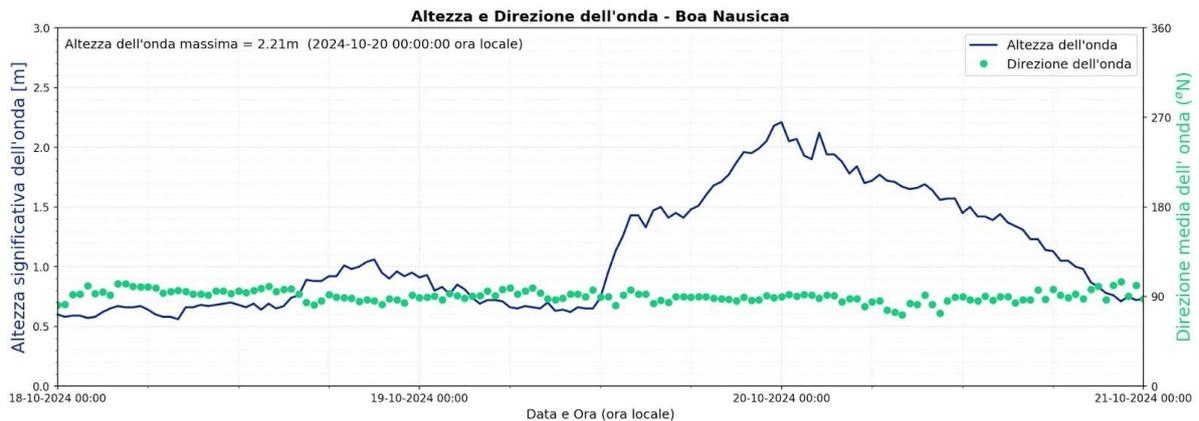


Figura 17: Altezza e direzione dell'onda misurati dalla Boa ondometrica Nausicaa posizionata al largo di Cesenatico nel periodo compreso tra le 00:00 (ora locale) del 18/09/2024 e le 00:00 al 21/09/2024.

Per quanto riguarda degli effetti sulla costa, da una prima indagine risulta che la sola provincia di Ferrara ha subito allagamenti dei bagni e dell'urbanizzato, ascrivibili alle precipitazioni e alle ostruzioni del reticolo drenante. Su alcune spiagge, in particolare nelle vicinanze delle foci fluviali, si sono inoltre riversati ingenti quantitativi di materiale vegetale e legname trasportato dai fiumi in piena.

6. Le attività di previsione e monitoraggio del Centro Funzionale ARPAE-SIMC

L'evento di precipitazioni estremo che ha interessato la regione Emilia-Romagna a cavallo delle giornate di sabato 19 e domenica 20 ottobre 2024 è stato preceduto senza soluzione di continuità da un altro evento, che ha interessato il settore appenninico centro-occidentale nelle 48 ore precedenti, tra il 17 e il 18 ottobre.

Alla luce delle piene ancora in corso, e della nuova previsione meteorologica, il **Centro Funzionale ARPAE-SIMC** e l'**Agenzia di Protezione Civile** hanno emesso il **18 ottobre per il 19 ottobre un'Allerta rossa (142/2024)**, con specifica indicazione di *“precipitazioni diffuse e persistenti, anche associate a rovesci temporaleschi di moderata-forte intensità che genereranno nuovi innalzamenti dei livelli idrometrici sui bacini già interessati dalle piene in atto, con probabili superamenti delle soglie 3, e rapidi innalzamenti dei livelli idrometrici sui bacini collinari del settore centro-occidentale, con diffusi fenomeni franosi e ruscellamenti nelle zone collinari e montane caratterizzati da condizioni idrogeologiche particolarmente fragili, anche a seguito delle precipitazioni dei giorni precedenti, e allagamenti in aree urbane.”*

Come è possibile osservare nella Figura 18, rispetto alla previsione dei modelli meteorologici ad area limitata (ICON2I in basso a sinistra) e a scala globale ECMWF (in basso a destra) disponibili la mattina del 18 ottobre, al momento della previsione, le precipitazioni osservate sono state meno abbondanti del previsto sul settore occidentale ed orientale della regione, ma più intense e concentrate sul settore centrale della collina bolognese, dove la pioggia spazializzata con i dati pluviometri e radar (in alto a destra) mostra l'ampia zona con cumulate superiori ai 150 mm/24 ore.

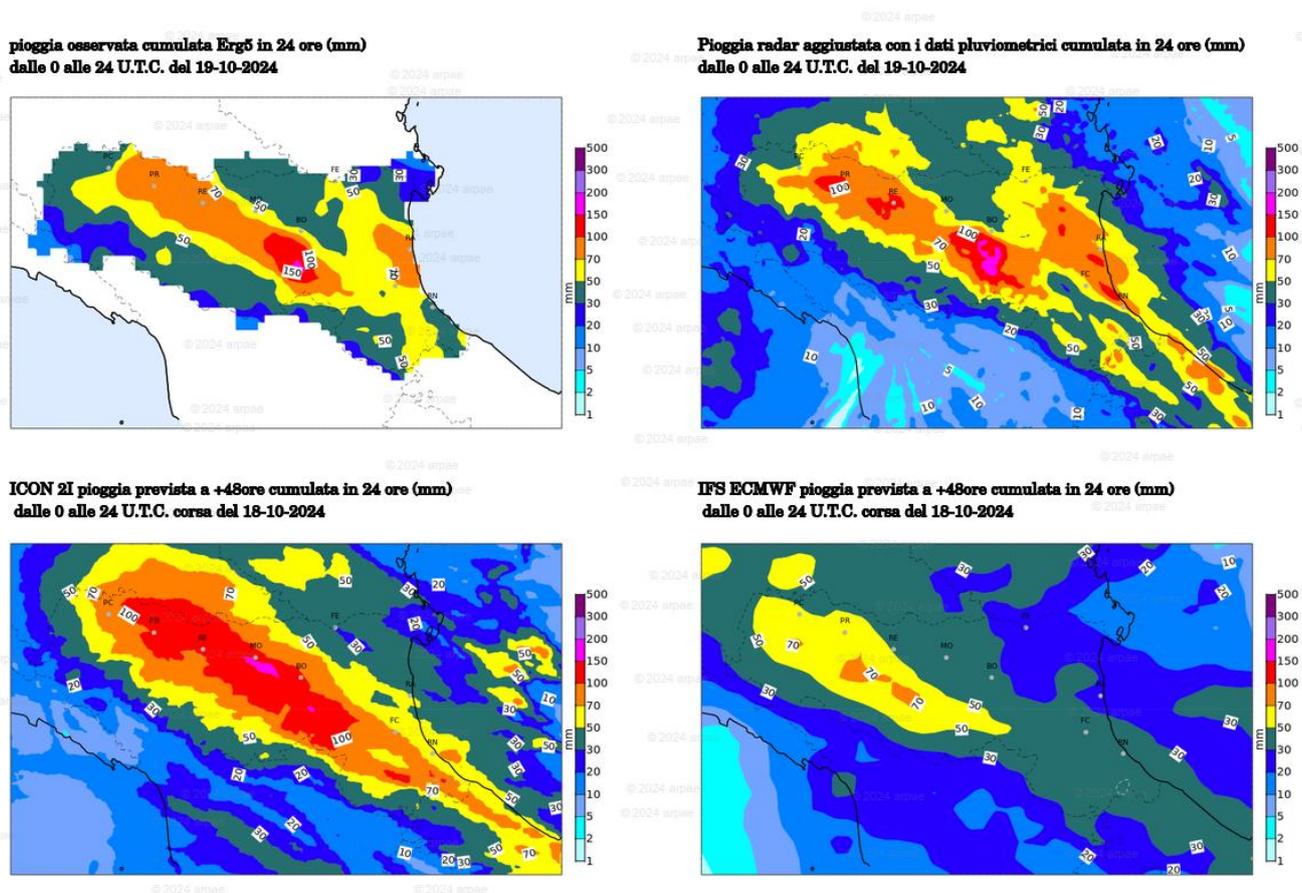


Figura 18: Confronto tra le precipitazioni di sabato 19 ottobre 2024 osservate da pluviometri (in alto a sinistra), osservate da pluviometri e radar (in alto a destra), e previste dal modello ad area limitata ICON2I (in basso a sinistra) e dal modello a scala globale ECMWF (in basso a destra) la mattina di venerdì 18 ottobre.

Il Centro Funzionale ARPAE-SIMC ha monitorato gli eventi di precipitazione e di piena attraverso il presidio h24 della propria Sala Operativa a partire dal pomeriggio del 17 ottobre fino a tutta la giornata del 22 ottobre, emettendo Documenti di monitoraggio meteo-idrologico-idraulici periodici, in continuità tra i due eventi.

In particolare da metà pomeriggio di sabato 19, in concomitanza con lo spostamento della linea di intensi rovesci temporaleschi dalla costa verso la collina bolognese, dedotto dai meteorologi del Centro Funzionale tramite gli aggiornamenti della modellistica con il sistema RUC (Rapid Update Cycle, ciclo di aggiornamento rapido) e il nowcasting (basato sulla rete radar regionale), sono stati emessi una serie Documenti di monitoraggio in rapida sequenza, che hanno permesso di seguire e anticipare, ove possibile, la repentina salita dei corsi d'acqua, oltre che sul Reno e i suoi affluenti, anche su gran parte dei corsi d'acqua emiliani.

Inoltre tramite un innovativo sistema di monitoraggio e previsione sperimentale, implementato da ARPAE-SIMC sul torrente Ravone (https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2023/numero-5-anno-2023/alluvione-emilia-romagna/grazzini_et_al_es2023_5.pdf), è stato possibile allertare già dal pomeriggio il COC del Comune di Bologna, che intorno alle ore 18 ha diramato tempestivamente una serie di avvisi alla popolazione residente in aree particolarmente critiche, attraverso sms e canali social, con l'indicazione di salire preventivamente ai primi piani delle case, stare lontani dai corsi d'acqua ed evitare i sottopassi, individuando le strade maggiormente a rischio.