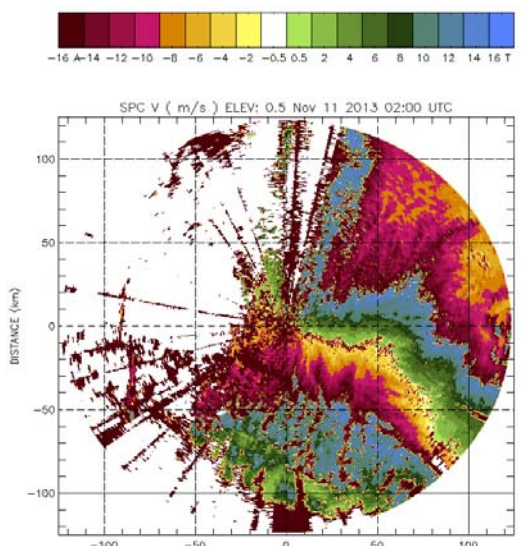


# Rapporto dell'evento idrologico e meteo-marino del 10-12 novembre 2013



*A cura di*  
**Unità Radarmeteorologia, Radarpluviometria,  
Nowcasting e Reti non convenzionali**  
**Unità Sala Operativa Previsioni Meteorologiche**  
**Area Centro Funzionale e Reti di monitoraggio**  
**Area Idrografia e Idrologia**

**BOLOGNA, 22/11/2013**

## Riassunto

*Le prime precipitazioni sulla nostra Regione, dovute alla presenza di un minimo depressionario sul Mar Tirreno, si registrano nella mattinata del 10 novembre. Dalla serata del 10, e nei giorni seguenti, l'approfondimento e lo spostamento di questo minimo verso sud richiamano forti venti di Bora che interessano l'Adriatico centro-settentrionale e che sono la causa della forte mareggiata che ha colpito tutta la costa emiliano-romagnola.*

*L'evento nel suo complesso risulta caratterizzato da precipitazioni da deboli a moderate che, però, hanno fatto registrare valori di piogge cumulate significativi su tutti i bacini montani romagnoli con estensione fino alle zone di pianura del riminese.*

*I danni registrati sul territorio riguardano principalmente la fascia costiera dove si sono verificati estesi allagamenti e fenomeni di erosione.*

*In copertina: velocità di vento radiale del radar di San Pietro Capofiume per l'elevazione più vicina al suolo dell'11/11/2013 alle 02:00 UTC (a sinistra) e il porto canale di Cervia (a destra, fonte web:*

*<http://cerviaemilanomarittima.com/2013/11/12/mareggiata-11-novembre-2013/>).*

## INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	<b>2</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>1. EVOLUZIONE GENERALE E ZONE INTERESSATE</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ANALISI DELL'EVOLUZIONE ALLA MESOSCALA SULL'EMILIA-ROMAGNA</b> .....	<b>7</b>
<b>3. CUMULATE E INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE DELL'EVENTO</b> .....	<b>11</b>
<b>4. EVENTI DI PIENA SUI BACINI DELL'EMILIA ROMAGNA</b> .....	<b>14</b>
4.1. LA PIENA DEL FIUME MARECCHIA .....	15
4.2. LA PIENA DEL FIUME SAVIO .....	19
4.3. LA PIENA DEI FIUMI MONTONE E RONCO .....	23
<b>5. ANALISI DEL VENTO</b> .....	<b>30</b>
<b>7. STATO DEL MARE</b> .....	<b>33</b>
<b>8. DISSESTI SUL TERRITORIO E DANNI REGISTRATI</b> .....	<b>38</b>
<b>9. ATTIVITÀ SVOLTA DAL CENTRO FUNZIONALE</b> .....	<b>38</b>

## 1. Evoluzione generale e zone interessate

Lo scenario a scala europea dalla giornata di sabato 9 novembre è stato caratterizzato dalla graduale espansione di una vasta area anticiclonica sull'Atlantico verso le isole britanniche che, associata ad una seconda area di alta pressione presente sull'Europa orientale, che ha determinato l'ondulazione della corrente a getto polare (Figura 1)

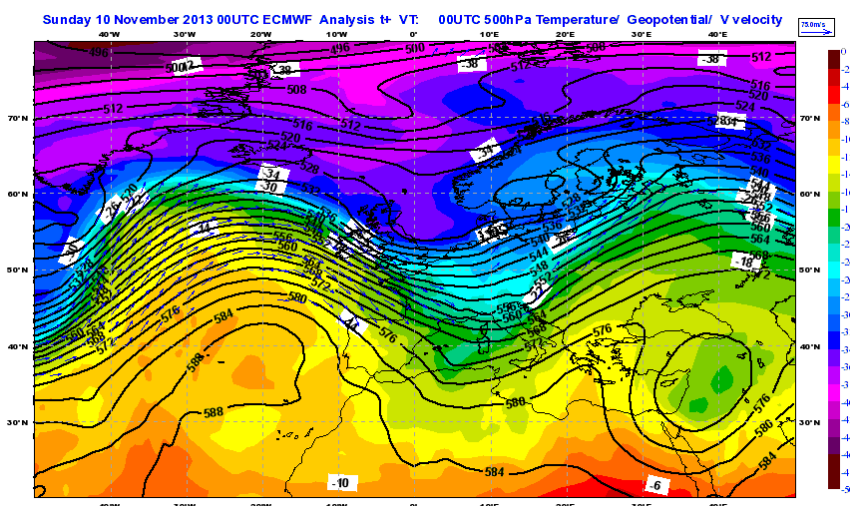


Figura 1: Mapa di analisi (da modello IFS-ECMWF) del campo di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa del 10/11/2013 alle 00 UTC.

Tale corrente ha cominciato pertanto ad assumere un andamento meridiano con formazione e approfondimento di un'ampia saccatura con minimo che, inizialmente centrato sulla Gran Bretagna giorno 9, ha subito un rapido spostamento verso il Mediterraneo nella giornata del 10, cominciando a far affluire aria fredda in quota sul settore settentrionale della nostra penisola (Figura 2).

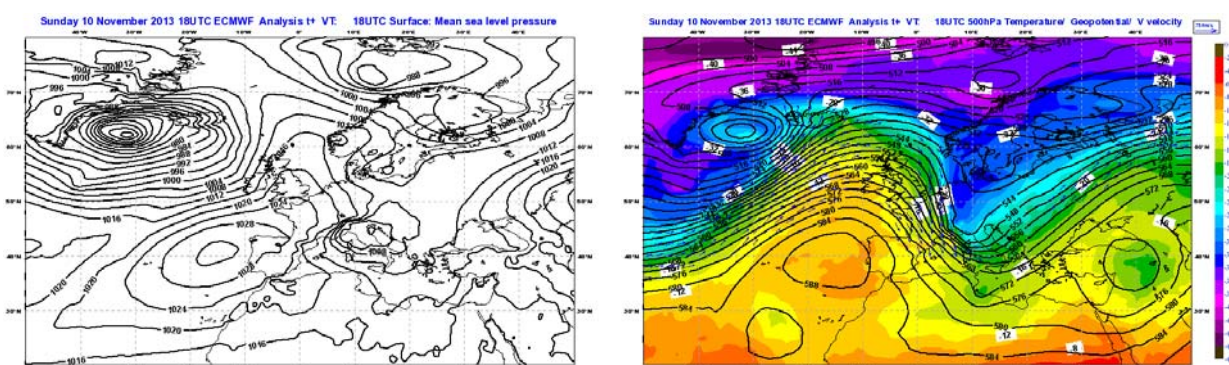


Figura 2: Mappe di analisi (da modello IFS-ECMWF) del 10/11/2013 alle 18:00 UTC del campo di pressione al livello del mare (a sinistra) e del campo di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa (a destra).

Nella serata di domenica 10 il minimo depressionario tendeva velocemente ad approfondirsi a tutte le quote posizionandosi sul Mar Tirreno. L'approfondimento di tale minimo è stato accompagnato da una forte avvezione di aria fredda in quota veicolata dal getto polare e da venti, inizialmente da sud-ovest, che rapidamente hanno subito una rotazione divenendo, in serata, forti di Bora in particolare sui settori settentrionali adriatici (Figura 3).

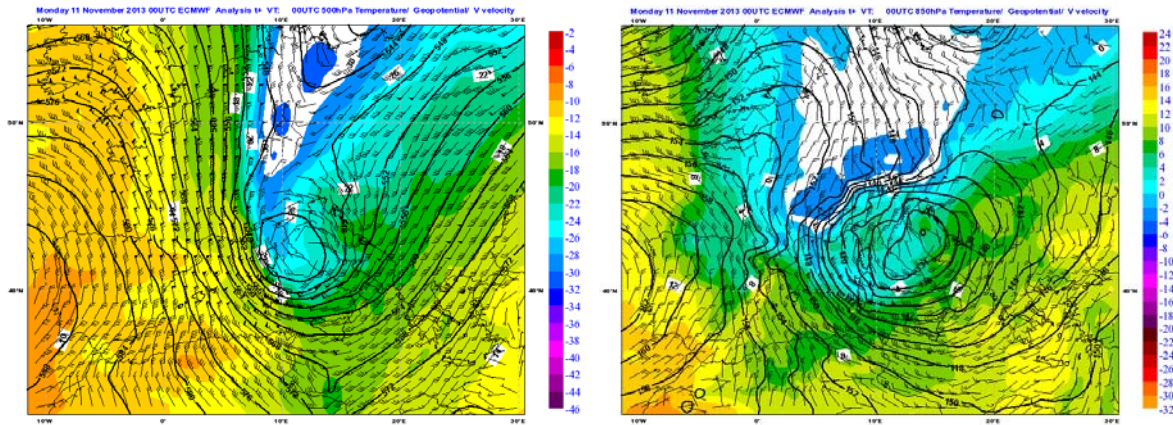


Figura 3: Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) dell'11/11/2013 alle 00:00 UTC, centrata sull'Italia, del campo di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa (a sinistra) e a 850 hPa (a destra).

Sulla nostra Regione tale situazione ha concorso, in particolare nella notte e per tutta la mattinata successiva di lunedì 11, alla formazione di fenomeni temporaleschi intensi sull'Appennino orientale e sulla Romagna.

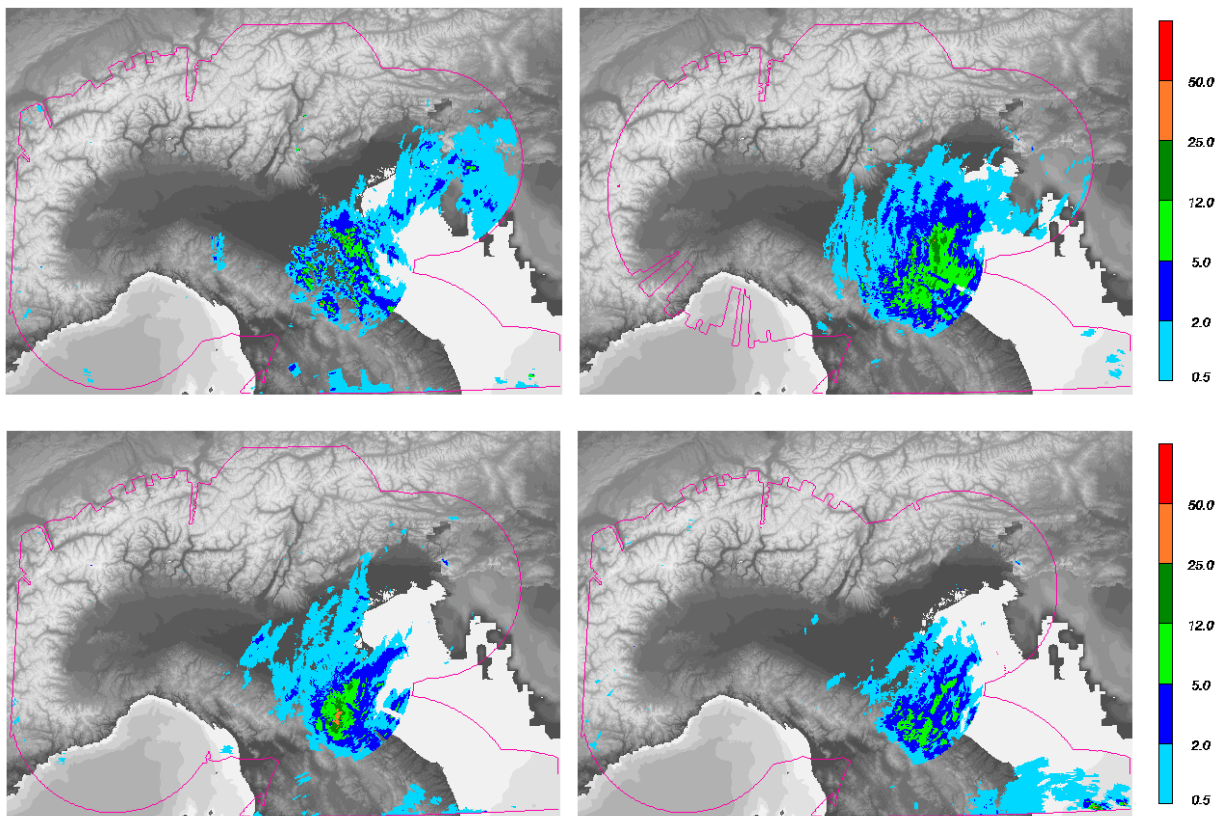


Figura 4: Mappe di intensità di precipitazione del composito nazionale del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile del 10/11/2013 alle 21:30 UTC (in alto a sinistra) e dell'11/11/2013 alle 01:30 UTC (in alto a destra), alle 08:00 UTC (in basso a sinistra) ed alle 10:30 UTC (in basso a destra).

Il giorno 11 il profondo minimo depressionario si è evoluto velocemente in un cut-off guidato dalla corrente a getto. Il centro del cut-off si è gradualmente spostato sul Tirreno meridionale continuando a richiamare forti venti di Bora che hanno interessato l'Adriatico centro-settentrionale per tutto il corso della giornata. Tale situazione a scala sinottica (Figura 5) ha concorso a produrre la

forte mareggiata che ha interessato la costa meridionale della nostra Regione, descritta nel dettaglio nel capitolo 7. La dinamica e la rotazione ciclonica del sistema centrato sul minino sono ben visibili dalle immagini da satellite (Figura 6).

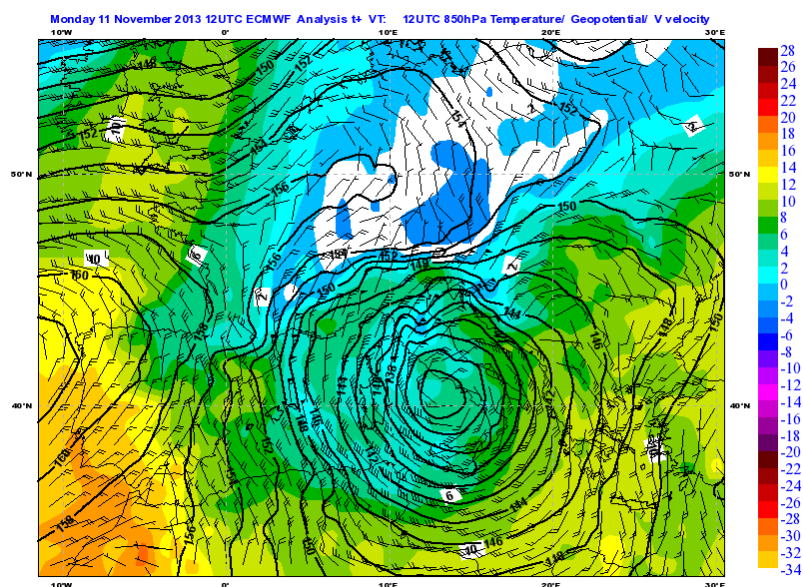


Figura 5: Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) dell'11/11/2013 alle 12:00 UTC, centrata sull'Italia, del campo di geopotenziale, temperatura e vento a 850 hPa.

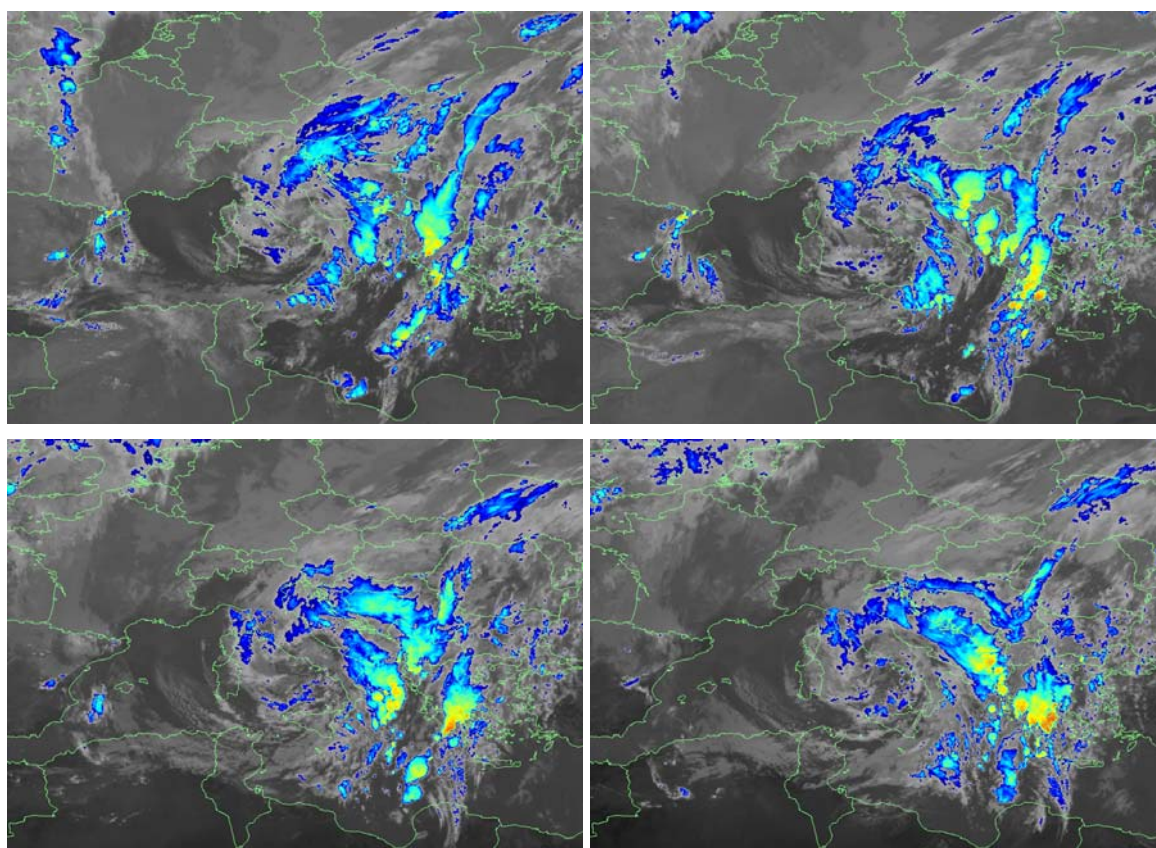


Figura 6: Mappa nel canale dell'infrarosso del satellite geostazionario europeo dell'11/11/2013 alle 04:00 UTC (in alto a sinistra), alle 06:30 UTC (in alto a destra), alle 10:00 UTC (in basso a sinistra) ed alle 12:30 UTC (in basso a destra). Le temperature inferiori sono evidenziate dai colori dal blu al rosso (top della nube più freddo).

Il giorno 12 il cut-off in fase di colma mento, si è lentamente spostato ulteriormente verso sud. Questo ha determinato ancora una componente di venti da nord-est, associati a precipitazioni inizialmente moderate sulla Romagna in progressiva attenuazione nel corso della giornata.

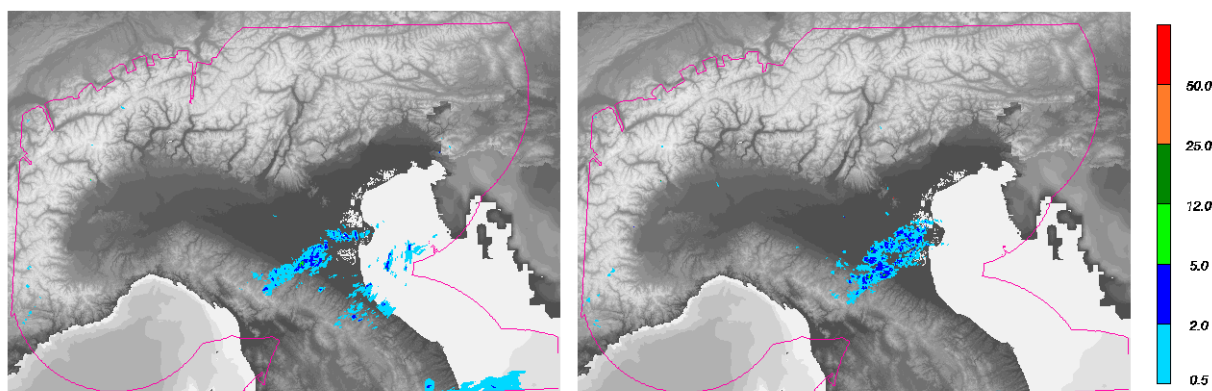


Figura 7: Mappe di intensità di precipitazione del composito nazionale del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile del 12/11/2013 alle 04:00 UTC (a sinistra) ed alle 07:00 UTC (a destra).

## 2. Analisi dell'evoluzione alla mesoscala sull'Emilia-Romagna

Sulla nostra Regione i primi fenomeni, di debole intensità, si sono sviluppati sulle province di Modena e Reggio Emilia. Le strutture hanno assunto una direzione prevalente da ovest verso est, subendo un rafforzamento a partire dalle 12:30 UTC, in particolare sulla pianura della provincia di Parma e al confine tra le province di Forlì-Cesena e Rimini. Dalle 13:30 UTC questa intensificazione ha portato fenomeni moderati sulla parte centro-orientale della Regione. Alle 14:30 UTC (Figura 9), sulle province costiere, si sono osservate le precipitazioni più intense.

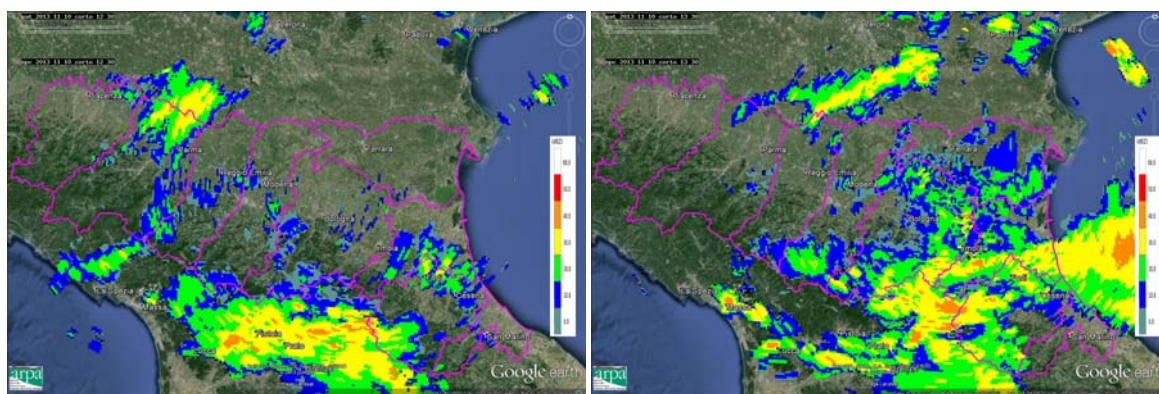


Figura 8: Mappe di riflettività del 10/11/2013 alle 12:30 (a sinistra) ed alle 13:30 UTC (a destra).

Alle 15:00 UTC si è formata una linea temporalesca con asse diretto da sud-ovest a nord-est sulle province di Bologna e Ferrara che, nell'ora e mezza successiva, ha spazzato il territorio delle suddette province. Dalle 16:15 UTC si è cominciato ad osservare una rotazione del flusso dovuta allo spostamento del minimo al suolo. Alle 17:00 UTC le precipitazioni più intense si sono registrate sulle province di Forlì-Cesena e Rimini, in attenuazione già nell'ora successiva.

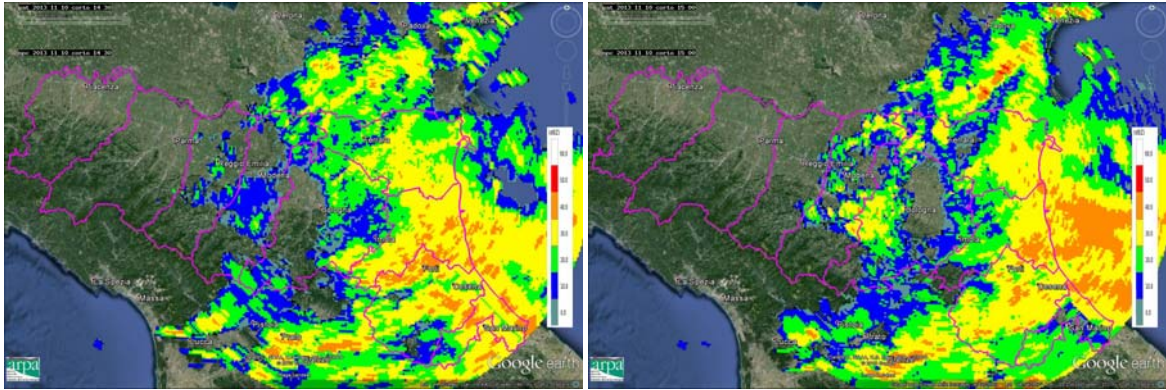


Figura 9: Mappe di riflettività del 10/11/2013 alle 14:30 (a sinistra) ed alle 15:00 UTC (a destra).

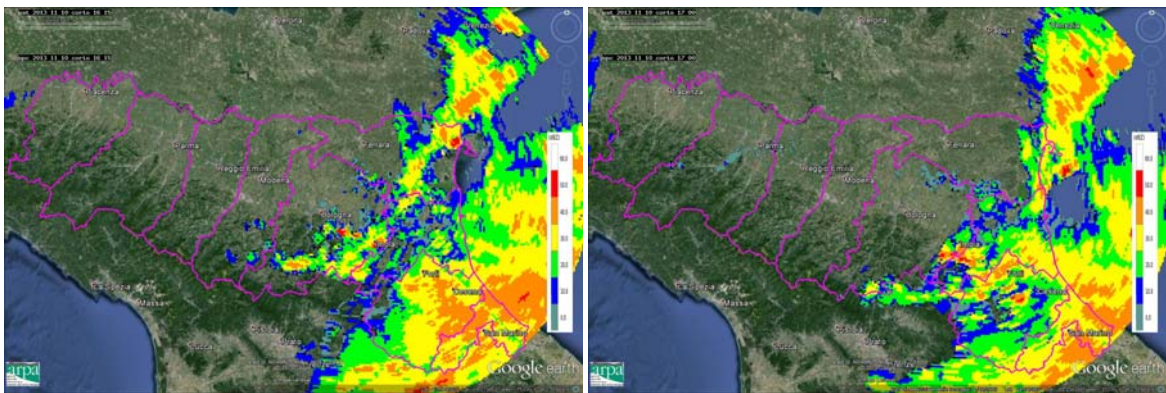


Figura 10: Mappe di riflettività del 10/11/2013 alle 16:15 (a sinistra) ed alle 17:00 UTC (a destra).

Alle 18:00 UTC si è sviluppata una cella temporalesca sulla provincia di Bologna (Figura 11, evidenziata nel cerchio rosa) che si è evoluta nell'ora successiva spostandosi dapprima sulla zona pedecollinare della provincia di Ravenna e poi, proseguendo il suo moto, sulla provincia di Forlì-Cesena.

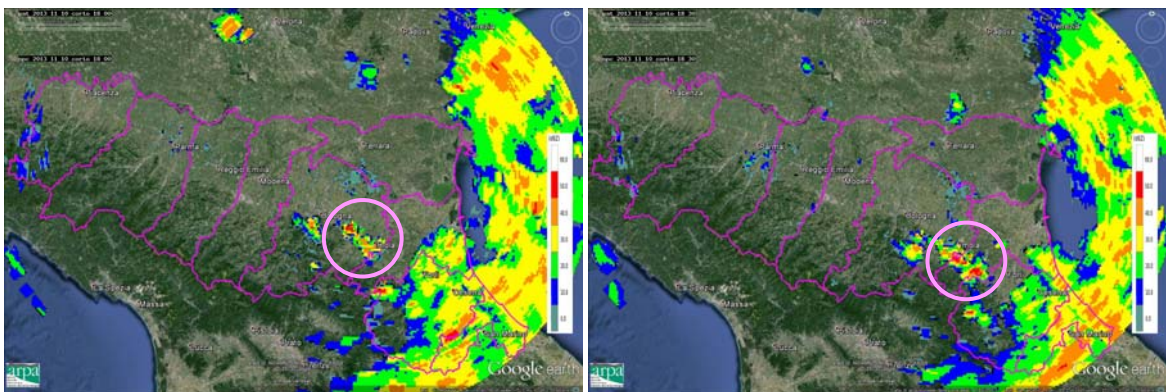


Figura 11: Mappe di riflettività del 10/11/2013 alle 18:00 (a sinistra) ed alle 18:30 UTC (a destra).

Alle 19:00 UTC il cambio della direzione di spostamento delle strutture precipitanti, che si è attestato da nord-est a sud-ovest, risulta evidente. A partire da quest'ora nuovi fenomeni di moderata intensità hanno fatto il loro ingresso sulla nostra Regione, con sistemi temporaleschi organizzati che hanno interessato, nelle ore successive, tutta la Regione centro-orientale. Durante la



notte, sempre sulla stessa area, hanno assunto dapprima un carattere maggiormente diffuso per poi indebolirsi nelle prime ore del giorno 11.

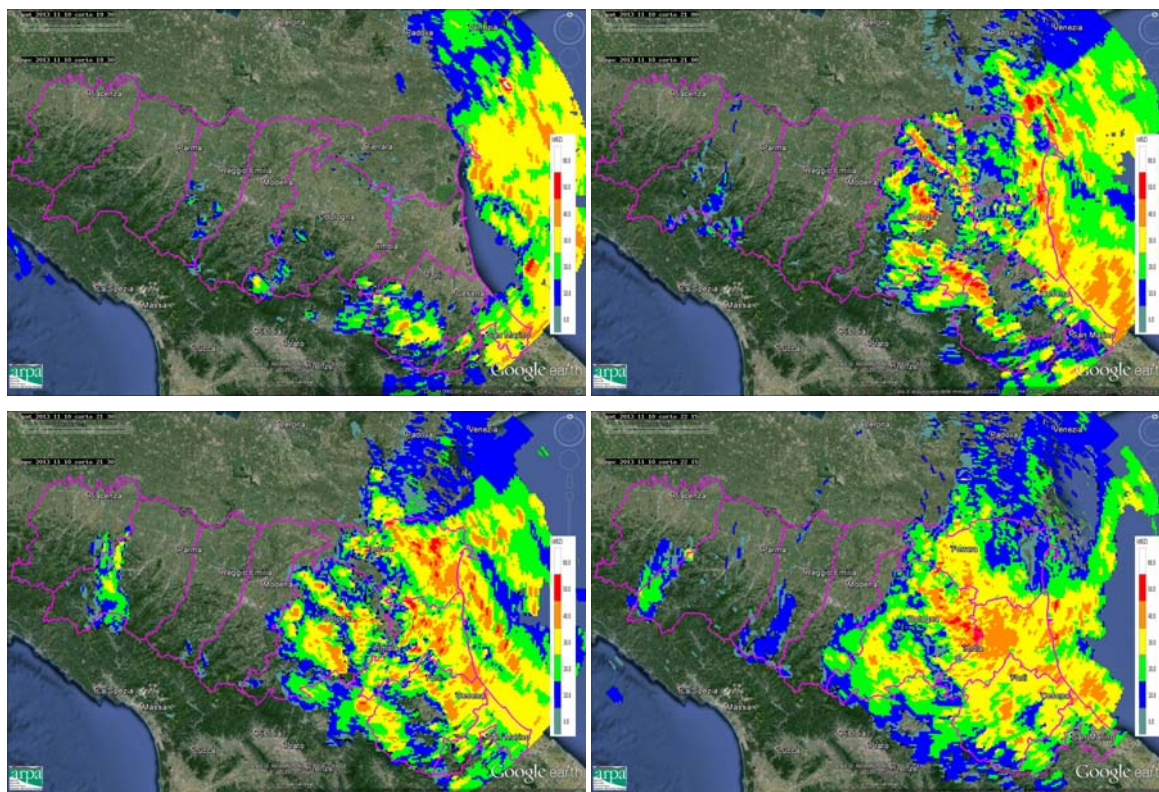


Figura 12: Mappe di riflettività del 10/11/2013 alle 19:30 (in alto a sinistra), alle 21:00 (in alto a destra), alle 21:30 (in basso a sinistra) ed alle 22:15 UTC (in basso a destra).

Dalle 00:00 UTC del giorno 11 nuovi sistemi diffusi di debole/moderata intensità hanno continuato a fare il loro ingresso sulla nostra Regione dalla costa.

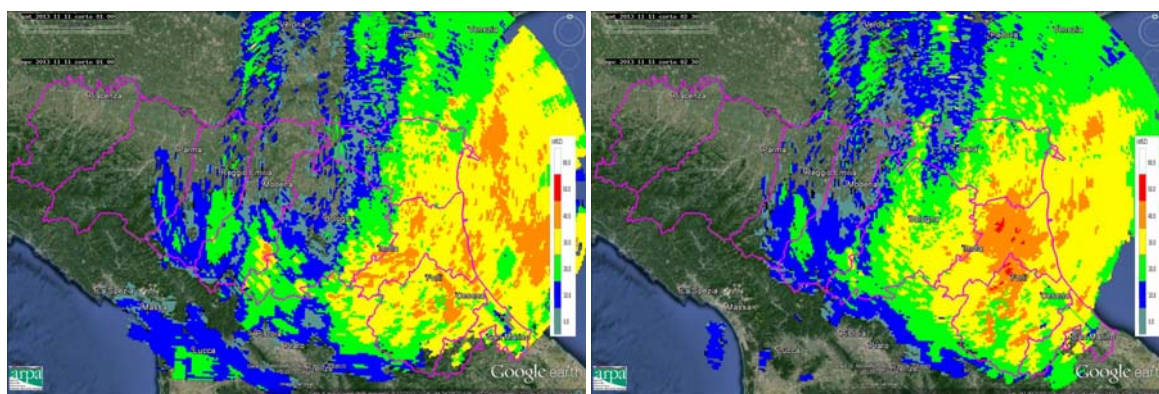


Figura 13: Mappe di riflettività dell'11/11/2013 alle 01:00 (a sinistra) ed alle 02:30 UTC (a destra).

Nelle ore successive, fino alle 04:00 UTC, i fenomeni più intensi si sono osservati sulle province costiere. A partire da quest'ora i fenomeni si sono diffusi sulla parte meridionale della Regione, ad esclusione delle province di Parma e Piacenza, mantenendo un carattere moderato sulle province di Forlì-Cesena, Rimini e Ravenna. Alle 06:30 UTC i fenomeni sono apparsi confinati, persistendo quasi esclusivamente su queste province.

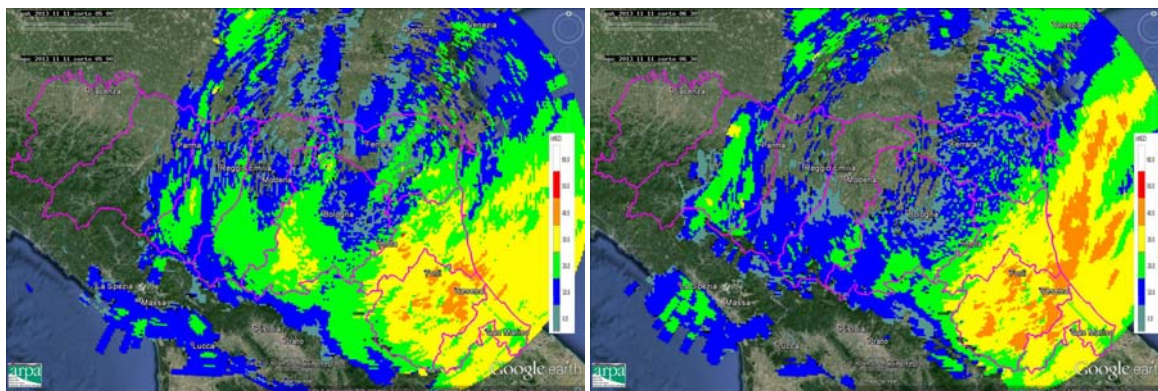


Figura 14: Mappe di riflettività dell'11/11/2013 alle 05:00 (a sinistra) ed alle 06:30 UTC (a destra).

Tra le 08:00 UTC e le 10:30 UTC si è osservata nuovamente un'espansione delle piogge a tutta la Regione centro-orientale. Nelle ore successive, fino alle 18:00 UTC le piogge hanno insistito esclusivamente sulle province di Forlì-Cesena e Rimini.

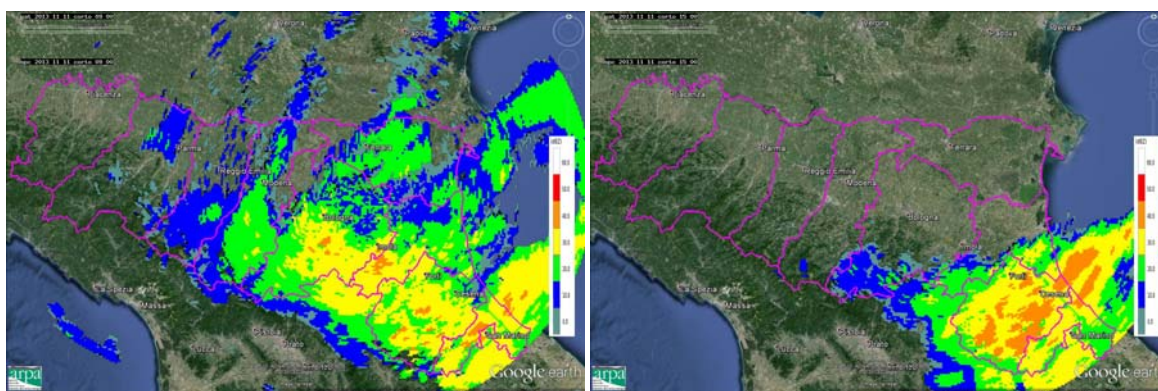


Figura 15: Mappe di riflettività dell'11/11/2013 alle 09:00 (a sinistra) ed alle 15:00 UTC (a destra).

In serata si assiste all'ingresso da est di linee temporalesche di debole intensità che hanno spazzato la Regione centro-meridionale.

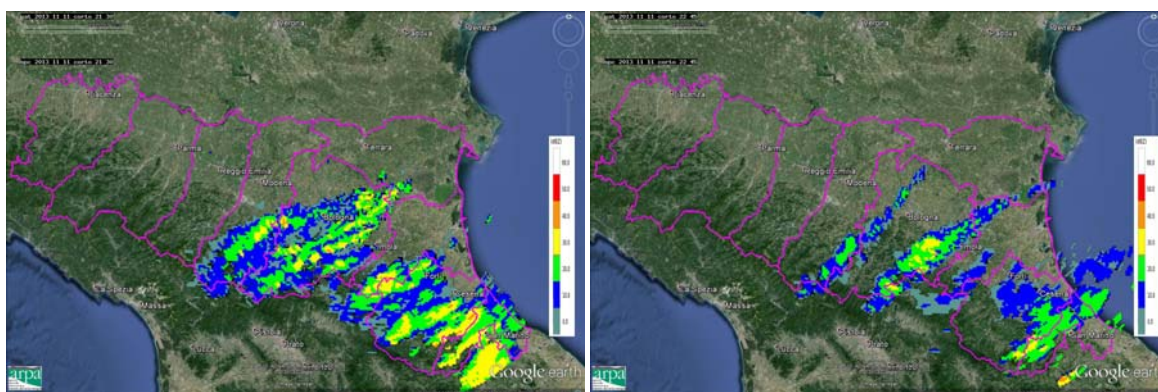


Figura 16: Mappe di riflettività dell'11/11/2013 alle 21:30 (a sinistra) ed alle 22:45 UTC (a destra).

Questa tipologia di fenomeno è proseguita anche nelle ore successive, intensificandosi verso le 04:00 UTC e coinvolgendo la Regione centro-orientale. Alle 07:00 UTC le precipitazioni si sono localizzate sulle sole province di Ferrara e Bologna dove si esauriranno nell'ora successiva.

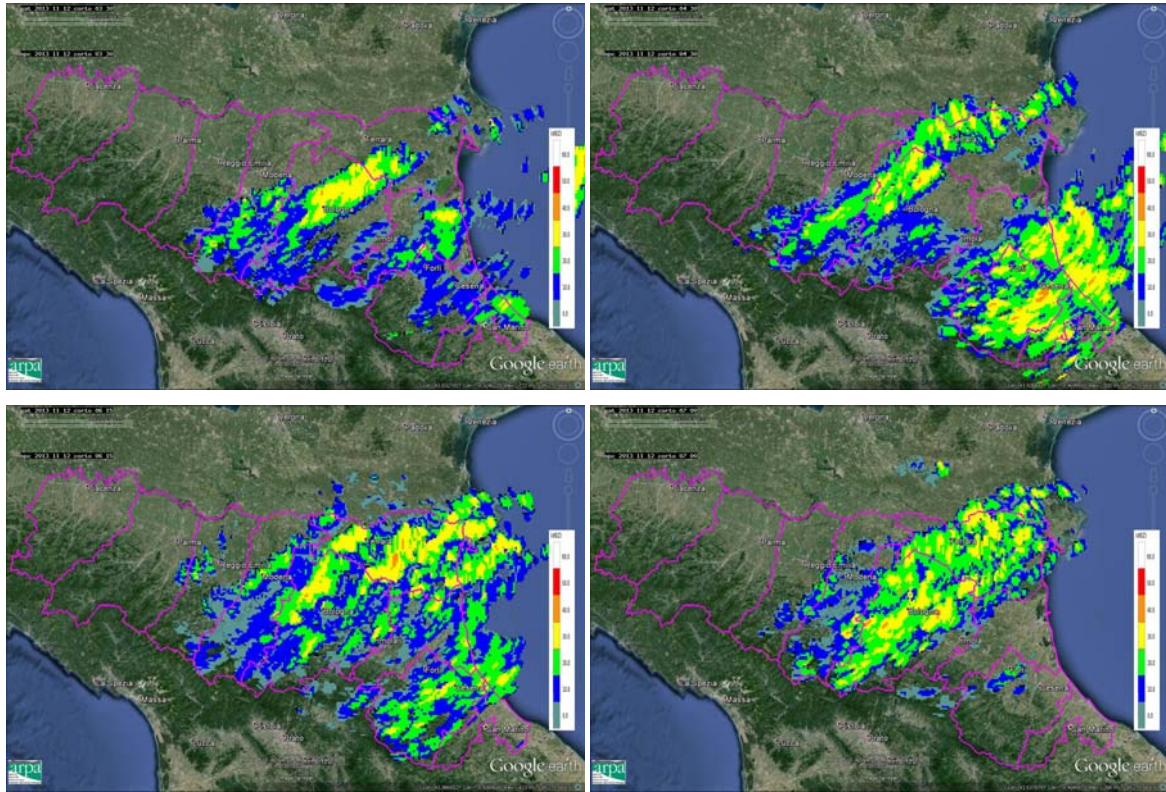


Figura 17: Mappe di riflettività del 12/11/2013 alle 03:30 (in alto a sinistra), alle 04:30 (in alto a destra), alle 06:15 (in basso a sinistra) e alle 07:00 UTC (in basso a destra).

### 3. Cumulate e intensità di precipitazione dell'evento

L'evento nel suo complesso è stato caratterizzato da precipitazioni da deboli a moderate ed ha interessato principalmente la parte orientale della Regione. Nella Tabella 1 sono elencate le stazioni pluviometriche che hanno riportato precipitazioni superiori ai 70 mm ed i relativi valori di pioggia cumulata nei tre giorni, dal 10 al 13 novembre, localizzate principalmente sui bacini montani di Fiumi Uniti, Savio e Marecchia.

Le precipitazioni più intense dell'intero evento si sono registrate dalle ore 00:00 alle 06:00 UTC dell'11 novembre: nella Figura 18 è illustrata la cumulata di precipitazione registrata in questo intervallo sul territorio regionale, derivata dalla combinazione dei dati pluviometrici e dai dati radar. Nella Figura 19 si riporta uno zoom della stessa mappa nella zona orientale della regione, con l'indicazione delle stazioni che hanno registrato le cumulate più elevate nell'intervallo di sei ore considerato. Per lo stesso intervallo temporale sono riportate, in Tabella 2, anche le stazioni che hanno registrato i quantitativi di pioggia maggiori ed i relativi valori di pioggia.

Tabella 1: Stazioni pluviometriche che hanno registrato una cumulata di precipitazione maggiore di 70 mm nei tre giorni dal 10 al 13 novembre.

Cumulata di precipitazione sull'evento > 70 mm – DATI VALIDATI				
PREC (mm)	NOME STAZIONE	COMUNE	PROV	BACINO
78,20	Trebbio	Modigliana	FC	LAMONE
72,60	Modigliana	Modigliana	FC	LAMONE
80,40	Monte Grosso	Rocca San Casciano	FC	MONTONE
76,80	Vallicelle	Rocca San Casciano	FC	MONTONE
106,40	Pratacci	Portico e San Benedetto	FC	MONTONE
126,20	Civitella	Civitella di Romagna	FC	RONCO
86,20	Lastra	Bagno di Romagna	FC	RONCO
138,00	Montriolo	Santa Sofia	FC	RONCO
89,00	Caminante	Meldola	FC	RONCO
90,20	Cusercoli	Civitella di Romagna	FC	RONCO
80,00	Rullato	Civitella di Romagna	FC	SAVIO
81,60	Corsicchie	Bagno di Romagna	FC	SAVIO
88,80	Monte Iottone	Mercato Saraceno	FC	SAVIO
73,60	Santa Paola	Roncofreddo	FC	RUBICONE
77,60	Carpineta	Cesena	FC	RUBICONE
75,40	Santarcangelo di Romagna	Sant'Arcangelo di Romagna	RN	USO
101,00	Ponte Verucchio	Torriana	RN	MARECCHIA
101,40	Vergiano	Rimini	RN	MARECCHIA
97,80	Morciano	Morciano di Romagna	RN	CONCA
121,00	Mulazzano	Coriano	RN	MARANO

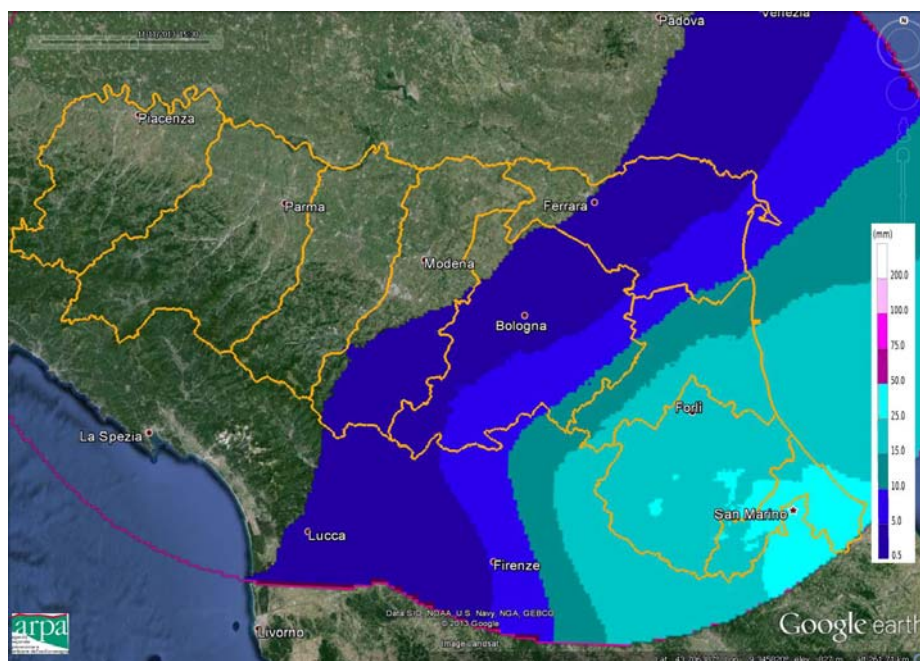


Figura 18: Mappa di interpolazione dei pluviometri con correzione da cumulata di precipitazione da radar dell'11/11/2013 dalle 00 alle 06 UTC.



Figura 19: Zoom della mappa di cumulata di precipitazione da radar, corretta con i pluviometri, dell'11/11/2013 dalle 00 alle 06 UTC sulla Romagna. In giallo le stazioni che hanno registrato i quantitativi maggiori.

Tabella 2: Stazioni pluviometriche che hanno registrato una cumulata di precipitazione maggiore di 30 mm dalle 00:00 alle 6:00 UTC dell'11/11/2013- dati validati

Cumulata di precipitazione > 30 mm – DATI VALIDATI				
PREC(mm)	NOME STAZIONE	COMUNE	PROV	BACINO
43,60	Civitella	Civitella di Romagna	FC	RONCO
39,80	Montriolo	Santa Sofia	FC	RONCO
33,20	Caminate	Meldola	FC	RONCO
33,40	Ponte Verucchio	Torriana	RN	MARECCHIA
36,40	Vergiano	Rimini	RN	MARECCHIA
49,00	Mulazzano	Coriano	RN	MARANO

Nella Tabella 3 sono riportati i tempi di ritorno delle precipitazioni massime registrate su intervalli di 1, 3, 6 e 24 ore, nelle stazioni più significative. Per le piogge di durata fino a 6 ore i tempi di ritorno sono risultati invece inferiori a 3 anni in tutte le stazioni, nelle stazioni di Corniolo, Civitella e Montriolo alle piogge di durata 12 e 24 ore si associano tempi di ritorno rispettivamente intorno a 10 e a 20 anni (evidenziati in rosso nella Tabella 3).

Tabella 3: Piogge massime per le durate < 24 ore e relativi tempi di ritorno nelle stazioni più significative

Stazione	Bacino	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
		Tr (anni)	Prec (mm)	Tr (anni)	Prec (mm)	Tr (anni)	Prec (mm)	Tr (anni)	Prec (mm)	Tr (anni)	Prec (mm)
Badia Tedalda	Marecchia	1,2	15,8	1,5	28,6	1,3	36,2	2,9	67,0	9,0	110,0
Civitella	Ronco	1,1	11,0	1,5	25,6	3,4	44,4	11,5	74,8	21,4	106,6
Corniolo	Ronco	1,0	11,8	1,8	32,8	5,0	57,2	12,8	93,2	10,2	114,0
Montriolo	Ronco	1,0	7,8	1,1	21,8	2,0	41,4	8,6	76,2	19,5	115,2

## 4. Eventi di piena sui bacini dell'Emilia Romagna

L'evento meteorologico sopra descritto, ha fatto registrare valori di precipitazioni cumulate significativi su tutti i bacini montani romagnoli con estensione fino alle zone di pianura del riminese, come è possibile osservare nella Figura 20, in cui è riportata la pioggia cumulata nelle 48 ore centrali dell'evento, dalle ore 8:00 (solari) del 10 alle ore 8:00 del 12 novembre.

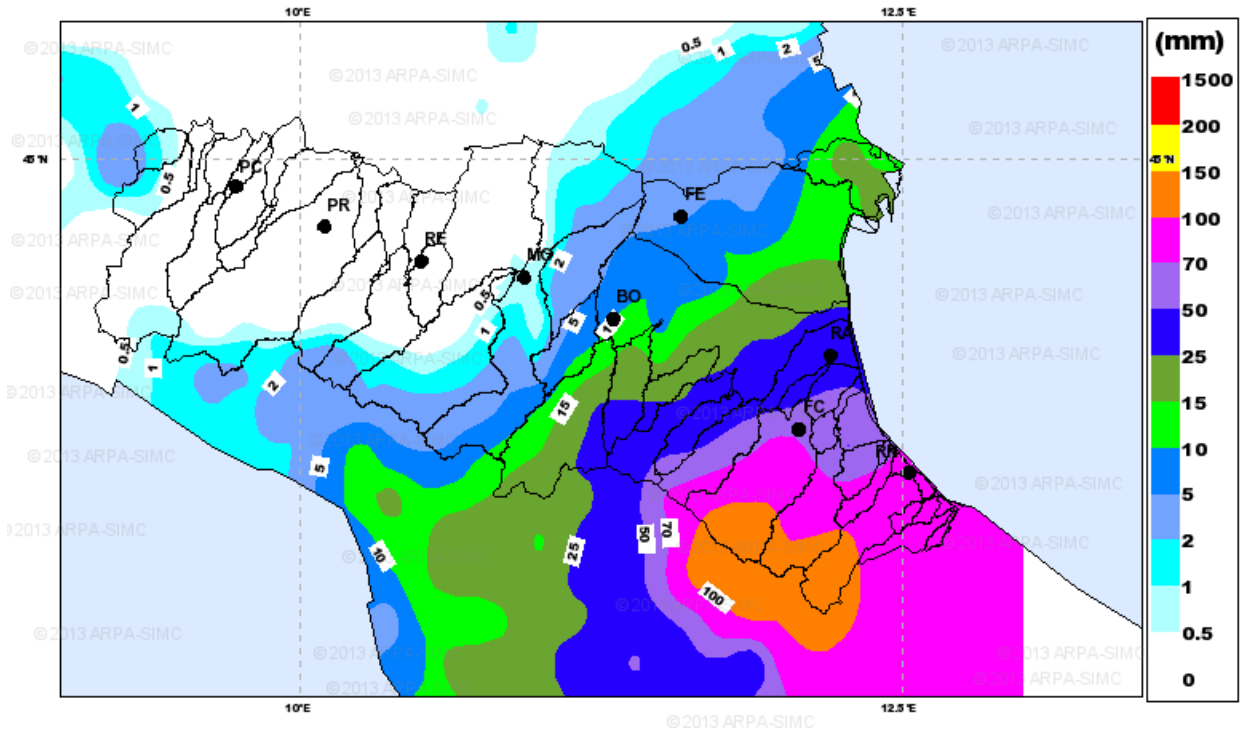


Figura 20: Pioggia cumulata dell'evento sulla regione Emilia Romagna in 48 ore, dalle ore 8:00 solari del 10/11/2013 alle ore 8:00 del 12/11/2013

In particolare, nei bacini montani del Marecchia, del Savio, del Ronco e del Montone, sono state raggiunti valori cumulati fino a 100-180 mm/48 ore che hanno determinato, a partire dalla notte tra domenica 10 e lunedì 11 novembre, innalzamenti significativi dei livelli idrometrici in poche ore. Le onde di piena si sono propagate rapidamente dai tratti montani dei corsi d'acqua fino a quelli vallivi, dove sono stati raggiunti livelli idrometrici che in alcune sezioni hanno superato anche la soglia 3.

Per meglio comprendere la descrizione degli eventi di piena nei successivi paragrafi, e dei dati misurati dalla rete idropluviometrica regionale, si riportano nella Figura 21 i bacini idrografici romagnoli, con l'ubicazione delle stazioni idrometriche e pluviometriche in telemisura.

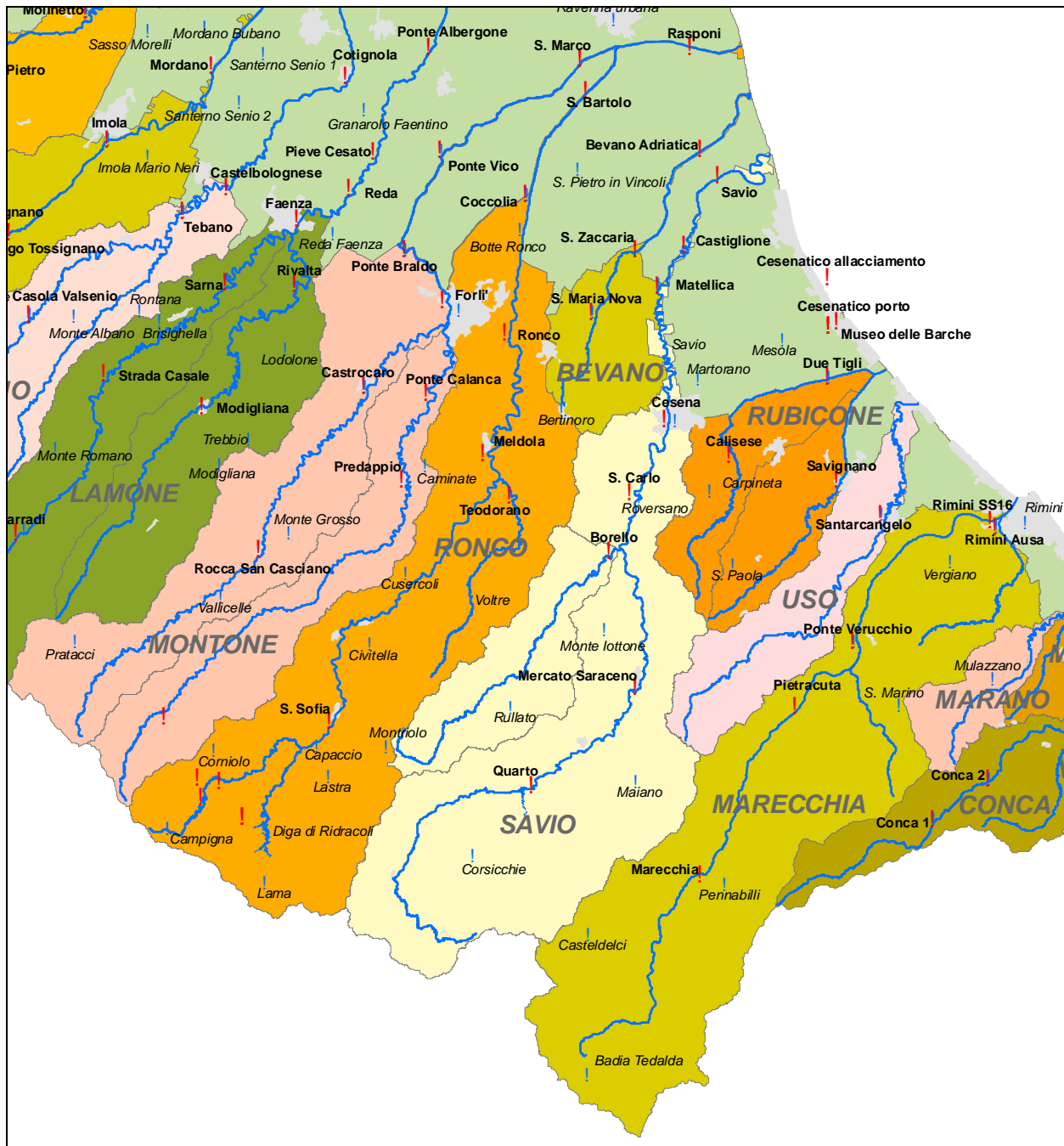


Figura 21: Bacini idrografici romagnoli, con l'ubicazione delle stazioni idrometriche (in rosso) e pluviometriche (in blu) in telemisura

#### 4.1. La piena del fiume Marecchia

Il tratto montano del bacino del Marecchia è stato interessato da precipitazioni cumulate che durante tutto l'evento hanno fatto registrare valori compresi tra i 100 mm fino ai 150 mm, con intensità modeste che durante le ore centrali dell'evento non hanno superato gli 8mm/h.

Nella Figura 22 sono riportate le intensità orarie e le cumulate di pioggia misurate dai pluviometri più significativi del tratto montano e vallivo del bacino. Dopo un primo impulso di precipitazione registrato la sera di domenica 10 novembre, l'evento meteorico si è concentrato nella giornata di lunedì 11 novembre, contribuendo alla rapida formazione della piena del Marecchia.

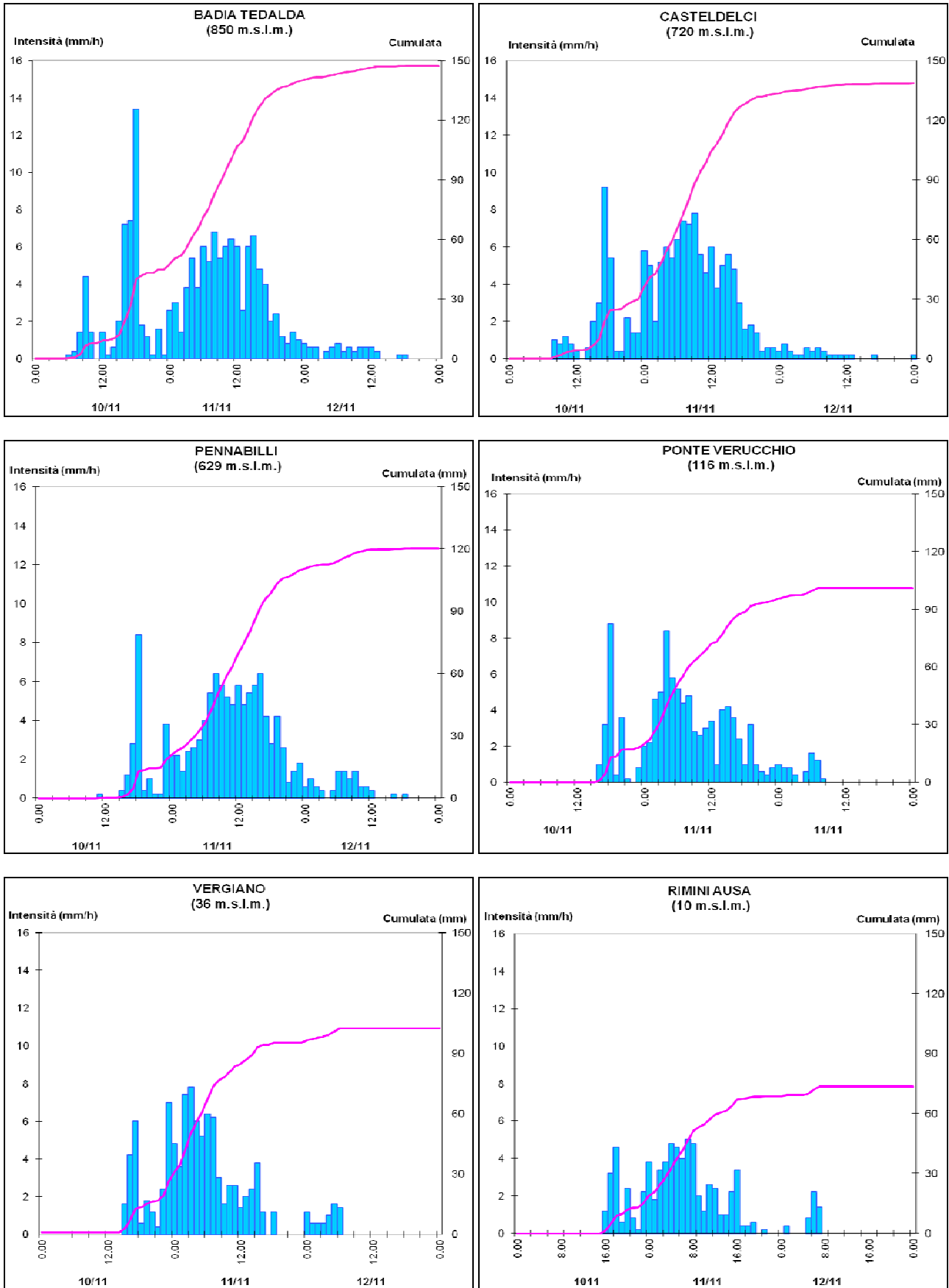


Figura 22: Pioggia oraria e cumulata dell'evento nelle stazioni più significative del bacino del Marecchia



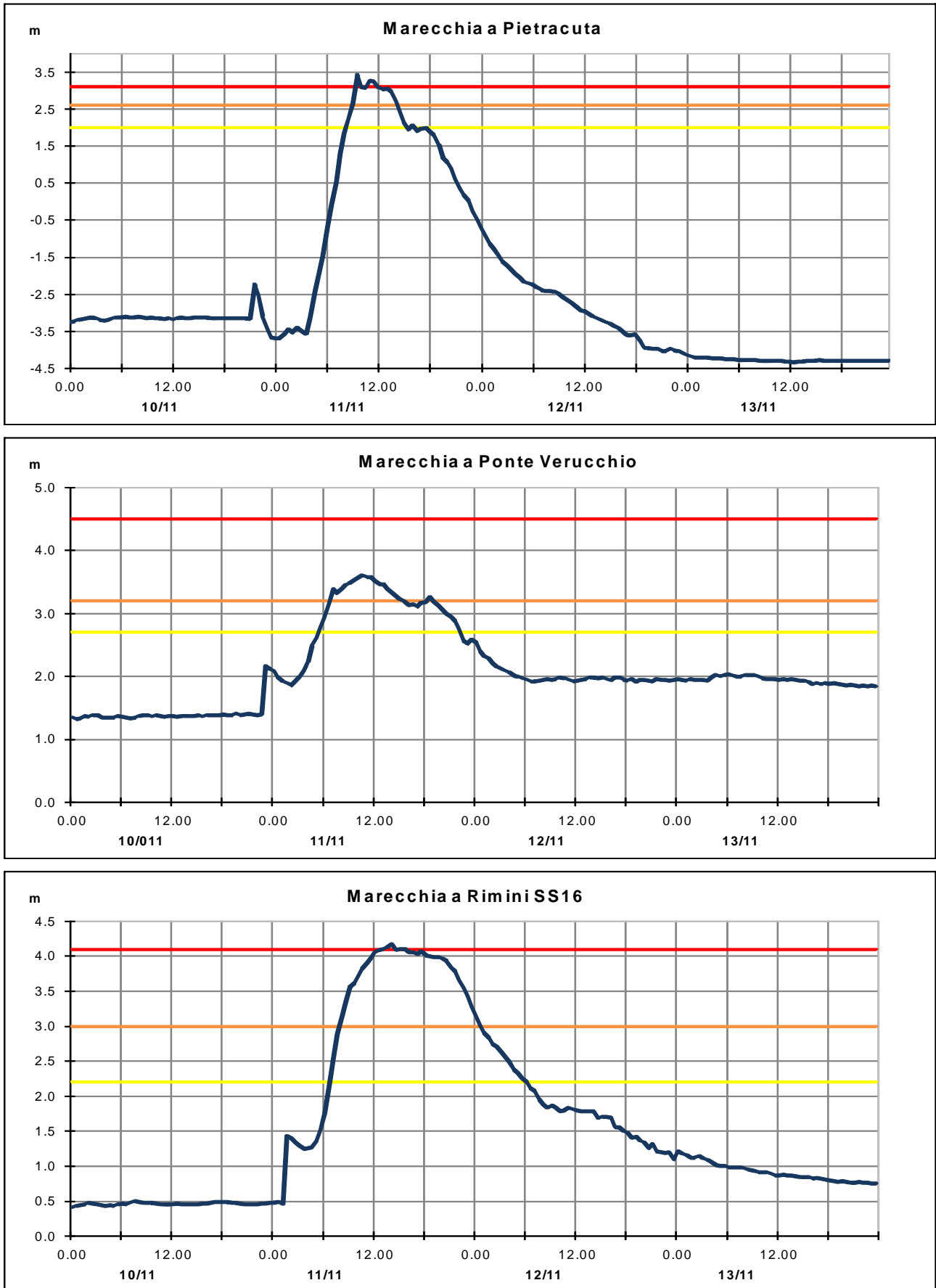


Figura 23: Propagazione della piena lungo le sezioni più significative del Marecchia

Nella Figura 23 sono riportati gli idrogrammi di piena delle varie sezioni del fiume Marecchia da monte verso valle. L'idrometro di Pietracuta più a monte, ha fatto registrare un colmo di piena di 3,42 metri alle 9:30 di lunedì 11 novembre che rappresenta il massimo livello registrato dall'inizio di funzionamento dello strumento (2007), raggiungendo la soglia 3. Nella stessa sezione, pur non essendo ancora strumentata, nell'evento di piena del 26 novembre 2005 il livello idrometrico letto all'asta idrometrica e ricostruito in base alle tracce di piena risultava inferiore, pari circa a 3,30 metri.

Nella sezione più a valle di Ponte Verucchio il colmo di piena è stato registrato alle ore 10:30 con un livello idrometrico di 3,60 metri superando la soglia 2, mentre nella sezione terminale del bacino, l'idrometro di Rimini SS16 ha fatto registrare un colmo di piena con livello idrometrico di 4,17 metri alle ore 14:00 poco al di sopra della soglia 3.

Il livello raggiunto a Rimini SS16 rappresenta il 2° caso critico della serie a partire dal 2001, anno in cui il bacino del Marecchia è stato strumentato in tempo reale. Poco più a valle in destra idraulica, la piena ha interessato anche l'alveo storico del Marecchia invadendo il parco fluviale e raggiungendo livelli anche superiori a quelli osservati durante l'evento del 26 novembre del 2005 che costituisce il primo caso critico in termini di livelli idrometrici registrati alle sezioni strumentate dal 2001.

Probabilmente l'evento dell'11 novembre è stato anche influenzato dalla situazione meteo marina particolarmente sfavorevole rispetto a quella registrata nella piena 2005, tuttavia è utile fare alcune considerazioni alla sezione dell'idrometro di Rimini SS16, che il 26 novembre 2005 ha registrato un valore al colmo di 5,05 metri, massimo livello dal 2001. La sezione di Rimini SS16 infatti, dopo l'evento del 2005, è stata oggetto di interventi di svaso ad opera dei Servizi Tecnici Regionali di Bacino, che ne hanno ampliato la capacità idraulica. Dal confronto fra le due diverse sezioni nei due eventi è risultato che nonostante la differenza di livello raggiunto, l'area bagnata occupata dalla corrente nell'evento del 2013 con livello idrometrico al colmo di 4,17 metri è risultata del tutto paragonabile a quella occupata dalla corrente nell'evento del 2005 con livello idrometrico al colmo di 5,05 metri. Pertanto l'effetto dello svaso è risultato determinante per mantenere il livello idrometrico ad una quota di sicurezza rispetto al ponte della statale SS16, con un franco di circa un metro rispetto al sottotrave.

Ne consegue che l'evento in esame e quello del 26 novembre 2005, valutati in termini di portata al colmo, sono del tutto confrontabili, così come sono confrontabili i livelli idrometrici raggiunti alla sezione di monte di Pietracuta. Non si riescono a fare confronti analoghi alla sezione intermedia di Ponte Verucchio che ha subito notevoli variazioni nel corso di questi anni per effetto del passaggio delle piene con notevole trasporto di fondo e conseguenti cambiamenti del letto inciso.

## 4.2. La piena del fiume Savio

Anche nel bacino del fiume Savio l'evoluzione della precipitazione è stata simile a quella registrata nel bacino del Marecchia, concentrandosi per lo più nella giornata di lunedì 11 novembre. Nella Figura 24 sono illustrati gli istogrammi di pioggia nelle stazioni più significative.

Le cumulate di pioggia registrata nell'evento variano dagli 80 ai 120 mm, con intensità orarie modeste, inferiori a 8 mm/ora in tutte le stazioni.

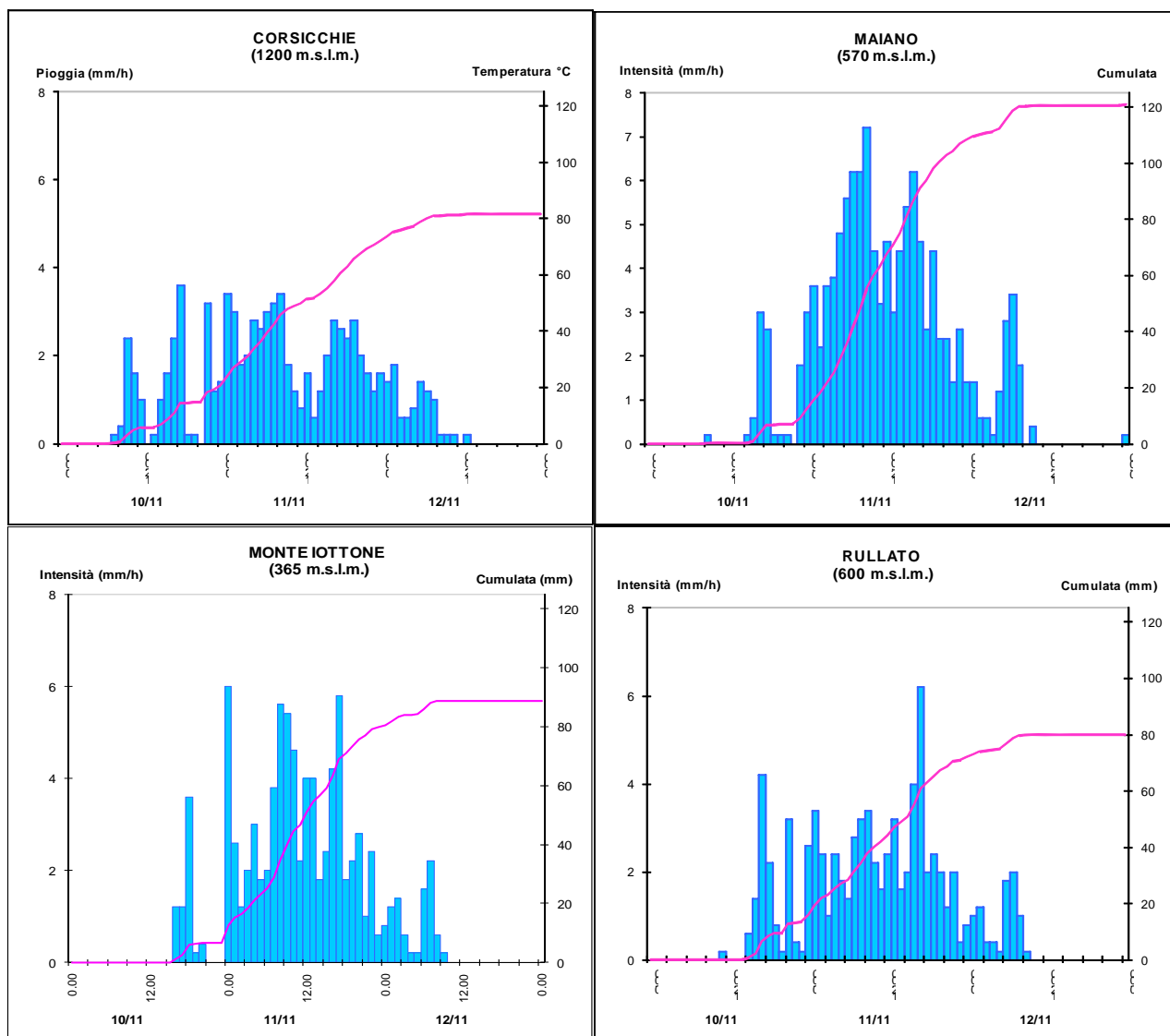


Figura 24: Pioggia oraria e cumulata nelle stazioni più significative del bacino del Savio

Nella Figura 25 e nella Figura 26 sono riportati da monte verso valle gli idrogrammi di piena a partire dalle sezioni di chiusura montana del bacino fino alle sezioni vallive del tratto arginato del fiume Savio.

Nelle sezioni di San Carlo e Cesena il colmo di piena ha superato la soglia 2 nella serata di lunedì 11 novembre con un livello rispettivamente di 4,69 metri alle 21:00 e di 6,88 metri alle 23:30. Nelle sezioni di valle i colmi sono stati raggiunti nella mattina di martedì 12 novembre, con livelli al colmo rispettivamente di 5,13 metri a Matellica, 8,71 metri a Castiglione (superiore alla soglia 3), e 5,52 metri nella sezione di Savio.

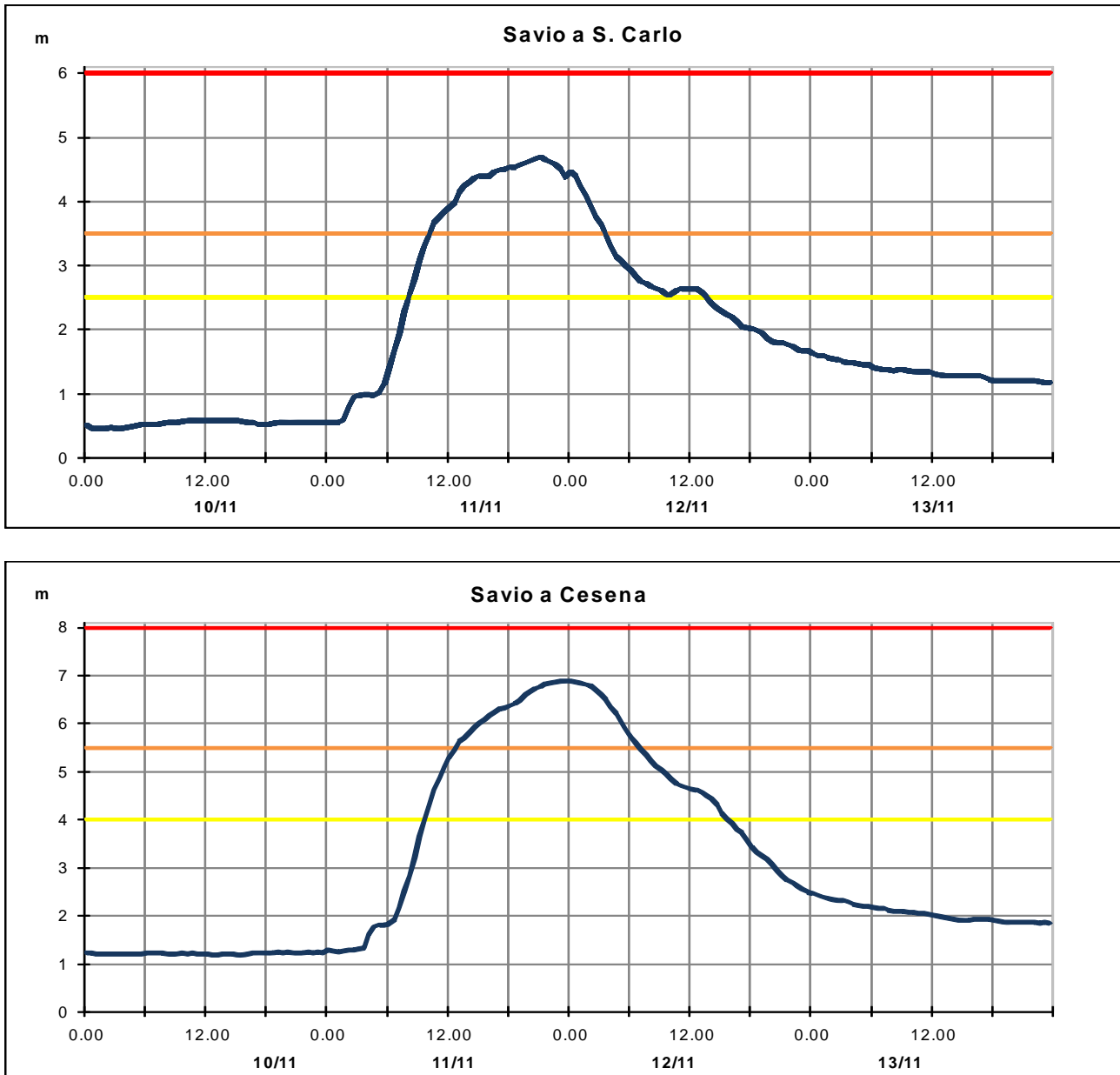


Figura 25: Idrogrammi di piena nelle sezioni medio-vallive del fiume Savio

Nella Tabella 4 è riportata una tabella di sintesi delle piene sui fiumi Savio e Marecchia, con l'indicazione dei colmi raggiunti, dei tempi e delle velocità di propagazione.

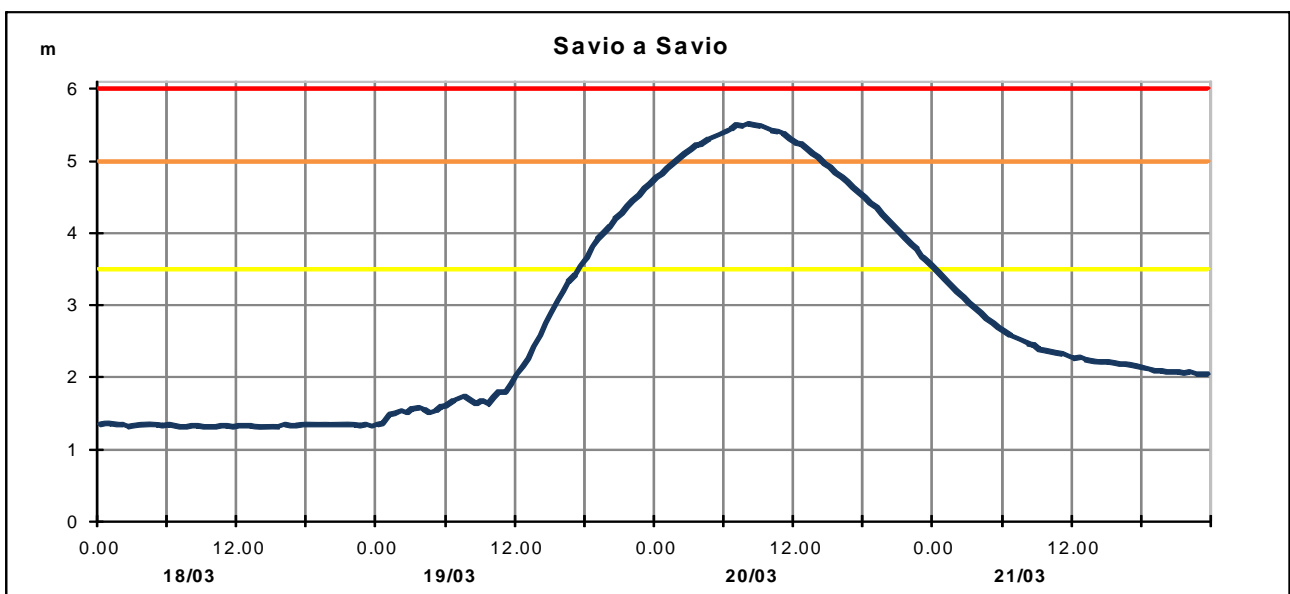
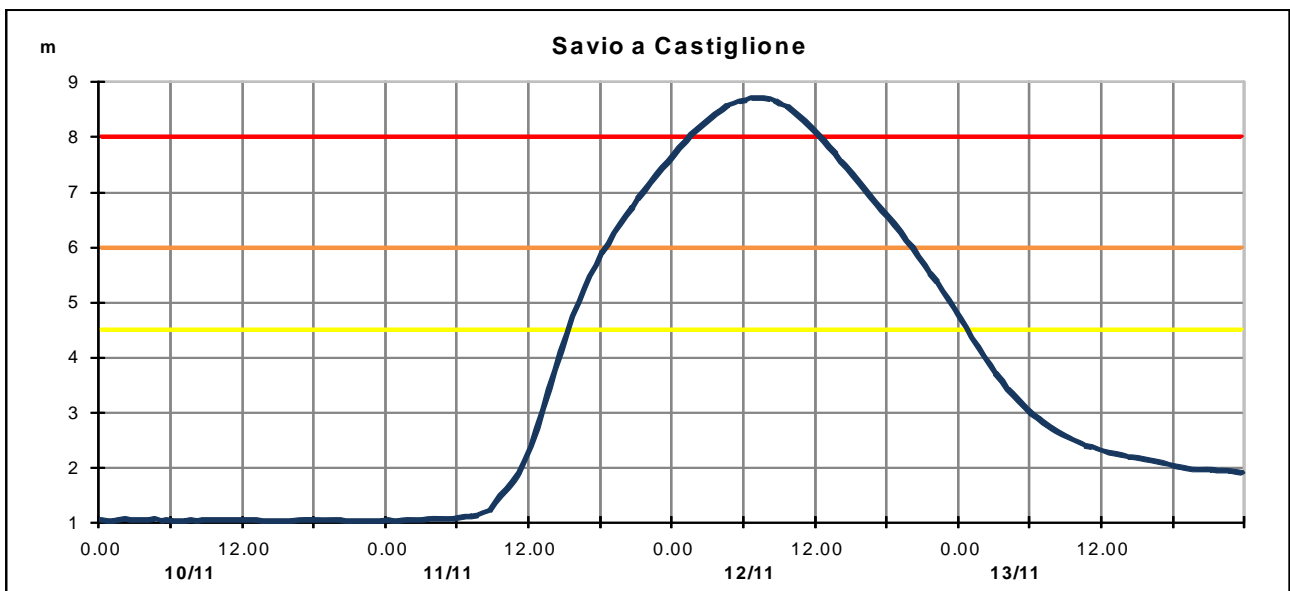
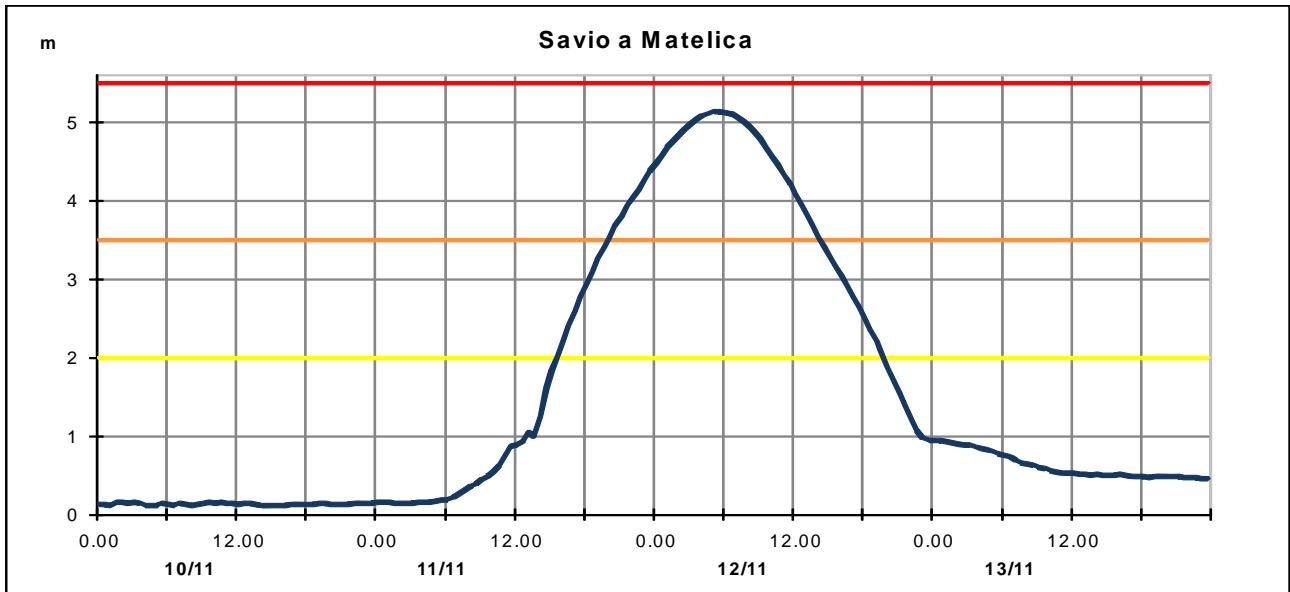



Figura 26: Idrogrammi di piena nelle sezioni vallive del fiume Savio

Tabella 4: Sintesi della piena di Savio e Marecchia, con l'indicazione dei colmi raggiunti e dei relativi tempi di trasferimento e velocità di propagazione.

 <span style="float: right;">P02a13</span>										
Servizio Idro - Meteorologico <b>AREA RETI - BOLOGNA</b>										
<b>BACINI ROMAGNOLI</b> <b>TABELLA delle PUNTE MASSIME</b>										
<b>PIENA dei gg. 11 - 12 NOVEMBRE 2013</b>										
Fiume SAVIO										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
QUARTO	30.7	30.7	*2.00	<b>3.57</b>	11	12.00	-	0.00	-	
MERCATO SARACENO	14.9	45.6	1.50	<b>1.69</b>	11	13.30	1.30	1.30	1.04	
confluenza Borello	<b>12.9</b>	<b>58.5</b>								
S.CARLO	5.8	64.3	2.50	<b>4.69</b>	11	21.00	7.30	9.00	-	
CESENA	8.6	72.9	4.00	<b>6.88</b>	11	23.30	2.30	11.30	-	
MATELLICA	18.1	90.9	2.00	<b>5.13</b>	12	5.00	5.30	17.00	0.90	
CASTIGLIONE	6.2	97.1	4.50	<b>8.71</b>	12	7.00	2.00	19.00	-	
SAVIO	7.2	104.3	3.50	<b>5.52</b>	12	8.00	1.00	20.00		
sbocco in Mare	8.5	112.9								
Torrente BORELLO										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
BORELLO	34.9	34.9	0.50	<b>0.81</b>	11	13.00	-	0.00		
sbocco in Savio	0.8	35.8								
<b>Note:</b> La diga di Ridracoli si presentava a inizio piena con un livello a quota di circa 533 m alle ore 0:00 del 10/11/13 ed ha invasato l'apporto del bacino diretto del Bidente fino ad una quota di 541 alle ore 12:00 del 12/11/13 per un totale di circa 5 mil di mc										
Fiume MARECCHIA										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Attenzione H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
MARECCHIA	22.2	22.2	-	-	-	-	-	-	-	
PIETRACUTA	16.1	38.3	2.00	<b>3.42</b>	11	9.30	-	0.00	-	
P.VERUCCHIO	7.8	46.1	2.70	<b>3.60</b>	11	10.30	1.00	1.00	2.77	
RIMINI SS16	17.2	63.3	2.20	<b>4.17</b>	11	14.00	3.30	2.30	-	
sbocco in Mare	2.4	65.7								

### 4.3. La piena dei fiumi Montone e Ronco

Nella Figura 27 sono riportati gli andamenti della pioggia oraria e cumulata nelle principali stazioni del bacino montano del Montone, dove sono state registrate cumulate comprese tra le 80 e i 100 mm, con intensità massime orarie modeste, inferiori ai 10 mm/ora in tutte le stazioni.

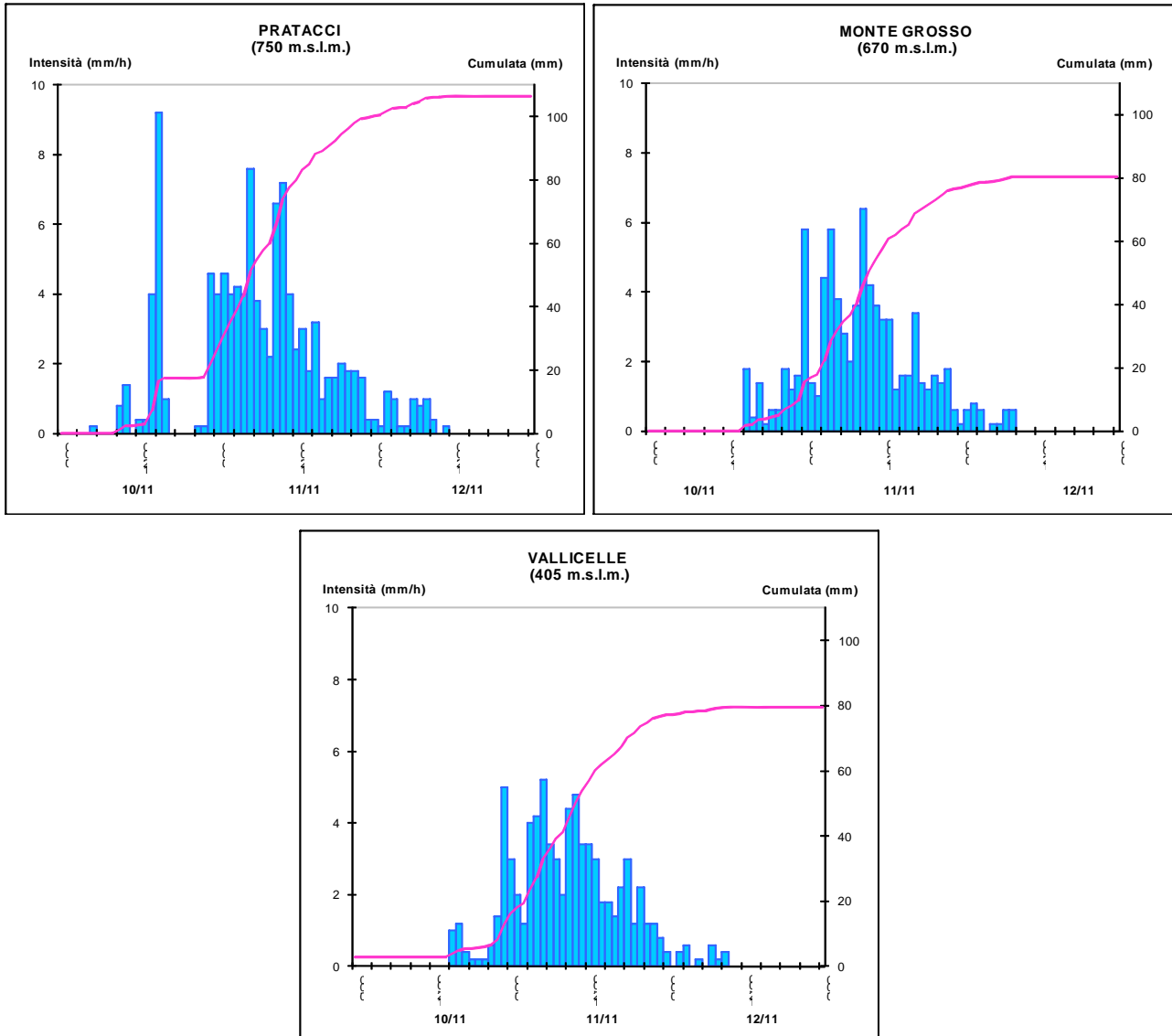


Figura 27: Pioggia oraria e cumulata dell'evento nelle stazioni più significative del bacino del Montone

Nella Figura 28 sono riportati gli idrogrammi di piena nelle sezioni vallive dei fiumi Montone, dove è stata superata la soglia 2 in tutte le sezioni con un livello al colmo di 5,63 metri a Forlì, lunedì 11 novembre alle 23:00, 6,66 metri a Ponte Braldo nella giornata di martedì 12 novembre alle 2:30 e 6,76 metri a Ponte Vico alle 8:00 sempre martedì 12 novembre.

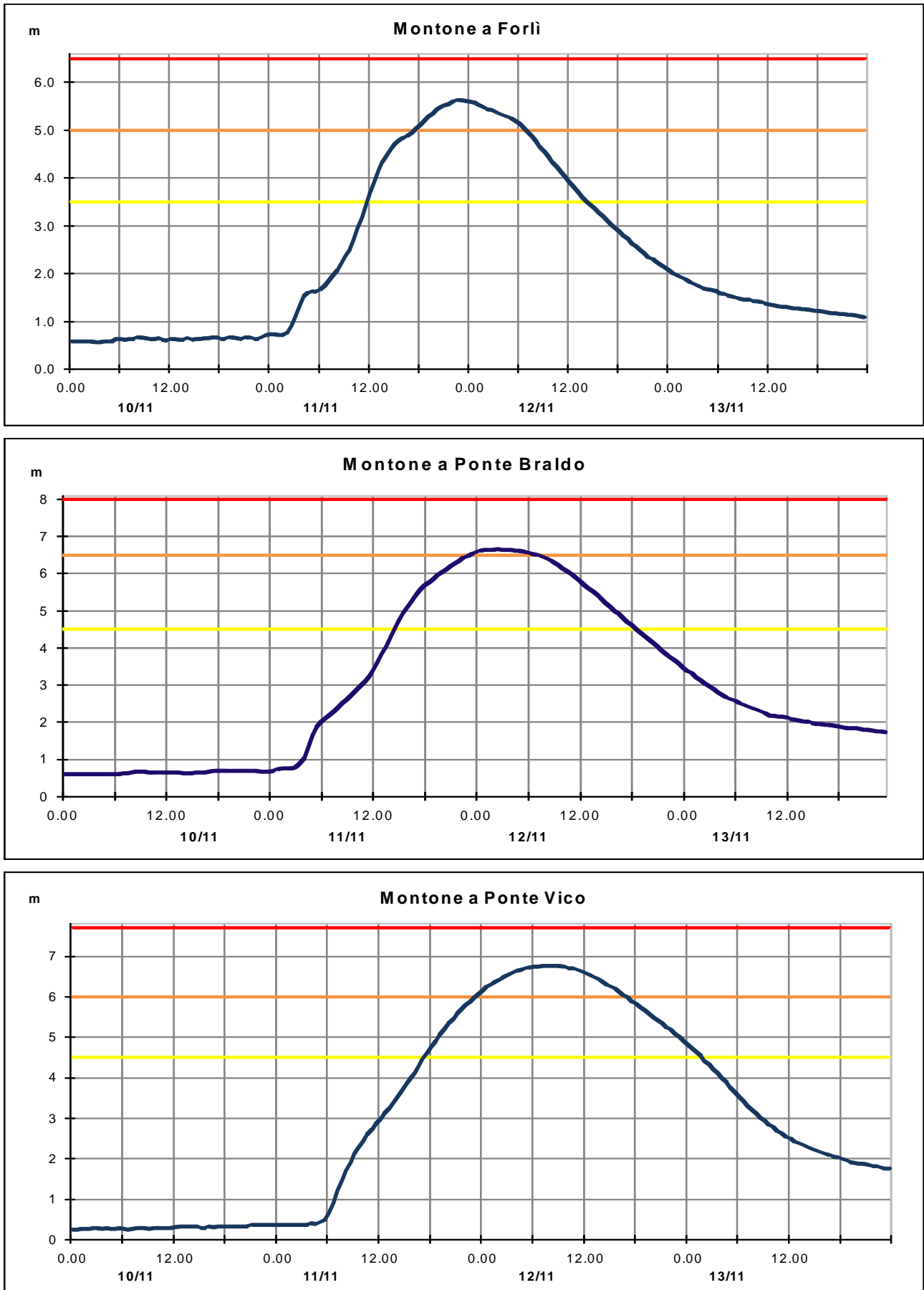


Figura 28: Idrogrammi di piena nelle sezioni vallive più significative del fiume Montone



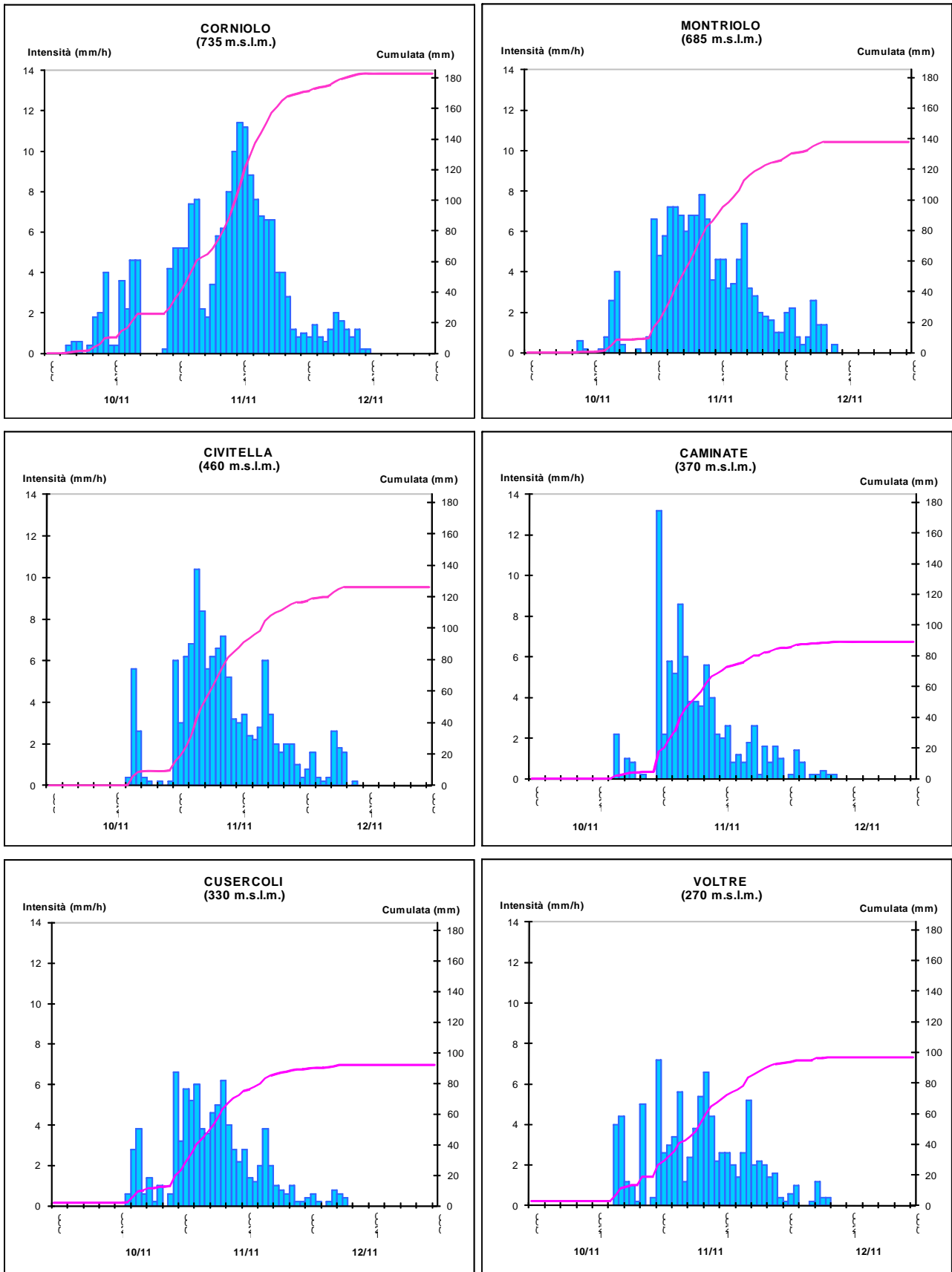


Figura 29: Pioggia oraria e cumulata nelle principali stazioni più significative del bacino montano del Ronco

*Sul bacino del Ronco si sono registrate le piogge cumulate (vedi*

Figura 29) e le intensità più elevate di tutto l'evento: a Corniolo sono caduti circa 180 mm di pioggia, con un'intensità massima di 93 mm in 12 ore.

Per quanto riguarda il fiume Ronco che ha beneficiato nel suo tratto montano dell'effetto di laminazione dell'invaso di Ridracoli che ha trattenuto tutto il volume di piena del bacino diretto, si riportano gli idrogrammi di piena nella Figura 30, con i colmi di piena che come si osserva si sono mantenuti al di sotto della soglia 2 in tutte le sezioni idrometriche, con livelli di:

- 0,98 metri nella sezione di Meldola alle 14:30 di lunedì 11 novembre;
- 5,34 metri nella sezione di Ronco alle 20:00 sempre di lunedì 11 novembre;
- 5,31 metri nella sezione di Coccolia alle 1:30 di martedì 12 novembre.

Nella Figura 31 sono invece riportati gli idrogrammi di piena nei tratti terminali del fiume Montone e del fiume Ronco, dove i livelli si sono mantenuti al di sotto della soglia 2 nelle sezioni di San Marco e di San Bartolo, con un valori al colmo influenzati dalla presenza delle chiuse e dalle relative manovre effettuate, con livelli rispettivamente di 2,13 metri alle 8:00 di martedì 12 novembre sul Montone, e di 4,22 metri alle 7:00 di martedì 12 novembre sul Ronco.

Dopo la confluenza dei due fiumi, alla sezione di valle di Rasponi, dotata anch'essa di chiusa, è stata superata la soglia 2 con un livello al colmo di 3,27m alle 7:30 del 12 novembre.

Nella Tabella 5 è riportata una tabella di sintesi della piena sui fiumi Ronco e Montone, con l'indicazione dei colmi raggiunti, dei tempi e delle velocità di propagazione.

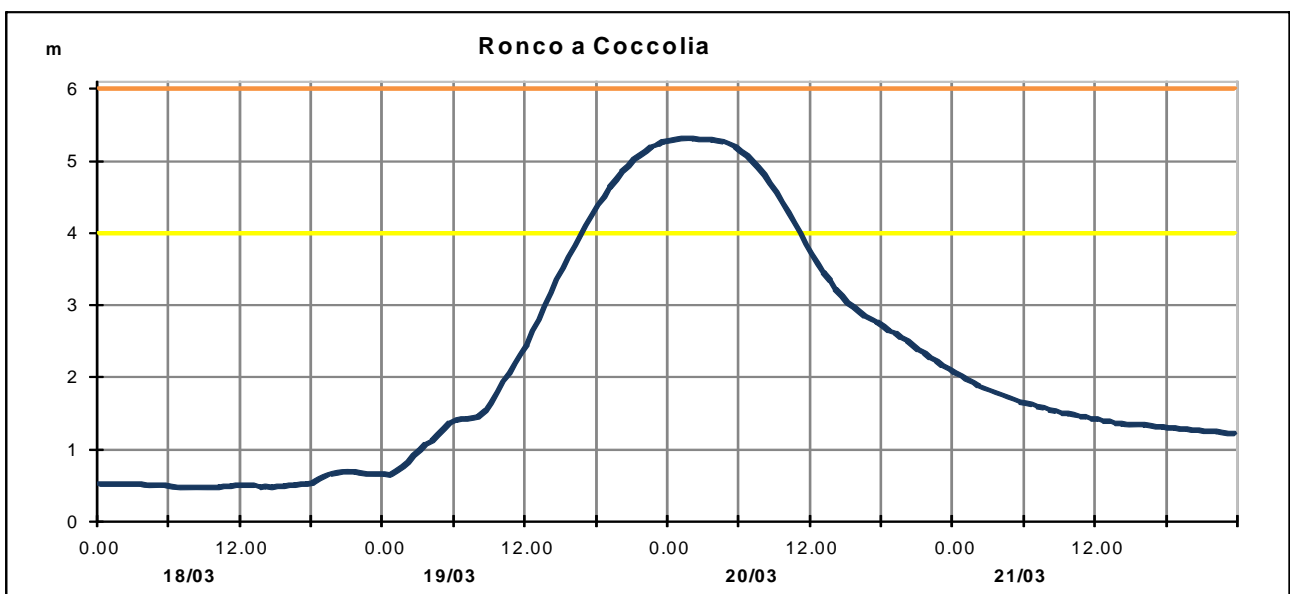
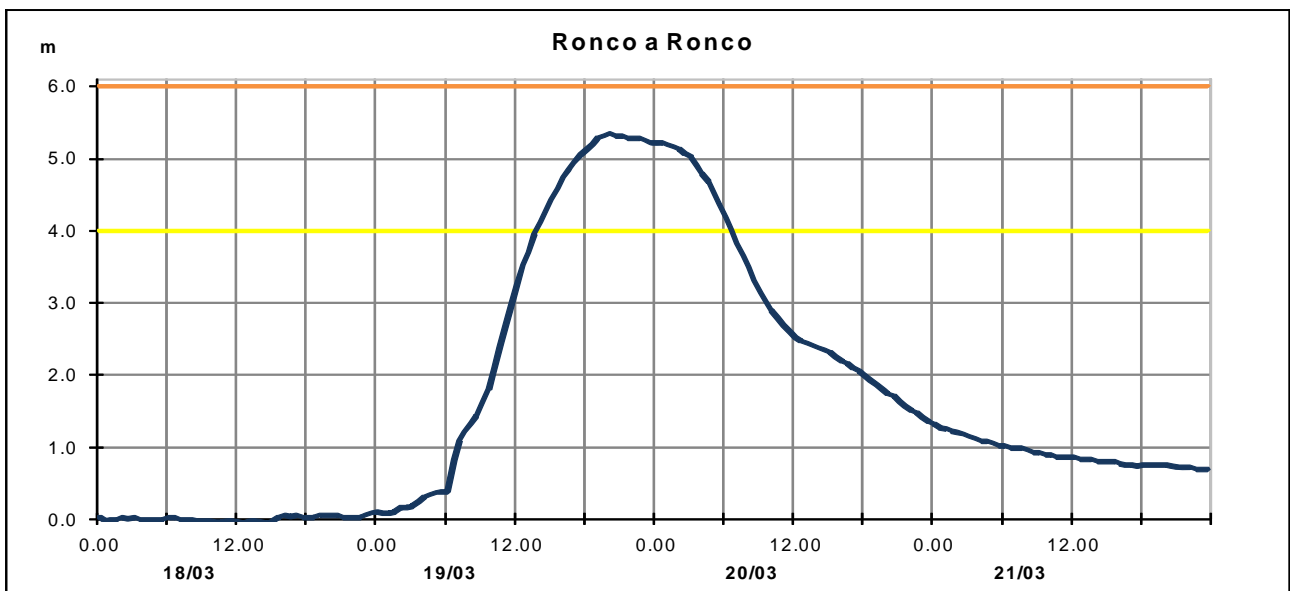
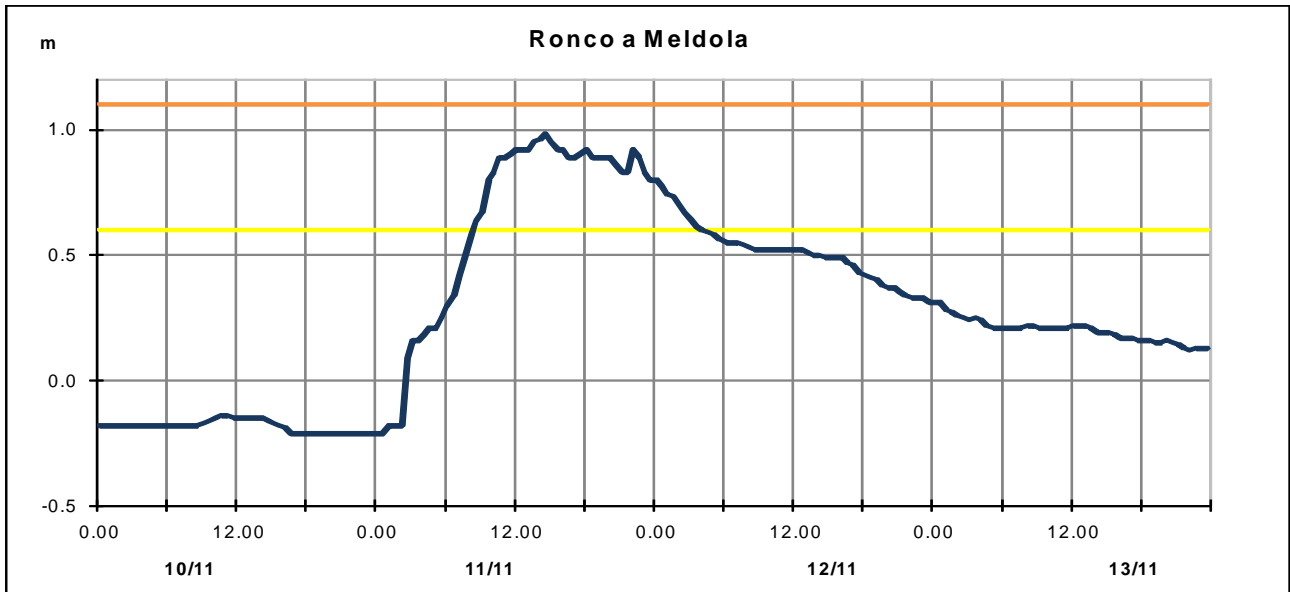


Figura 30: Idrogrammi di piena nelle sezioni vallive del fiume Ronco

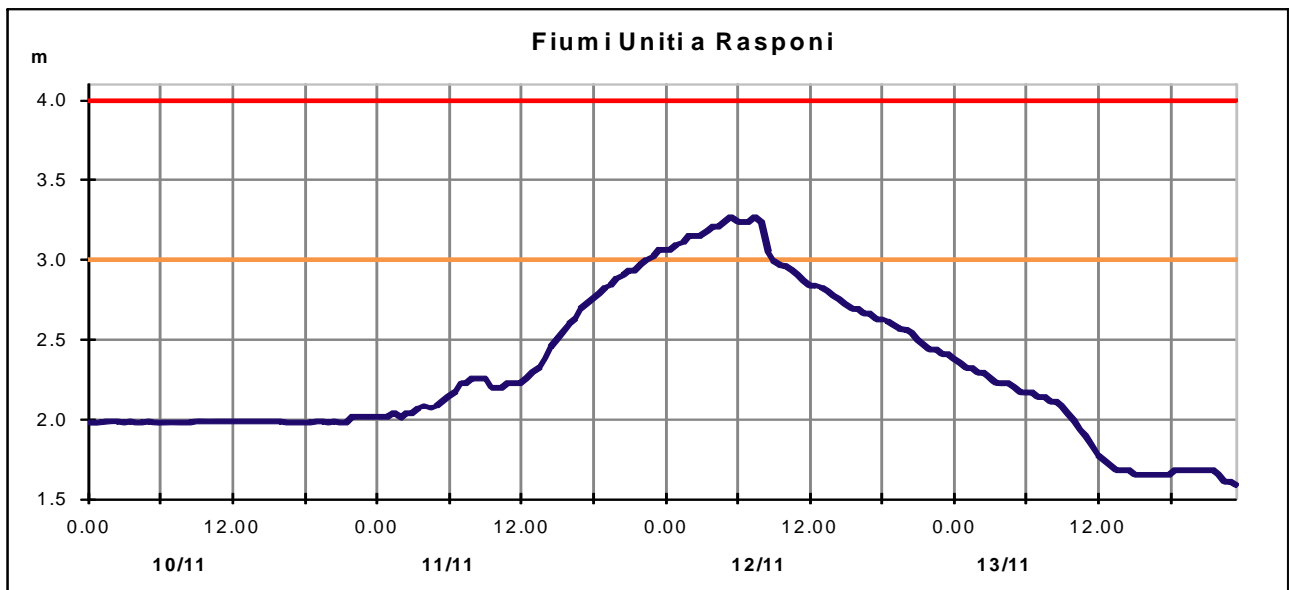
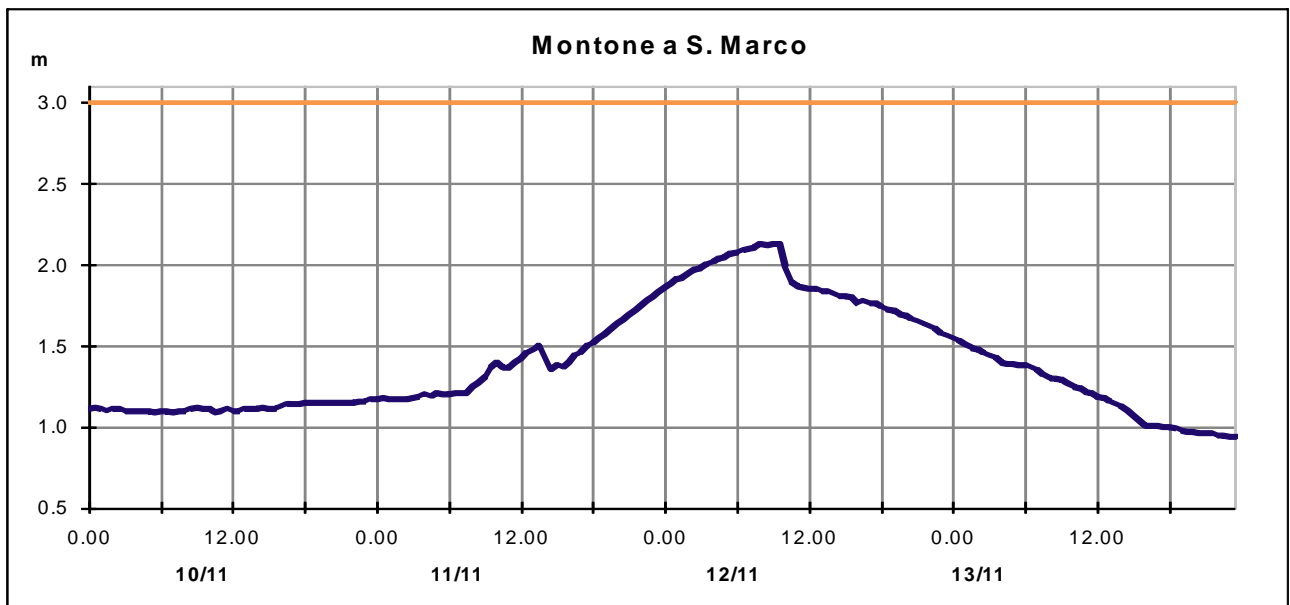
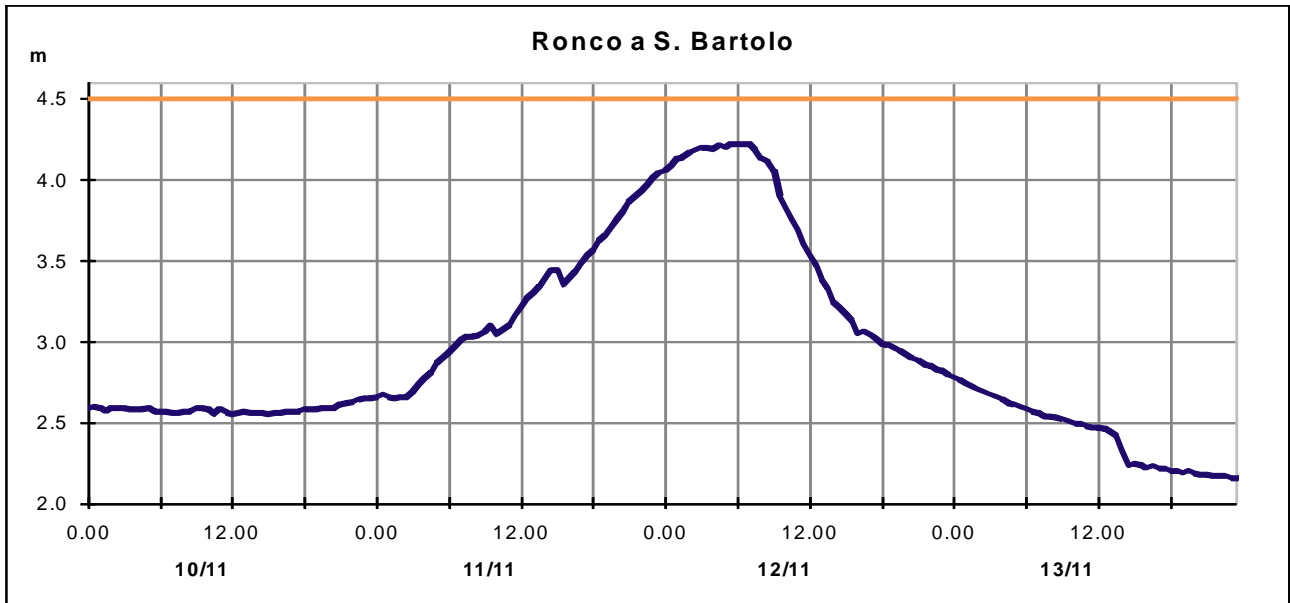



Figura 31: Idrogrammi di piena nelle ultime sezioni di Montone e Ronco e alla confluenza in Fiumi Uniti

Tabella 5: Sintesi della piena dei Fiumi Uniti, con l'indicazione dei colmi raggiunti e dei relativi tempi di trasferimento e velocità di propagazione.

 <span style="float: right;">P02a13</span>										
Servizio Idro - Meteorologico <b>AREA RETI - BOLOGNA</b>										
<b>BACINI ROMAGNOLI</b> <b>TABELLA delle PUNTE MASSIME</b>										
<b>PIENA dei gg. 11 - 12 NOVEMBRE 2013</b>										
<b>Fiume MONTONE - Fiumi UNITI</b>										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
ROCCA.S.CASCIANO	28.7	28.7	0.50	<b>0.87</b>	11	13.30	-	0.00	-	
CASTROCARO	22.7	51.4	1.30	<b>1.86</b>	11	16.30	3.00	3.00	1.08	
confluenza Rabbi	12.4	63.7								
FORLI'	1.9	65.6	3.50	<b>5.63</b>	11	23.00	6.30	9.30	-	
P.BRALDO	6.1	71.7	4.50	<b>6.66</b>	12	2.30	3.30	13.00	0.49	
P.VICO	9.7	81.4	4.50	<b>6.76</b>	12	8.00	5.30	18.30	-	
S.MARCO	13.9	95.4	*2.30	<b>2.13</b>	12	9.00				* livello 2
confluenza Ronco	2.7	98.1								
RASPONI	5.9	104.0	*3.00	<b>3.27</b>	12	7.30				* livello 2
sbocco in mare	3.8	107.8								
<b>Fiume RABBI</b>										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
PREDAPPIO	35.5	35.5	0.90	<b>1.23</b>	11	15.30	-	0.00	-	
P.CALANCA	12.2	47.6	1.30	<b>1.09</b>	11	19.00	3.30	3.30	0.96	
sbocco in Montone	10.3	57.9								
<b>Fiume RONCO</b>										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
S.SOFIA	23.0	23.0	0.90	<b>1.45</b>	11	11.00	-	0.00	-	
confluenza Voltre	30.4	53.5								
MELDOLA	2.3	55.7	0.60	<b>0.98</b>	11	14.30	3.30	3.30	1.54	
RONCO	17.3	73.1	4.00	<b>5.34</b>	11	20.00	5.30	9.00	-	
COCCOLIA	11.5	84.5	4.00	<b>5.31</b>	12	1.30	5.30	14.30	0.59	
S.BARTOLO	9.6	94.2	*4.50	<b>4.22</b>	12	6.00	4.30	19.00	-	* livello 2
sbocco in Montone - F.Uniti	4.1	98.3								
<b>Torrente VOLTRE</b>										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Guardia H idr.ca	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
TEODORANO	23.7	23.7	0.80	<b>0.83</b>	11	12.00	-	0.00		
sbocco in Ronco	2.6	26.3								

## 5. Analisi del vento

In Tabella 6 sono riportate le stazioni, che per la giornata dell'11 novembre hanno registrato valori di vento massimo superiori a 20 m/s.

Tabella 6: Velocità di vento oraria nella giornata dell'11/11/2013, nelle stazioni che hanno registrato massimi superiori ai 20 m/s

Data e ora (locale)	Martorano (FC)	Ravenna Urbana (RA)	Cesena Urbana (FC)	Rimini Urbana (RN)	Mulazzano (RN)
11/11/2013 00:00	20,7	16,9	20,7	24,3	18,0
11/11/2013 01:00	23,0	19,5	20,8	25,5	21,9
11/11/2013 02:00	19,2	17,5	19,7	26,6	21,7
11/11/2013 03:00	17,0	17,5	18,7	25,0	22,3
11/11/2013 04:00	15,1	17,1	14,6	22,8	19,8
11/11/2013 05:00	14,2	18,5	11,6	18,3	14,5
11/11/2013 06:00	16,5	12,9	15,8	16,7	15,7
11/11/2013 07:00	16,3	15,3	20,0	16,8	12,6
11/11/2013 08:00	15,2	13,7	16,0	19,5	14,1
11/11/2013 09:00	16,9	15,7	19,5	18,4	14,1
11/11/2013 10:00	18,9	20,8	20,0	18,0	22,4
11/11/2013 11:00	16,8	20,0	19,3	17,0	17,8
11/11/2013 12:00	15,0	18,9	16,0	15,8	11,8
11/11/2013 13:00	16,3	20,9	17,6	18,8	19,8
11/11/2013 14:00	13,7	19,7	14,2	18,6	22,0
11/11/2013 15:00	13,4	19,2	14,1	18,7	16,6
11/11/2013 16:00	9,9	16,2	11,8	18,4	16,2
11/11/2013 17:00	13,7	14,6	18,5	20,8	22,4
11/11/2013 18:00	15,4	14,4	18,8	21,0	20,8
11/11/2013 19:00	14,6	15,1	16,0	20,1	19,3
11/11/2013 20:00	15,4	12,8	16,5	19,0	20,5
11/11/2013 21:00	14,4	16,1	16,9	19,5	21,4

Forti venti di bora si sono registrati nelle stazioni del riminese: in particolare la stazione Rimini urbana (posizionata in centro, in Piazzale Gramsci) documenta i valori più alti di intensità del vento, con dati di massima velocità superiori a 55 km/h per 24 ore consecutive.

Selezionando in questo arco di tempo il periodo con le intensità maggiori, si vede dalla Tabella 7 come dalle ore 01:00 alle ore 05:00 del giorno 11 novembre si è sempre registrato un picco di intensità massima compresa tra 22,8 e 26,6 m/s, che equivalgono a un intervallo di 82 – 96 km/h.

Tabella 7: Dati orari del vento della stazione Rimini urbana

Data e ora (locale)	Direzione vento medio (gradi)	Velocità media vento (m/s)	Velocità massima vento (m/s)
11/11/2013 01:00	1	10,6	24,3
11/11/2013 02:00	357	12,0	25,5
11/11/2013 03:00	360	12,6	26,6
11/11/2013 04:00	357	11,4	25,0
11/11/2013 05:00	360	9,5	22,8

Gli effetti dei possibili danni causati dal vento sono associati alla scala Beaufort, che in senso stretto è riferita ai valori di vento medio; se consideriamo il dato di 12,6 m/s (45 km/h circa), esso appartiene al valore 6 di detta scala, cui corrisponde l'effetto "si muovono anche grossi rami".

I dati di raffica o vento massimo riportati in Tabella 7 sono invece associabili ai valori 9 e 10 della scala Beaufort, a cui sono associati rispettivamente i seguenti effetti: "piccoli danni strutturali agli edifici, quali caduta di tegole, etc.", "alberi divelti", come è stato effettivamente riscontrato sul territorio.

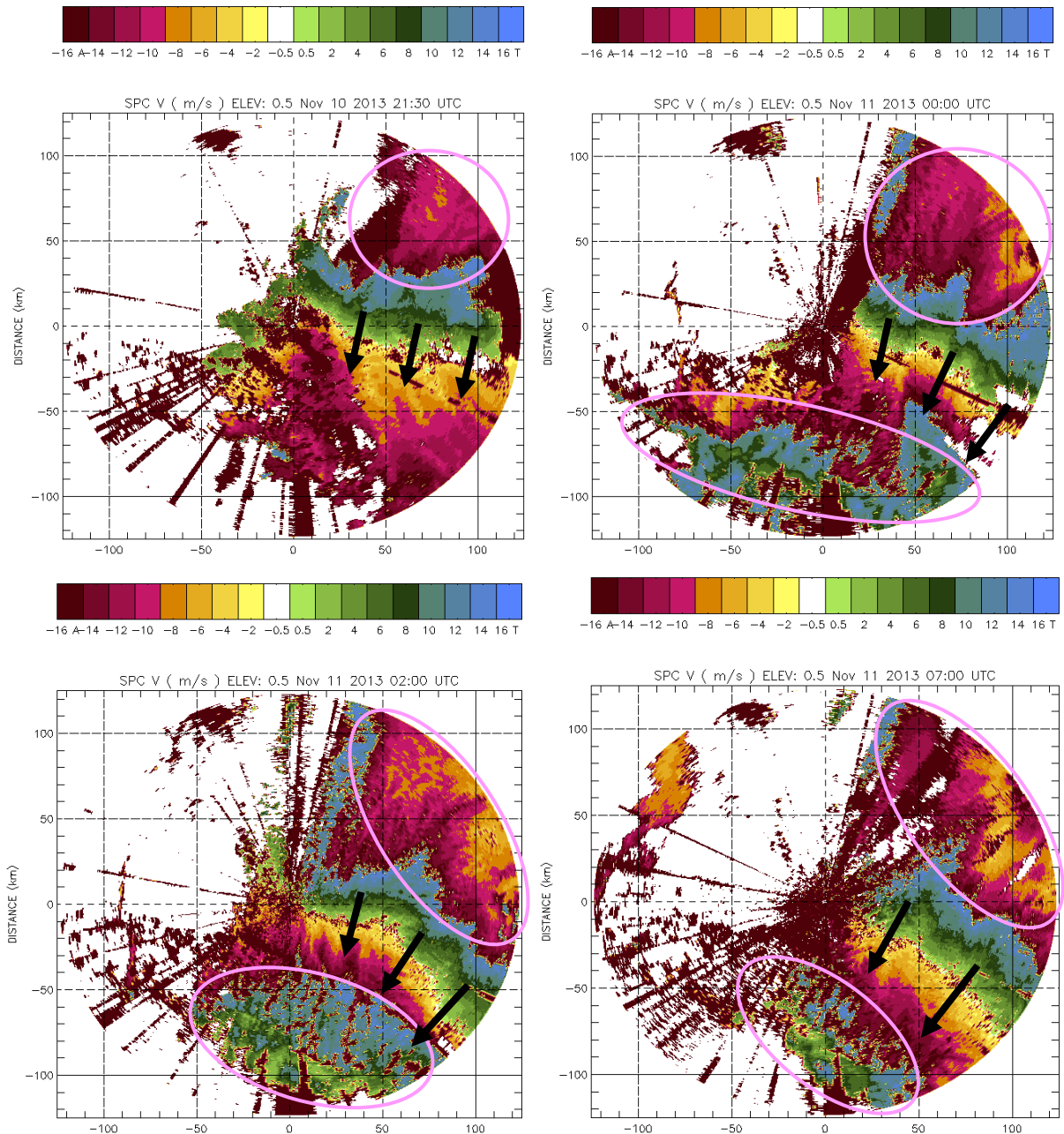


Figura 32: Mappe di velocità di vento radiale del radar di San Pietro Capofiume per l'elevazione più vicina al suolo del 10/11/2013 alle 21:30 UTC (in alto a sinistra) e dell'11/11/2013 alle 00:00 UTC (in alto a destra), alle 02:00 UTC (in basso a sinistra) ed alle 07:00 UTC (in basso a destra).

Nella Figura 32 è presentata una sequenza di immagini di vento radiale osservato dal radar di San Pietro Capofiume all'elevazione più vicina al suolo. La componente radiale positiva indica un vento in avvicinamento al radar. In tutti e quattro i pannelli è evidente il fenomeno dell'“aliasing” (evidenziato nei cerchi rosa) dovuto all'osservazione di una velocità maggiore della velocità massima rilevabile da radar. I venti rilevati toccano in alcuni punti (aree in arancione chiaro all'interno della regione soggetta ad aliasing) dei valori maggiori a 26 m/s. Le frecce nere indicano la direzione del vento. Si osserva, nella sequenza delle immagini, una rotazione in senso orario del flusso, proveniente inizialmente da nord e che, in seguito, tende a disporsi da nord-est. Alle 00:00 UTC ed alle 02:00 UTC è presente anche una rotazione del vento con la quota (shear).

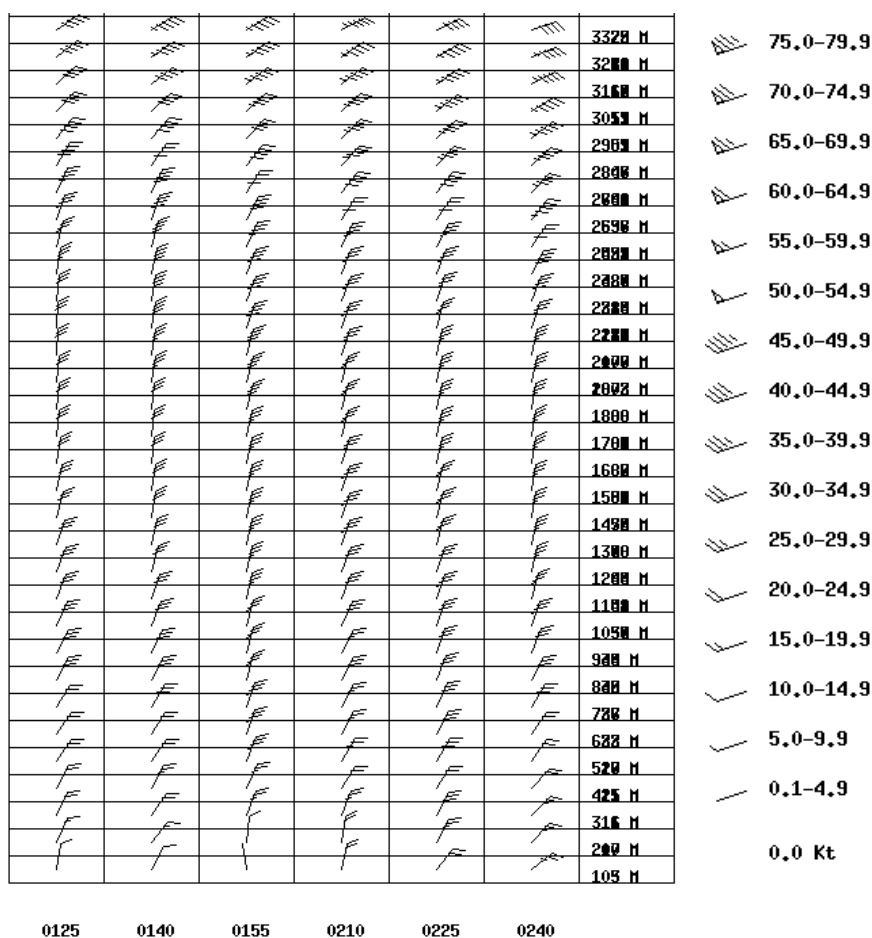


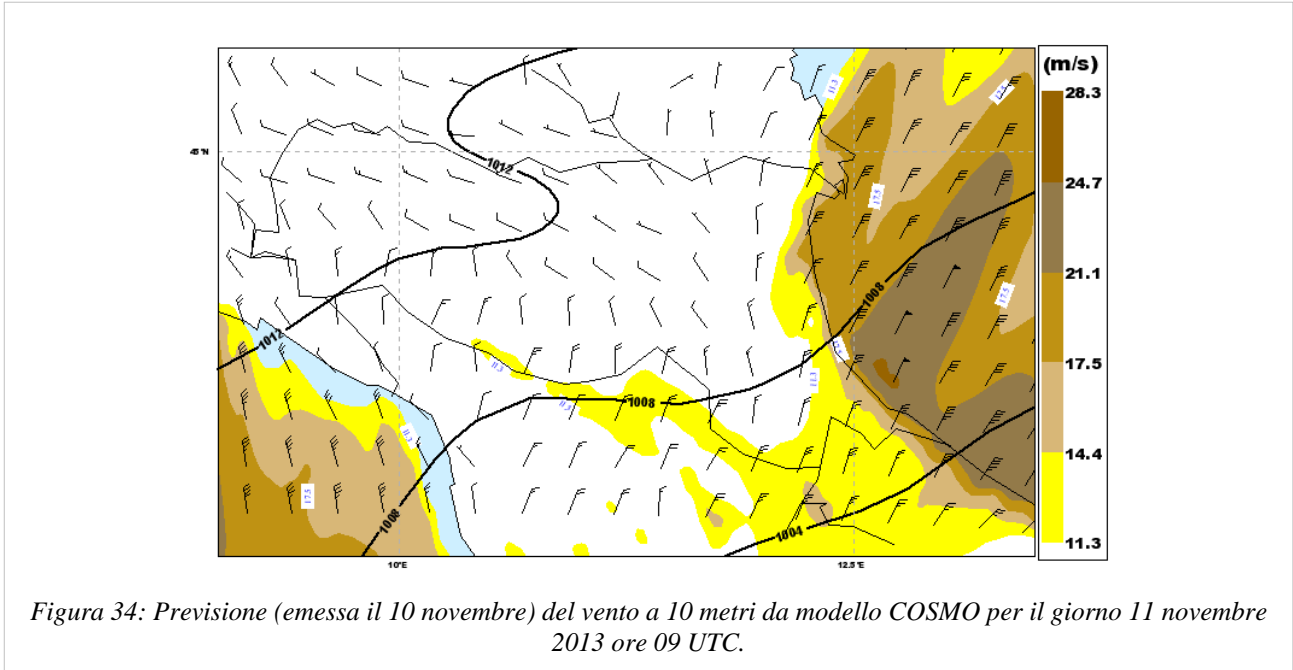
Figura 33: Profilo di vento (fino a 3400 m di quota.) derivato dalla massima elevazione del radar di San Pietro Capofiume per le acquisizioni delle 01:25 UTC, 01:40 UTC, 01:55 UTC, 02:10 UTC, 02:25 UTC e 02:40 UTC. Le velocità sono riportate in nodi (1 nodo=0,51 m/s).

Nella Figura 33 sono mostrati i profili di vento derivati, tramite tecnica VAD, dal radar di San Pietro Capofiume alla massima elevazione disponibile per 6 acquisizioni. Tali profili rappresentano la stima della velocità del vento su San Pietro Capofiume. L'immagine mostra la rotazione del vento, sia nel tempo che con la quota. I dati, riportati circa ogni 100 m d'altezza, evidenziano l'aumento della velocità del vento con la quota. Al suolo i venti stimati si attestano al di sotto di 10 m/s, in linea con la misura della stazione meteorologica di San Pietro Capofiume, per raggiungere valori di circa 20 m/s ad 1 km di quota e 25 m/s a 3 km.



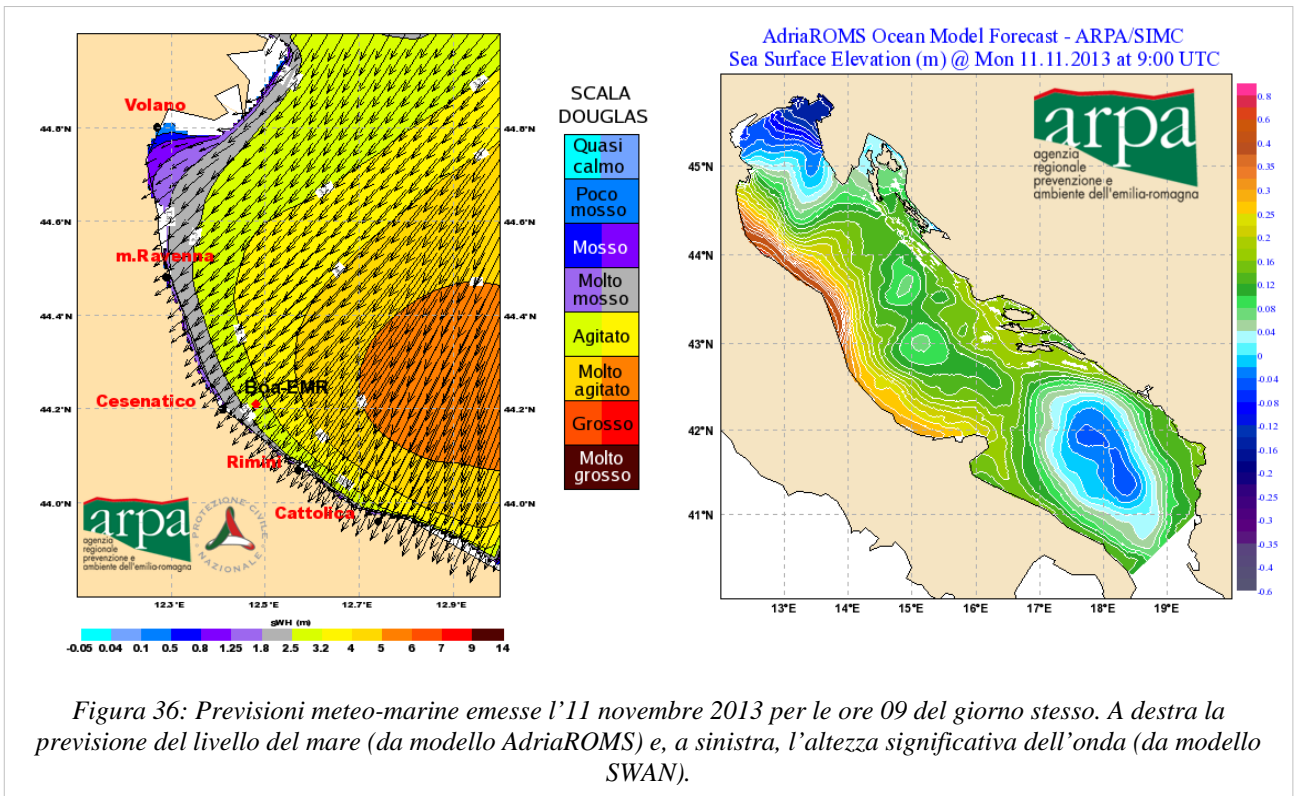
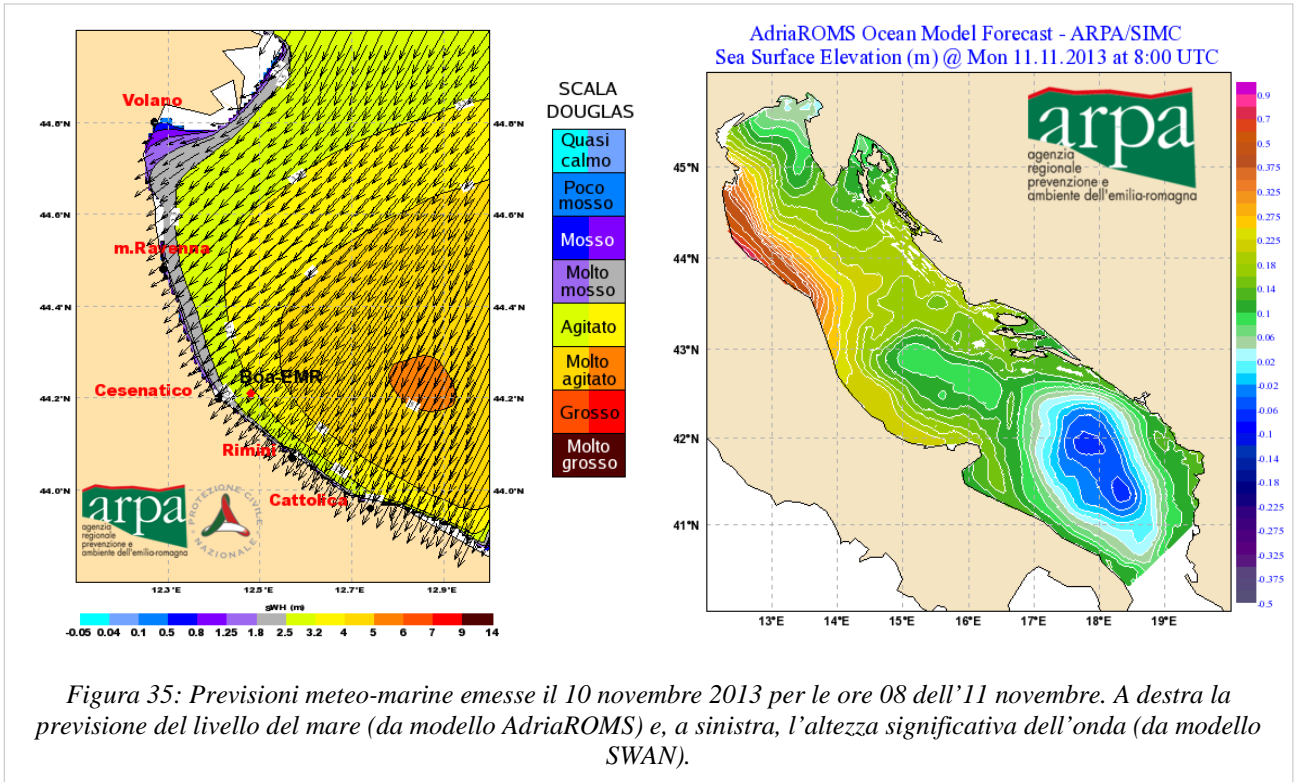
## 7. Stato del mare

Le previsioni meteorologiche e meteo-marine, già dal giorno 9 novembre 2013, manifestavano venti intensi di Bora sul Triveneto che, a iniziare dalla serata-nottata di domenica 10 novembre avrebbero interessato anche la costa emiliano-romagnola e proseguito in maniera consistente per tutta la giornata di lunedì 11 (vedi Figura 35).



Le condizioni dello stato del mare previste (già dal giorno 9, ma confermate anche dalle emissioni del 10 e 11 novembre) erano di mare agitato sottocosta e molto agitato al largo nel corso della giornata di lunedì 11 fino alla mattinata di martedì 12, con un primo picco di intensità previsto per le ore 08-09 UTC dell'11 novembre 2013. Le previsioni del livello del mare mostravano, per gli stessi orari, valori prossimi a 0.8 metri lungo tutta la costa dell'Emilia-Romagna (vedi Figura 35 e Figura 36).

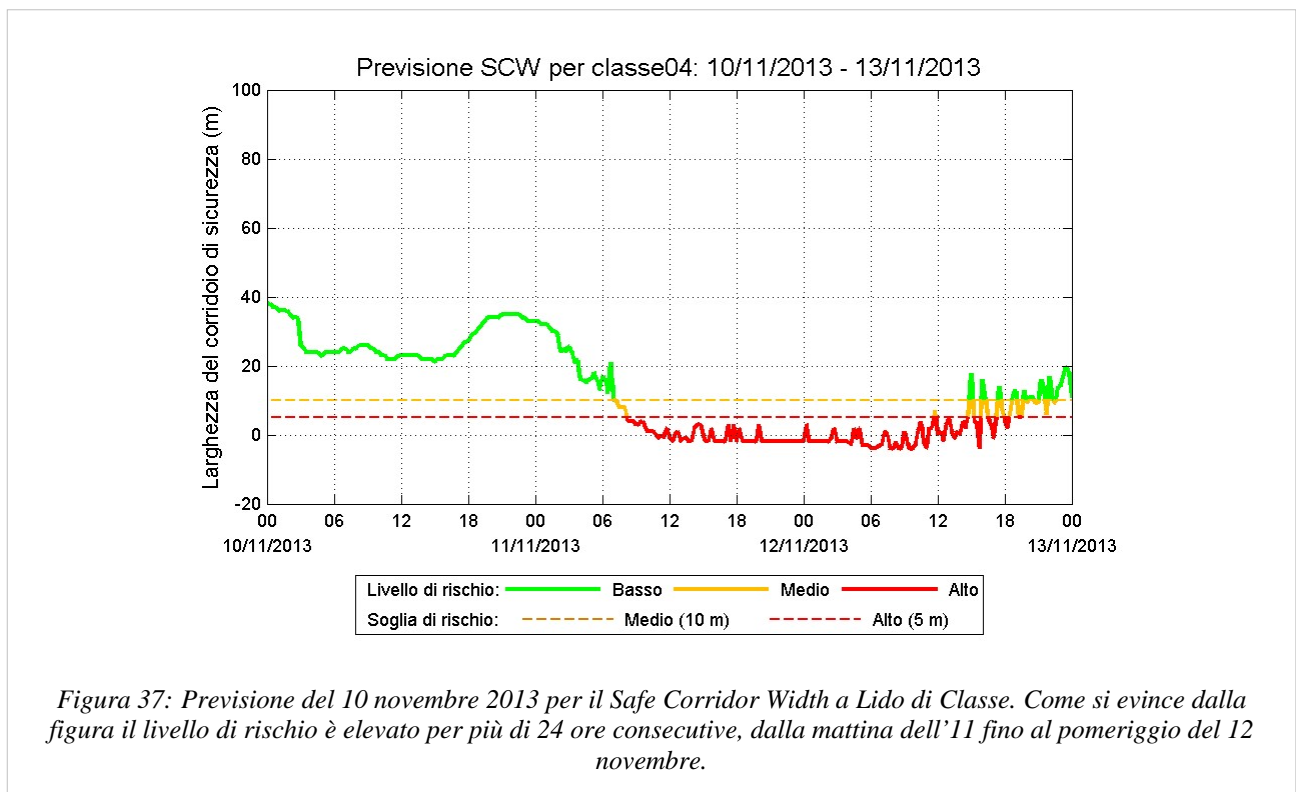
Le condizioni del moto ondoso (agitato sulla costa e molto agitato al largo) in combinazione a valori del livello del mare sostenuti, erano tali da essere ritenuti critici per il rischio costiero, sia per la sola altezza dell'onda, che per la combinazione dei loro due effetti.



Le previsioni dell'indicatore Safe Corridor Width nella zona di Lido di Classe (vedi Figura 37), in cui è attivo il modello per la previsione della morfodinamica costiera, inoltre, indicavano un livello di rischio elevato per più di 24 ore consecutive, partendo dalla mattina dell'11 fino al pomeriggio del 12 novembre.

Il Safe Corridor Width (SCW) è un indicatore definito solo per le zone di costa naturale (senza la presenza di edifici balneari) ed è finalizzato a prevenire gli incidenti mortali dovuti a mareggiate intense, durante le quali gli alti livelli d'acqua e/o *overtopping* possono risultare pericolosi per gli utenti. SCW è usato per prevedere quando la spiaggia sarà troppo stretta (sotto un valore di soglia prefissato) da permettere che la gente cammini senza alcun pericolo, date le avverse condizioni meteo-marine. Definisce quindi un corridoio sicuro lungo il quale la gente si può allontanare in caso di mareggiate intense che provocano ingressione marina sulla zona litoranea.

Il Safe Corridor Width è ottenuto attraverso la modellistica di morfodinamica costiera *xbeach* ([www.xbeach.org](http://www.xbeach.org)) che gira operativamente per alimentare il prototipo di EWS (Early Warning System, <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/ews/>) dell'Emilia-Romagna sviluppato durante il progetto europeo MICORE ([www.micore.eu](http://www.micore.eu)).



Le misurazioni del livello del mare hanno registrato a Porto Corsini un valore massimo di 84 cm alle ore 17:30 UTC dell'11 novembre 2013, mentre le misurazioni ondametriche della boa Nausicaa di Cesenatico, posizionata nella parte centrale della Regione riportano un'onda massima di 3.79 m sempre alle ore 17:30 dell'11 (Figura 38). Va sottolineato che, mentre la marea si è mantenuta su valori non particolarmente eccezionali, lo stato del mare ha registrato un'onda significativa superiore ai 3 metri di altezza per un arco temporale di oltre 24 ore, rappresentando un trasferimento energetico rilevante dal mare sulla costa, i cui effetti dovranno essere certamente indagati ed analizzati.

Si riportano di seguito alcune immagini della mareggiata che ha interessato tutta la costa emiliano-romagnola.



Figura 38: Altezza significativa dell'onda registrata dalla boa dell'Emilia-Romagna Nausicaa installata al largo di Cesenatico e livello del mare registrato dal mareografo della Rete Mareografica Nazionale gestito da ISPRA ed installato a Porto Corsini (Ravenna). Entrambi gli strumenti hanno registrato il massimo delle rispettive grandezze alle ore 17:30 UTC dell'11 novembre 2013.



Figura 39: Cesenatico. Fonte web: [http://bologna.repubblica.it/cronaca/2013/11/11/foto/maltempo\\_bora\\_in\\_riviera\\_cesenatico\\_allagata-70746837/1/#5](http://bologna.repubblica.it/cronaca/2013/11/11/foto/maltempo_bora_in_riviera_cesenatico_allagata-70746837/1/#5), <http://multimedia.quotidiano.net/?tipo=photo&media=83406>



Figura 40: Cesenatico. Fonte web: <http://multimedia.quotidiano.net/?tipo=photo&media=83406>



Figura 41: Il porto canale di Cervia. Fonte web: <http://cerviaemilanomarittima.com/2013/11/12/mareggiata-11-novembre-2013/>

## **8. Dissesti sul territorio e danni registrati**

I danni registrati sul territorio riguardano principalmente la fascia costiera dove si sono verificati estesi allagamenti e fenomeni di erosione. Nella costa ravennate e soprattutto lungo quella del riminese si segnalano anche ingenti danni alle dune sabbiose erette a protezione dei primi manufatti. Sempre nel riminese vengono segnalate anche le esondazioni del Marano, nel comune di Coriano, e del Ventena nel comune di Montefiore. Nella fascia appenninica si registrano anche smottamenti nel comune di Modigliana (Forlì) e Pennabilli (Rimini).

## **9. Attività svolta dal Centro Funzionale**

Il Centro Funzionale della Regione Emilia Romagna ha seguito l'evento in esame a partire dalla fase previsionale delle precipitazioni e successivo monitoraggio delle piene fluviali.

In particolare, nella mattina di sabato 9 novembre, è stato emesso un Avviso Meteo per vento, stato del mare ed evento costiero. Nello stesso avviso meteo si forniva inoltre un'indicazione sulla possibilità di precipitazioni intense nelle macroaree A,B e C, senza però dare una precisa quantificazione delle precipitazioni, data la discordanza della modellistica previsionale.

Nella mattinata di domenica 10 novembre è stato emesso anche un Bollettino di Vigilanza Idrogeologica con criticità ordinaria nelle macroaree A e B a cui sono seguiti a partire dalle 9,30 di lunedì 11 novembre fino alle 18,00 di martedì 12 novembre, 6 bollettini di monitoraggio (857/1/CF, 857/2/CF, 857/3/CF, 857/4/CF, 857/5/CF, 857/6/CF) recanti informazioni sull'evoluzione dell'evento meteo e delle piene fluviali in atto.

**Arpa Emilia-Romagna**

**Via Po 5, Bologna**

**051 6223811**

**[www.arpa.emr.it](http://www.arpa.emr.it)**

**Servizio IdroMeteoClima**

**Viale Silvani 6, Bologna**

**+39 051 6497511**

**[www.arpa.emr.it/sim](http://www.arpa.emr.it/sim)**

