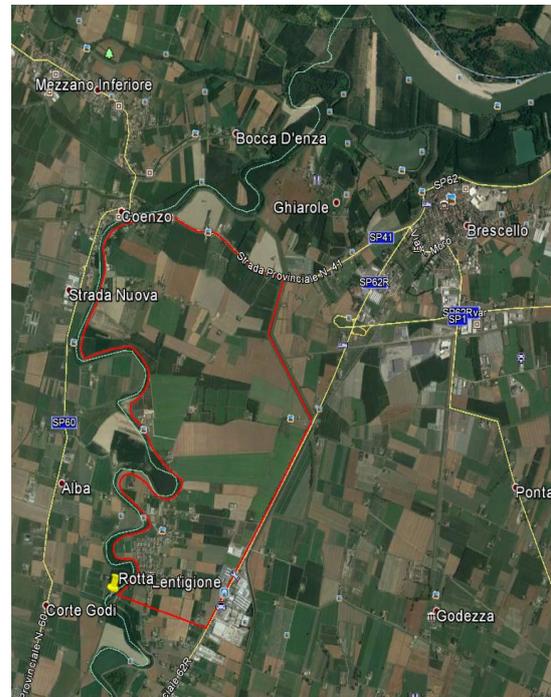


Rapporto dell'evento idro-meteorologico dall'8 al 12 dicembre



A cura di
**Unità Radarmeteorologia, Radarpluviometria,
Nowcasting e Reti non convenzionali
Unità Gestione Rete Idrometeorologica RIRER
Area Centro Funzionale e Sala Operativa Previsioni
Area Idrografia ed Idrologia
Area Modellistica Meteorologica Marina**

BOLOGNA, 15 /12/2017

Riassunto

Le giornate dall'8 al 12 dicembre sono state caratterizzate da diversi fenomeni meteorologici che hanno causato ingenti danni in diverse aree della Regione. Tra i più rilevanti si segnalano:

- *piogge eccezionali tra domenica 10 e lunedì 11 sui settori appenninici centro occidentali con cumulate di 300-500 mm in 36 ore;*
- *pioggia che gela nelle colline del piacentino, parmense, reggiano, modenese e bolognese, nella giornata di domenica 10 dicembre;*
- *venti di burrasca forte con raffiche di 170 km/h registrate a Lago Scaffaiolo sull'Appennino modenese (quota 1750 metri), di 180 km/h registrate a Loiano nel bolognese (740 metri slm) e di 97 km/h registrate a Mulazzano in provincia di Rimini (190 metri slm).*

A seguito delle intense precipitazioni si sono determinati significativi eventi di piena di elevato volume su tutti gli affluenti emiliani del Po, e sul fiume Reno, con livelli idrometrici superiori ai massimi storici, in alcune sezioni dei fiumi Parma, Enza e Secchia. Si sono verificate delle rotture arginali del fiume Enza nel Comune di Brescello (RE) con allagamenti dell'abitato di Lentigione; sono state registrate delle tracimazioni del fiume Parma nell'abitato di Colorno (PR).

In copertina: Enhanced Infrared da satellite del 11-12-2017 alle 06:00 UTC(a sinistra) e localizzazione dell'area alluvionata a seguito della rotta arginale del fiume Enza in località Lentigione (Brescello, RE)

INDICE

1. Evoluzione generale e zone interessate	4
2. Analisi dell'evoluzione alla mesoscala sull'Emilia-Romagna	7
3. Analisi delle precipitazioni e delle piene fluviali sul territorio regionale	14
4. Analisi della neve, del gelicidio ed effetti al suolo.....	31
5. Analisi del vento, del mare ed effetti al suolo	36

1. Evoluzione generale e zone interessate

La giornata dell'8 dicembre vede la discesa verso l'Italia di una massa d'aria fredda di origine artica marittima (a 500 hPa si registra una temperatura minima di circa -40°C) che si porta dapprima a ridosso dell'arco alpino, interessando poi in maniera più decisa la Penisola italiana nel corso della giornata seguente.

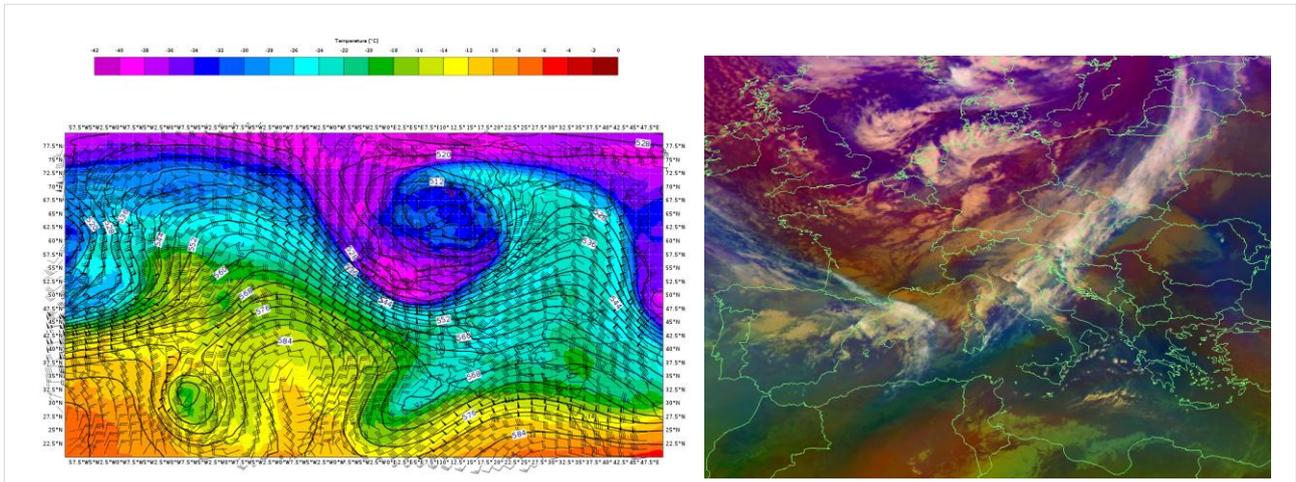


Figura 1. Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa (a sinistra) e prodotto AIRMASS da satellite geostazionario europeo (a destra) del 08/12/2017 alle 12:00 UTC.

Infatti, la decisa irruzione di aria fredda causa nella mattina del 9 dicembre deboli precipitazioni solide (graupel) sotto forma di rovescio sulla nostra Regione.

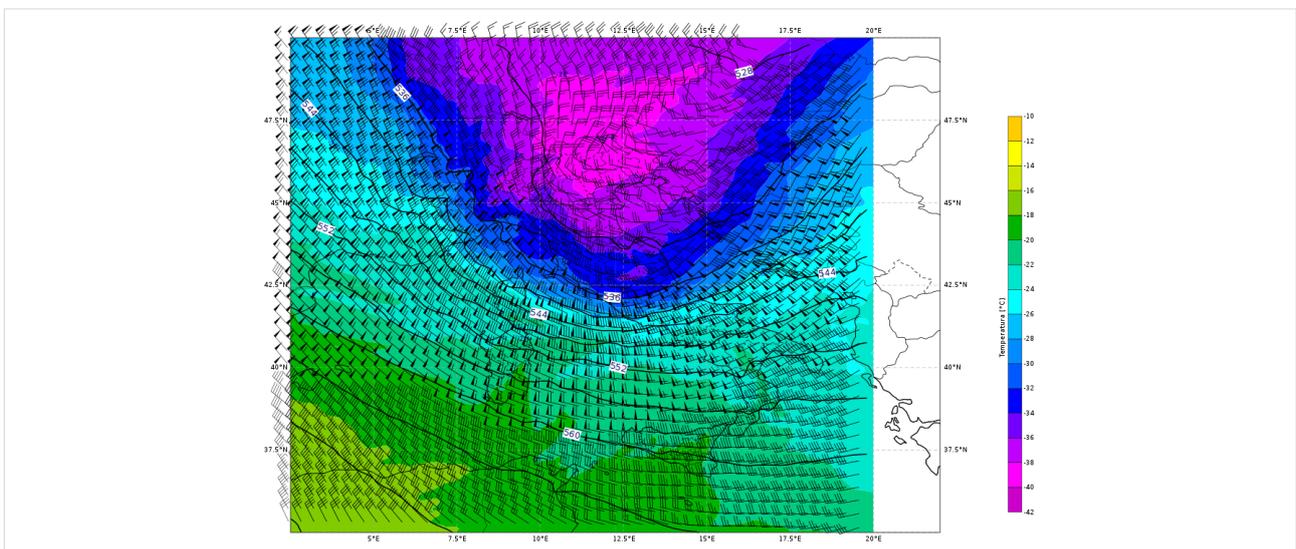


Figura 2. Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa del 09/12/2017 alle 12:00 UTC centrata sull'Italia.

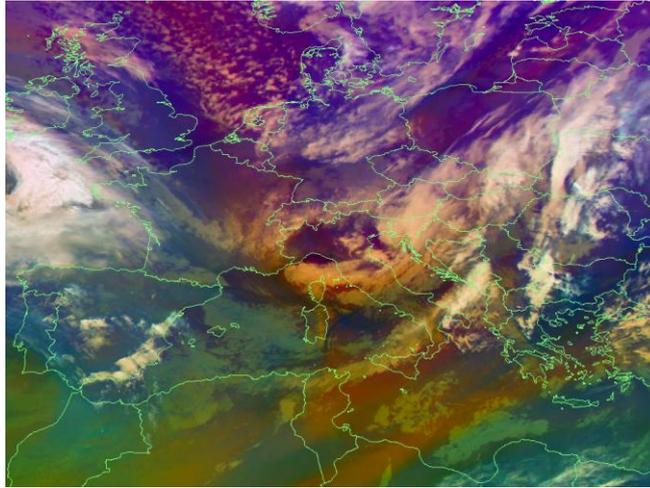


Figura 3. Prodotto AIRMASS da satellite geostazionario europeo del 09/12/2017 alle 08:30 UTC. L'orario è in corrispondenza delle precipitazioni che si sono verificate su Bologna circa alle 09:30 locali.

L'aria fredda, allontanandosi velocemente verso est, lascia alle sue spalle un deciso miglioramento. Contemporaneamente, tende ad instaurarsi un flusso di correnti occidentali che, a fine giornata, assumerà componente da sud-ovest.

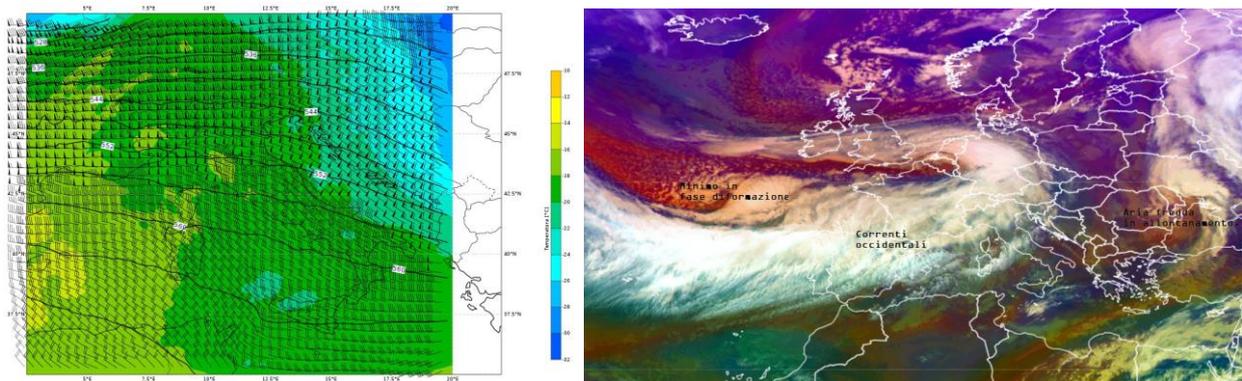


Figura 4. Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa (a sinistra) e prodotto AIRMASS da satellite geostazionario europeo (a destra) del 10/12/2017 alle 12:00 UTC.

Si assiste così ad un deciso cambio delle caratteristiche della massa d'aria che, da fredda e secca, tenderà a divenire temperata ed umida. Ciò sarà causa di precipitazioni a carattere nevoso, per via del sottostante strato di aria fredda rimasto in prossimità del suolo. Questo si registra in particolare sul settore occidentale della regione, dove la catena appenninica protegge il "cuscinetto di aria fredda" preesistente. Inoltre, sempre in questa zona, il profilo termico verticale che si instaura crea le condizioni favorevoli al verificarsi del fenomeno del gelicidio, vale a dire precipitazione sopraffusa che gela a contatto con le superfici al suolo. Fin dalla mattina si assiste al rinforzarsi del campo di vento che sull'Appennino raggiungerà, nel corso dell'evento, valori di intensità eccezionale. Il campo di temperatura risente dell'avvezione temperata e risulterà in rapida risalita man mano che la massa d'aria entrante andrà a sostituire quella fredda preesistente.

Nella giornata dell'11 dicembre le correnti si intensificano e diventano decisamente sud-occidentali sia nella media troposfera, sia nei bassi strati. Dall'analisi a 850 hPa (non mostrata) si evidenziano valori del vento pari a 50 nodi sull'Appennino; la presenza di flussi di tale velocità (detti anche "Low Level Jet") è uno degli ingredienti fondamentali per precipitazioni abbondanti. Altro fattore che favorisce piogge di forte intensità è il sollevamento causato dall'orografia, in particolare sul settore appenninico occidentale.

Il sistema perturbato assume dimensioni tipiche della scala sinottica, estendendosi dal Nord Africa all'Europa centro-occidentale. In termini tecnici si usa il termine “atmospheric river” (fiume atmosferico), ad indicarne le caratteristiche di trasporto dell’umidità.

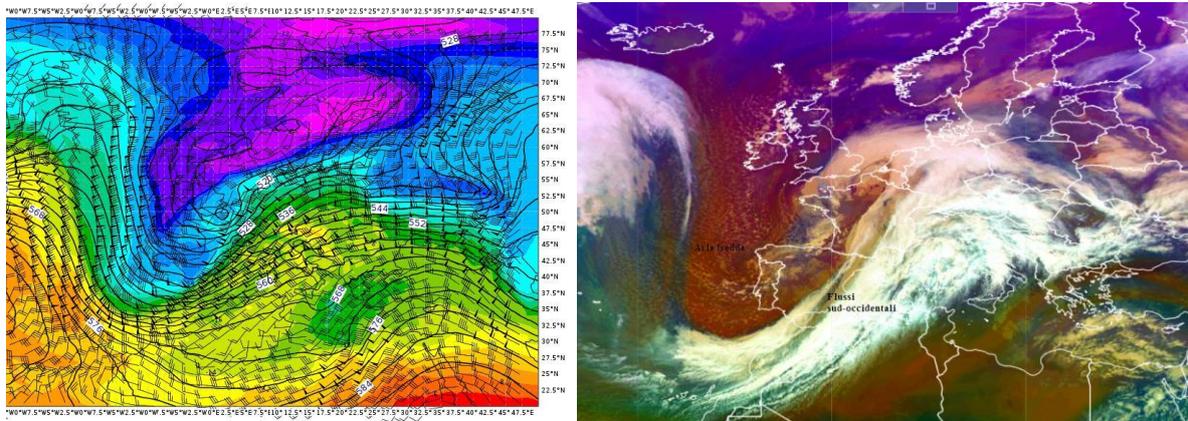


Figura 5. Mappa di analisi (da modello IFS-ECMWF) di geopotenziale, temperatura e vento a 500 hPa (a sinistra) e prodotto AIRMASS da satellite geostazionario europeo (a destra) dell'11/12/2017 alle 12:00 UTC.

Nella giornata del 12 dicembre la saccatura subisce sensibile appiattimento e allungamento verso sud. Persiste ancora l'intenso flusso da sud-ovest, che man mano si sposta verso levante nel corso della giornata; come conseguenza anche le precipitazioni dal settore occidentale interesseranno poi il settore orientale della Regione.

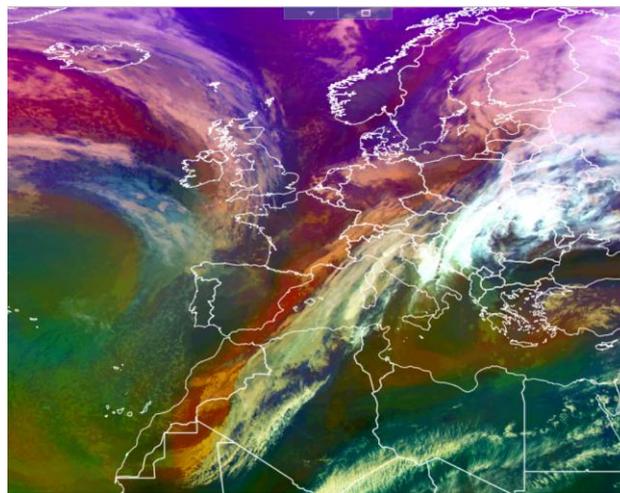


Figura 6. Prodotto AIRMASS da satellite geostazionario europeo del 12/12/2017 alle 12:00 UTC.

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

Nelle prime ore dell'8 dicembre si osservano due sistemi, il primo sull'Appennino occidentale, il secondo sulla Lombardia meridionale che si spostano verso est interessando, con deboli precipitazioni, la Regione Emilia-Romagna. In particolare il sistema più a sud insiste, nel suo lento spostamento, sull'Appennino centrale mentre quello a nord lambisce la provincia di Ferrara. All'01:20 UTC si assiste ad un rinforzo delle precipitazioni sull'Appennino reggiano e all'ingresso di altre piccole strutture da sud-ovest che si posizionano sull'Appennino centrale.

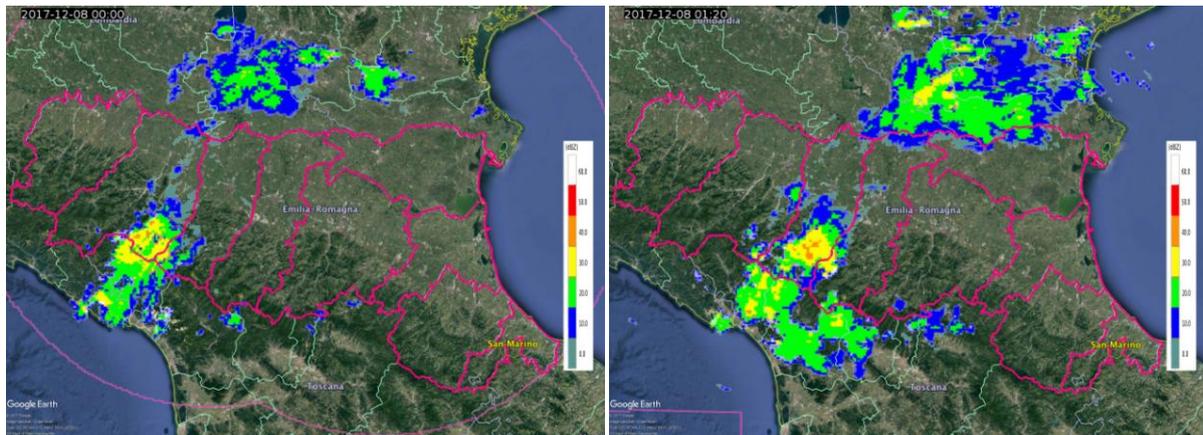


Figura 7. Mappe di riflettività del 08/12/2017 alle 00:00 UTC (a sinistra) ed alle 01:20 UTC (a destra).

Alle 05:00 UTC, sostenuta da flussi sud-occidentali, la struttura più ad ovest si evolve generando una linea precipitante di debole intensità che attraversa le province da Reggio-Emilia a Ferrara. A questa, ne segue una successiva più intensa che si origina sulla provincia di Parma alle 08:00 UTC e si esaurisce nell'ora successiva sulla provincia di Ferrara.

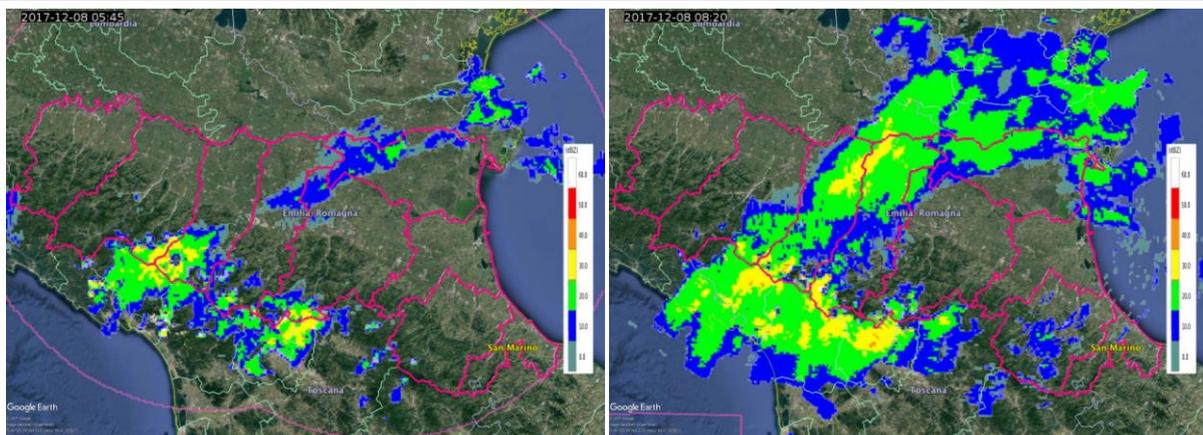


Figura 8. Mappe di riflettività del 08/12/2017 alle 05:45 UTC (a sinistra) ed alle 08:20 UTC (a destra).

Fino alle 14:00 UTC precipitazioni debole/moderate persistono sul crinale dell'Appennino centrale quando si evolve un altro sistema di debole intensità sulla pianura reggiana, che si intensifica espandendosi anche alla provincia di Ferrara. Alle 15:00 UTC si osserva, quindi, un insieme di sistemi allineati sul modenese. Di questi, la struttura più meridionale si evolve e, nel suo spostamento verso nord-est, si divide in tante piccoli nuclei, mentre quelle più a nord si spostano sulla provincia di Ferrara generando un sistema di intensità moderata. Alle 16:50 UTC si osserva un'intensificazione dei fenomeni anche sull'Appennino bolognese.

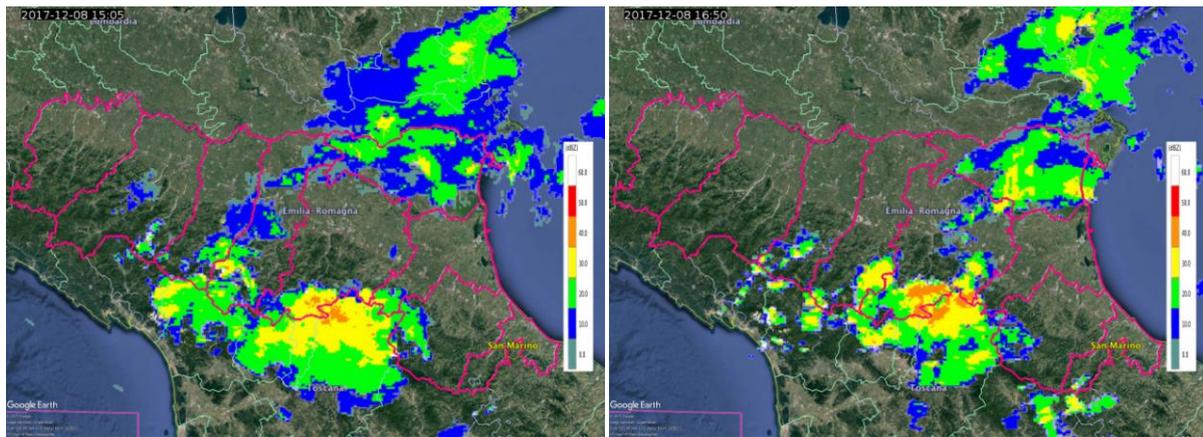


Figura 9. Mappe di riflettività del 08/12/2017 alle 15:05 UTC (a sinistra) ed alle 16:50 UTC (a destra).

Alle 18:00 UTC deboli linee temporalesche, in movimento verso nord-est, si osservano sulla Regione centro-orientale. Alle 21.30 una linea temporalesca, in ingresso da nord-ovest, dalla Lombardia raggiunge la sua massima intensità alle 22:40 UTC per fondersi, nella mezz'ora successiva, con le strutture già presenti sulla Regione centro-orientale.

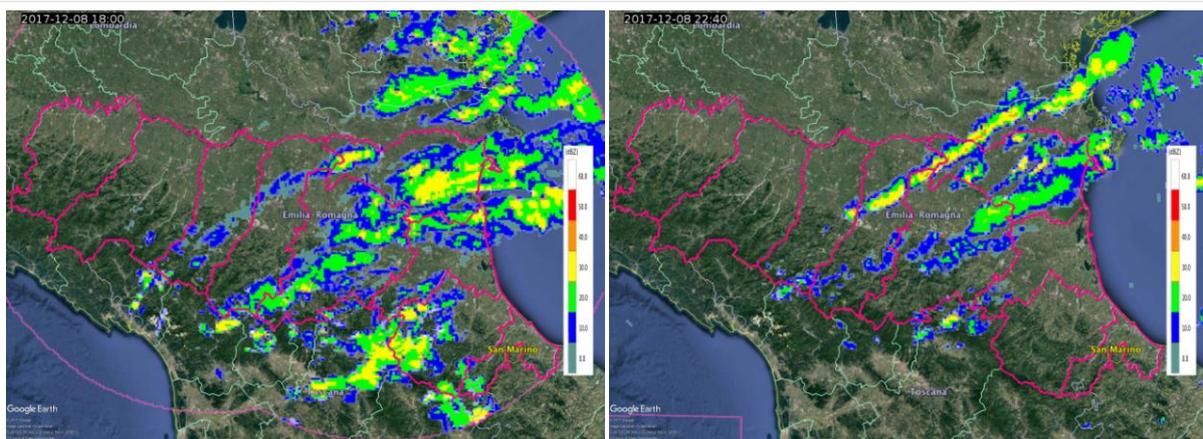


Figura 10. Mappe di riflettività del 08/12/2017 alle 18:00 UTC (a sinistra) ed alle 22:40 UTC (a destra).

Il sistema che così si forma attraversa tutta la Regione centro-orientale con deciso spostamento verso sud-est per fuoriuscire dal territorio regionale alle 04:00 UTC del 9 dicembre.

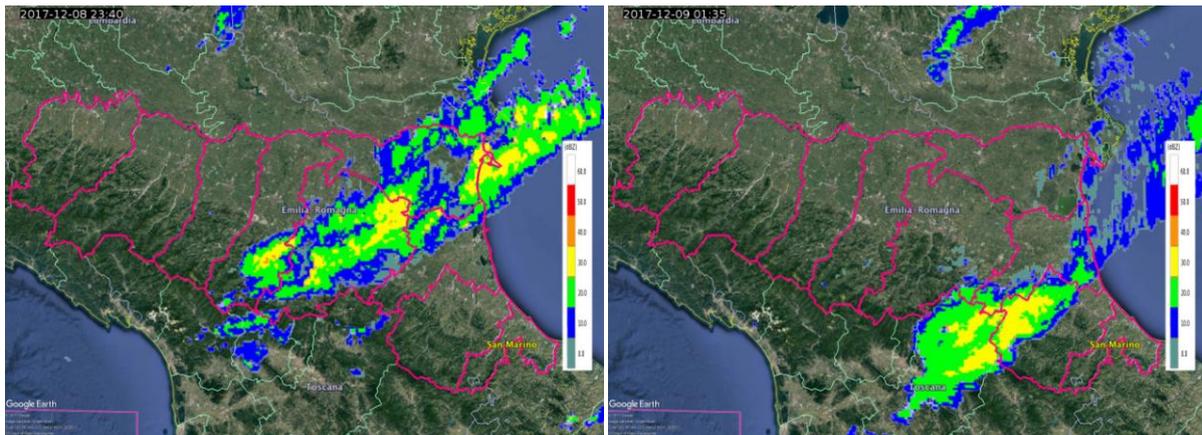


Figura 11. Mappe di riflettività del 08/12/2017 alle 23:40 UTC (a sinistra) e del 09/12/2017 alle 01:35 UTC (a destra).

Nella mattinata del 9 dicembre si assiste al rapido passaggio dapprima di un sistema in ingresso da nord-ovest sulle province costiere, poi di altre strutture sulle province centrali. Tra le 08:20 UTC e le 09:30 UTC si può osservare, sulla città di Bologna, quel nucleo precipitante che ha generato la caduta di graupel.

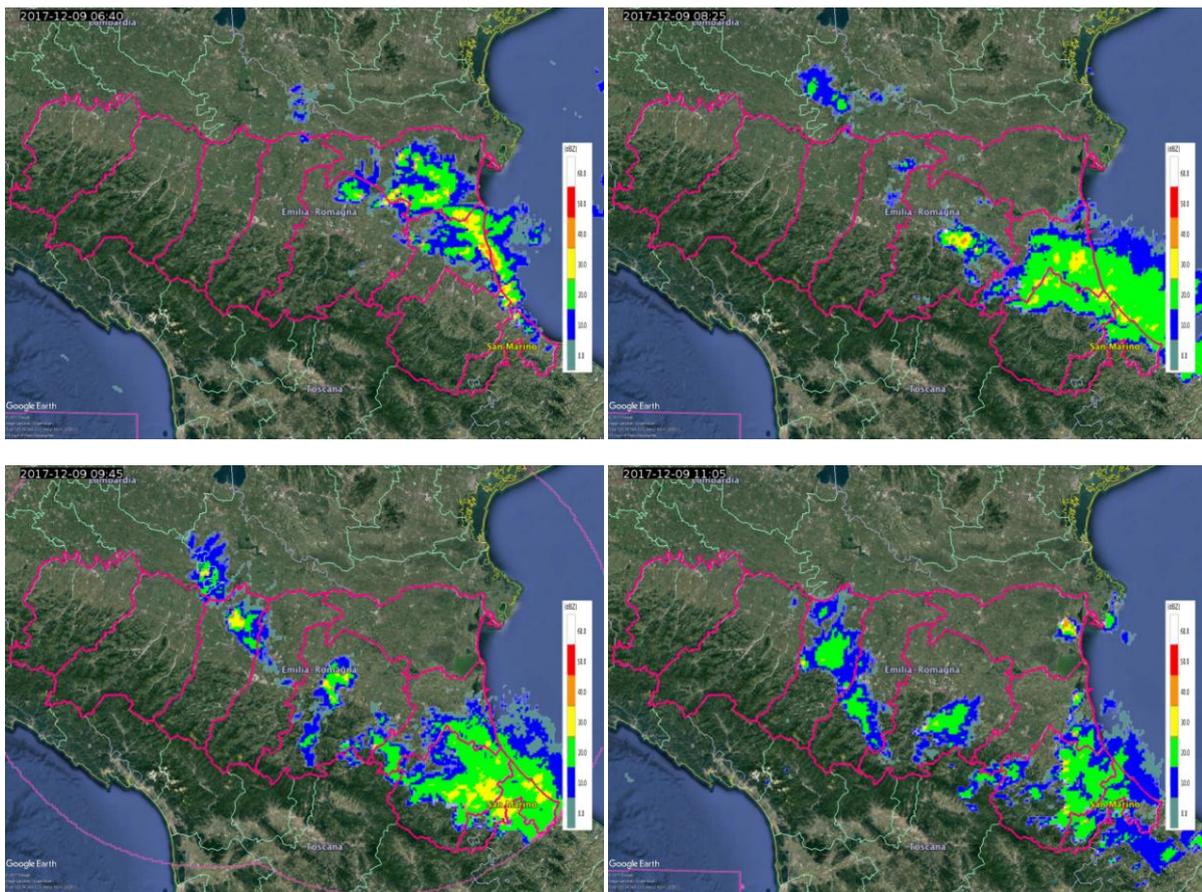


Figura 12. Mappe di riflettività del 09/12/2017 alle 06:40 UTC (in alto a sinistra), alle 08:25 UTC (in alto a destra), alle 09:45 UTC (in basso a sinistra) ed alle 11:05 UTC (in basso a destra).

Le precipitazioni riprendono il 10 dicembre a partire dalle 10:00 UTC. I primi sistemi, molto deboli, interessano le province occidentali. Alle 11:50 UTC i fenomeni sono confinati sulla pianura dal reggiano al piacentino. Nell'ora successiva le precipitazioni, che conservano il loro carattere debole, si estendono all'intera Regione centro-occidentale.

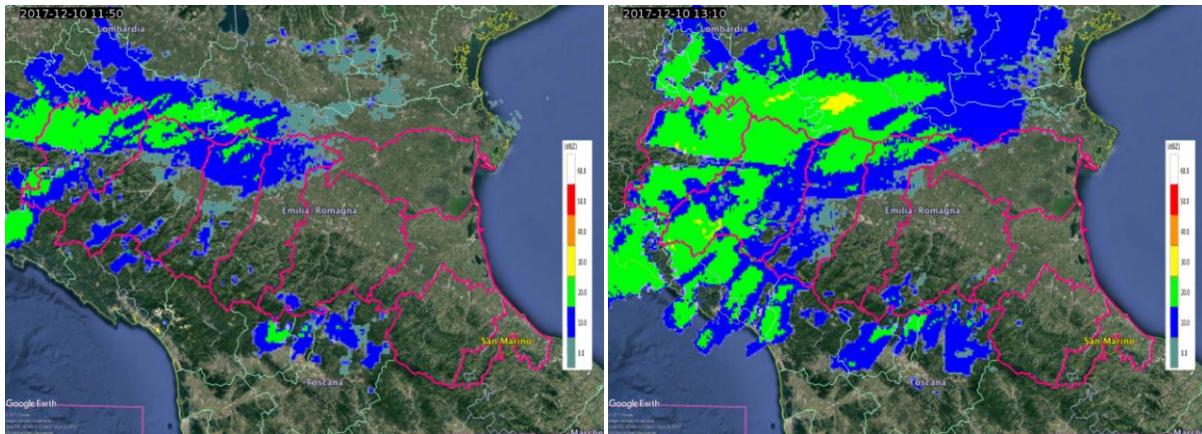


Figura 13. Mappe di riflettività del 10/12/2017 alle 11:50 UTC (a sinistra) e del 10/12/2017 alle 13:10 UTC (a destra).

Le precipitazioni persistono in questa configurazione fino alle 15:00 UTC quando si assiste ad una intensificazione dei fenomeni. Un debole spostamento verso est porta le strutture sulle province da Parma a Bologna, con un indebolimento progressivo sull'area di pianura.

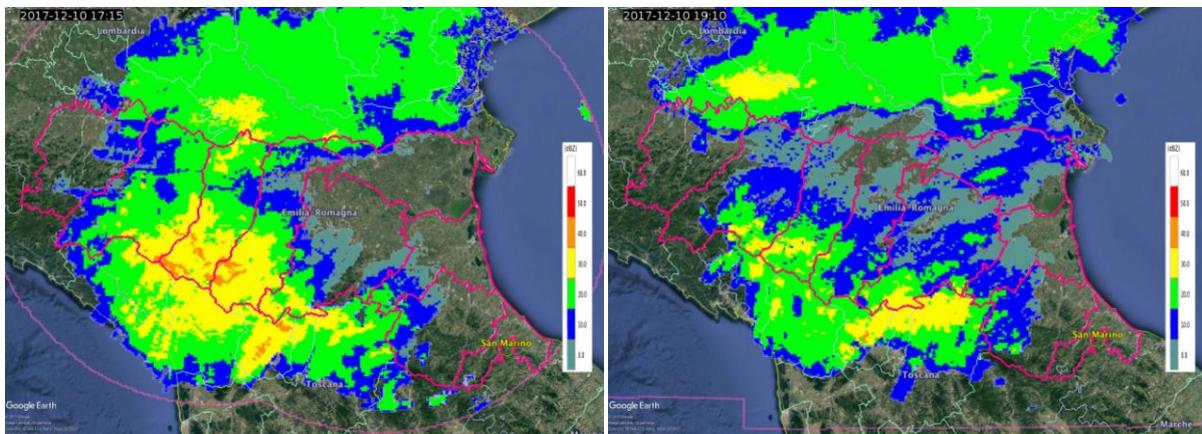


Figura 14. Mappe di riflettività del 10/12/2017 alle 17:15 UTC (a sinistra) e del 10/12/2017 alle 19:10 UTC (a destra).

Dalle 19:30 UTC le precipitazioni si dispongono sul crinale appenninico tra le province di Parma a di Forlì-Cesena dove persistono fino alle 22:00 UTC. Dalle 20:10 UTC si osserva l'ingresso di una nuova struttura sul piacentino e la sua conseguente espansione sulla pianura dal piacentino al modenese.

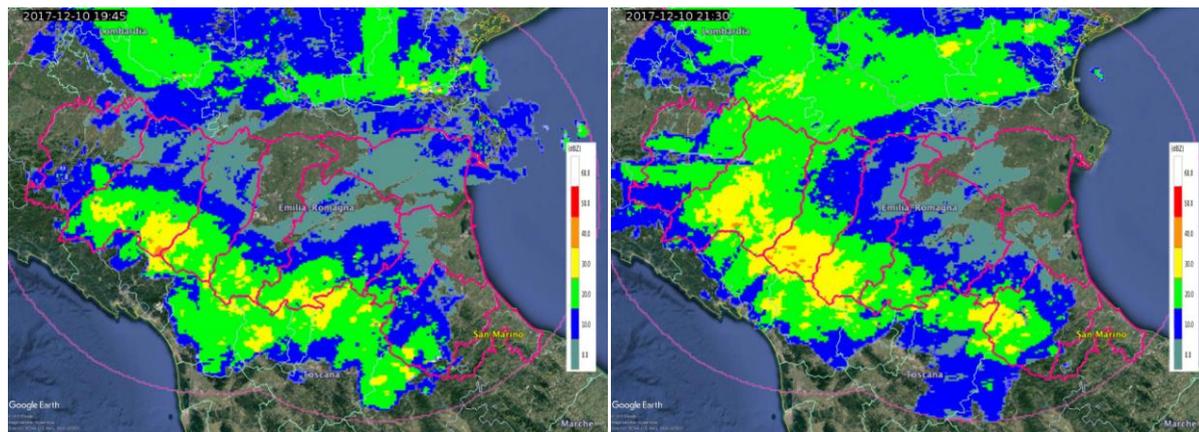


Figura 15. Mappe di riflettività del 10/12/2017 alle 19:45 UTC (a sinistra) e del 10/12/2017 alle 21:30 UTC (a destra).

Dalle 22:00 UTC i flussi sud-occidentali modificano sostanzialmente la struttura dei fenomeni in atto sulla Regione che si allungano sulla pianura ortogonalmente all'Appennino. Durante la notte tra il 10 e l'11 dicembre le precipitazioni si esauriscono sulla pianura persistendo, però, sull'Appennino.

Dalle 04:00 UTC, i flussi sud-occidentali alimentano nuovamente le precipitazioni che fino alle 08:00 UTC interessano la quasi totalità della Regione Emilia-Romagna.

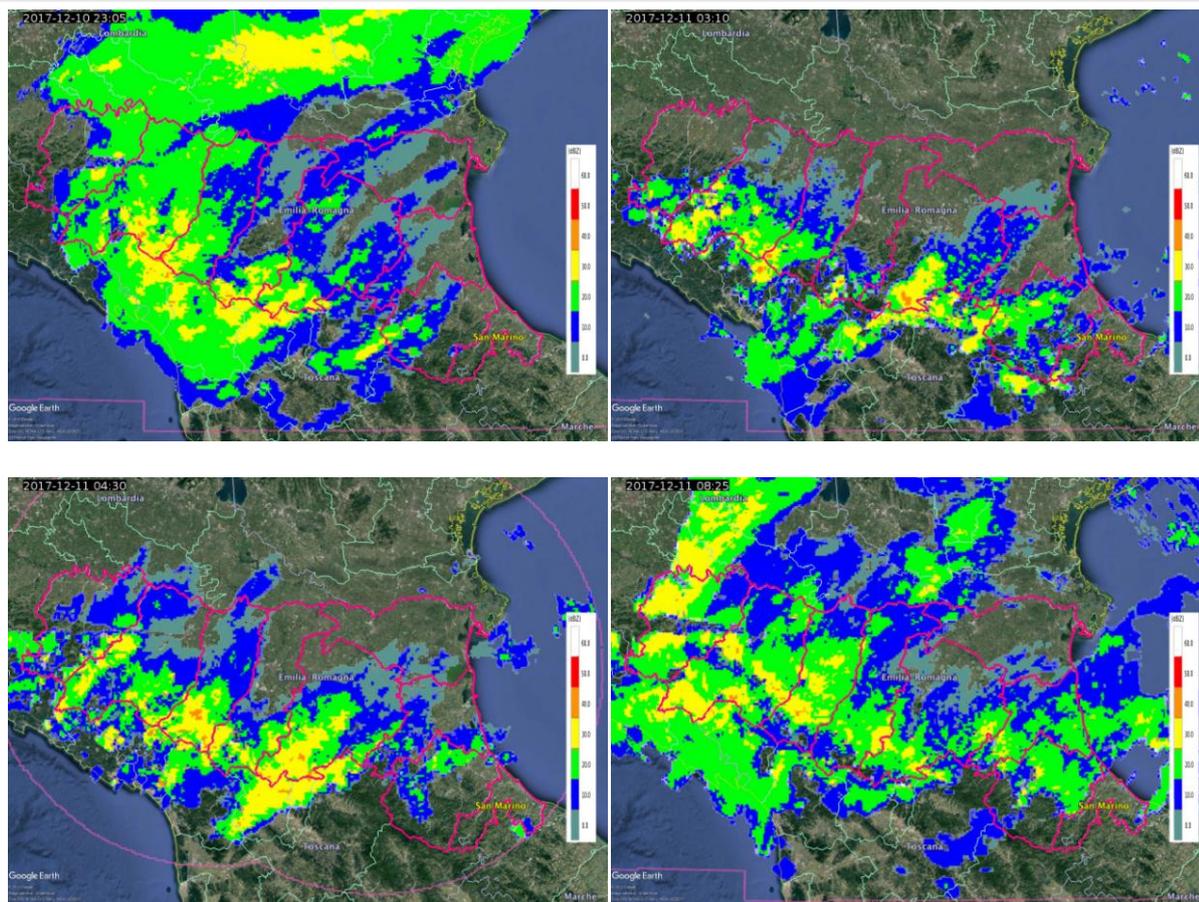


Figura 16. Mappe di riflettività del 10/12/2017 alle 23:05 UTC (in alto a sinistra), dell'11/12/2017 alle 03:10 UTC (in alto a destra), delle 04:30 UTC (in basso a sinistra) ed alle 08:25 UTC (in basso a destra).

Dalle 08:30 UTC si assiste ad un progressivo esaurimento delle precipitazioni sulla Regione orientale con una successiva concentrazione dei fenomeni sulle province da Piacenza a Reggio-Emilia fino alle 15:00 UTC, quando si osserva un'intensificazione sull'Appennino centro-occidentale ed il contemporaneo restringimento dell'area interessata dalle precipitazioni alle province di Piacenza e Parma.

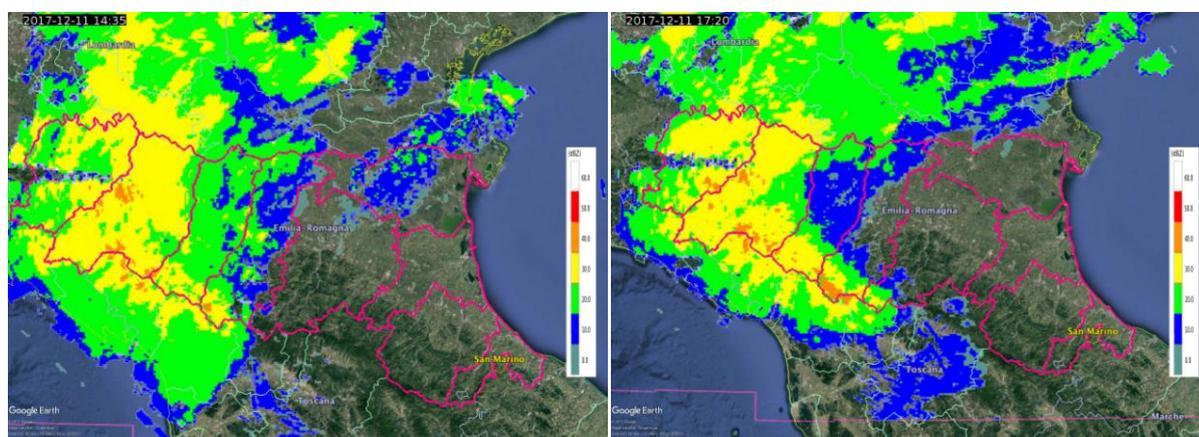


Figura 17. Mappe di riflettività dell'11/12/2017 alle 04:30 UTC (a sinistra) ed alle 08:25 UTC (a destra).

La situazione presentata rimane sostanzialmente invariata fino alle 20:00 UTC, quando le strutture si spostano verso est interessando anche il reggiano e concentrandosi lentamente tra reggiano e parmense.

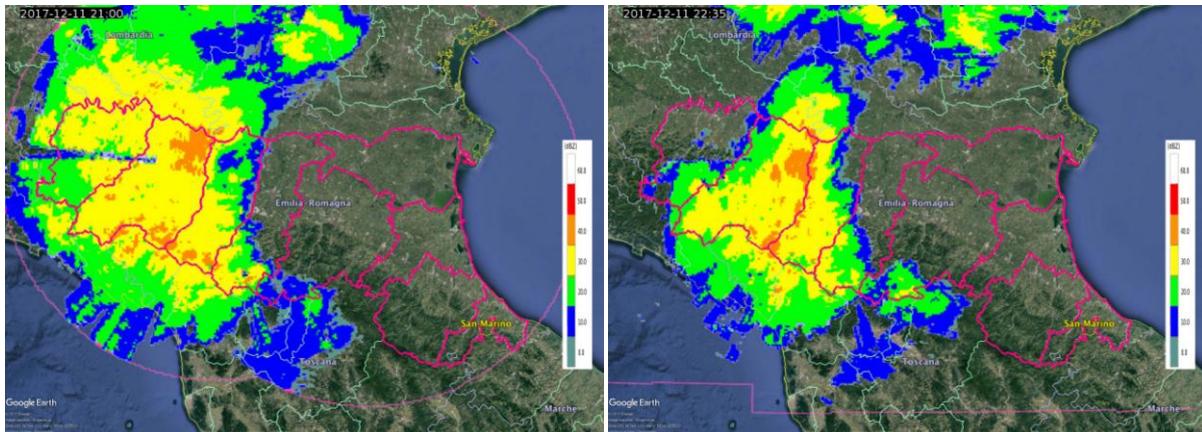


Figura 18. Mappe di riflettività dell'11/12/2017 alle 21:00 UTC (a sinistra) ed alle 22:35 UTC (a destra).

Nel corso della notte dell'11 dicembre le precipitazioni si estendono a tutto l'Appennino centro-occidentale. Le prime ore del 12 dicembre, associate anche ad uno spostamento verso est, i fenomeni sull'Appennino si esauriscono. Una struttura in transito su Lombardia e Veneto si estende fino alla nostra Regione e transita sulla provincia di Ferrara.

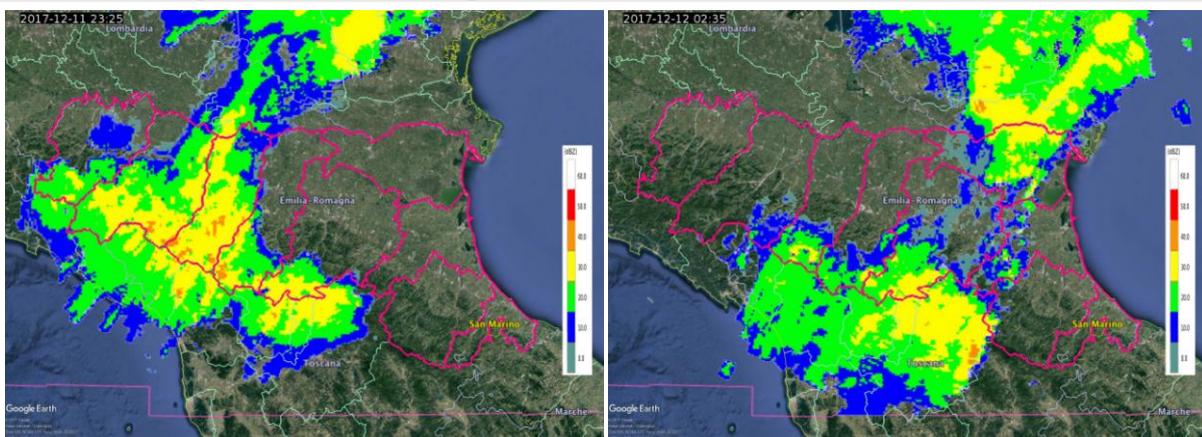


Figura 19. Mappe di riflettività dell'11/12/2017 alle 23:25 UTC (a sinistra) e del 12/12/2017 alle 02:35 UTC (a destra).

I fenomeni precipitanti fuoriescono dal territorio regionale alle 12:00 UTC.

3. Analisi delle precipitazioni e delle piene fluviali sul territorio regionale

L'analisi delle precipitazioni riguarda il periodo dal 10 al 12 dicembre. In un periodo di circa 48 ore, dalla mattina del 10 fino alla mattina del 12 dicembre, le precipitazioni hanno interessato il territorio regionale con più impulsi successivi di forte intensità, che hanno fatto registrare complessivamente valori cumulati molto elevati, soprattutto sul crinale appenninico centro-occidentale.

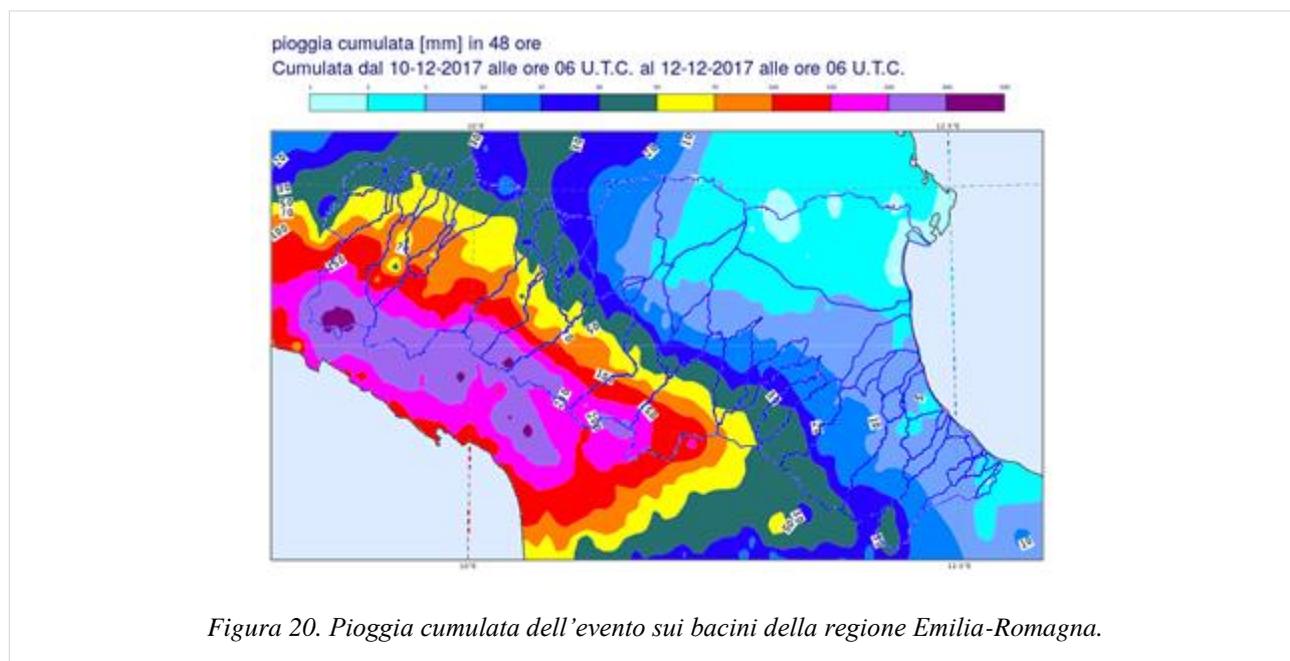


Figura 20. Pioggia cumulata dell'evento sui bacini della regione Emilia-Romagna.

Come è possibile osservare nella mappa della pioggia cumulata dell'intero evento (Figura 20), sulla parte montana dei bacini di Trebbia, Taro, Parma, Enza, Secchia, Panaro e parzialmente del Reno, si sono registrate piogge mediamente superiori ai 200 mm/48 ore (colore viola chiaro), con punte superiori ai 300 mm/48 ore (colore viola scuro) sull'alto Trebbia, Taro, Parma, Enza e Secchia, dove anche le intensità orarie sono state piuttosto elevate per il regime pluviometrico della stagione. Si evidenzia inoltre il dato di pioggia "record" registrato nella stazione di Cabanne (Comune di Rezzoaglio, GE) sul torrente Aveto, affluente del fiume Trebbia: il valore è pari a 507 mm.

Il progressivo aumento delle temperature in quota tra l'11 ed il 12 dicembre, causato dai flussi sud-occidentali, ha inoltre determinato un parziale scioglimento del manto nevoso presente nei bacini centro-occidentali, che ha fornito un ulteriore contributo all'afflusso complessivo, generando piene dai volumi notevoli lungo tutti i corsi d'acqua.

Nella Tabella 1 sono elencati i pluviometri che hanno registrato i massimi valori di pioggia cumulata (> 250 mm/48 ore) e le massime intensità di pioggia oraria durante l'evento (> 30 mm/h).

Tabella 1: Massime cumulate di precipitazione ed intensità oraria registrate dai pluviometri durante l'evento

PLUVIOMETRO	BACINO	PIOGGIA CUMULATA DELL'EVENTO (MM/48H)	INTENSITÀ MAX ORARIA (MM/H)
Cabanne	Trebbia	507	39,4
Succiso	Enza	441	24,2
Lago scaffaiolo	Panaro	411	32,6
Barbagelata	Trebbia	406,6	37,6
Bosco di Corniglio	Parma	399,6	23,6
Lago Ballano	Enza	361,2	24,8
Collagna	Secchia	325,6	17,2
Casoni di S. Maria di Taro	Taro	324,2	22,8
Lago Paduli	Enza	308,4	23,2
Tarsogno	Taro	308,4	24,0
Diga del Brugneto	Trebbia	300,6	22,8
Lagdei	Parma	283,8	17,8
Ligonchio	Secchia	278,4	16,4
Febbio	Secchia	277,0	17,4
Rovegno	Trebbia	267,0	30,4
Montegrosso	Taro	265,6	20,4
Pievepelago	Panaro	264,0	16,6
Ospitaletto	Secchia	263,6	26,6
Civago	Secchia	247,6	31,6

3.1. Piena del fiume Trebbia

Sul bacino montano del Trebbia deboli precipitazioni sono iniziate nella mattina di domenica 10 dicembre, con intensità progressivamente crescenti, che hanno fatto registrare i massimi valori nelle prime ore della mattina di lunedì 11 dicembre. Dopo una temporanea attenuazione, nuovi e più intensi picchi di intensità di sono registrati nel pomeriggio-sera di lunedì 11 dicembre, con intensità superiori ai 100 mm/6 h, e cumulate dell'evento superiori ai 400 mm.

Nella Figura 21 sono illustrati gli andamenti delle piogge orarie e cumulate durante l'evento, nelle stazioni più significative del bacino del Trebbia e del suo principale affluente Aveto.

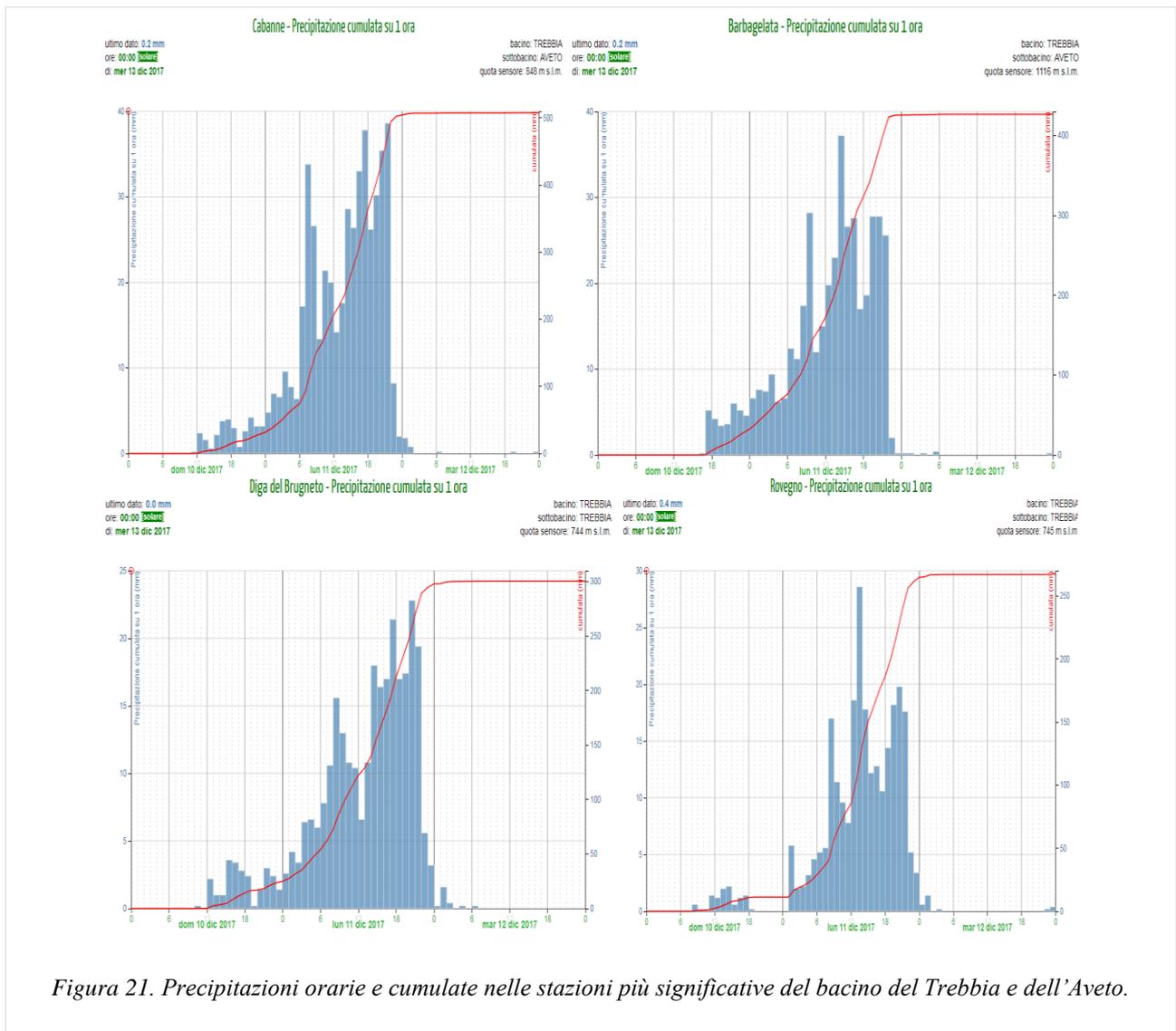
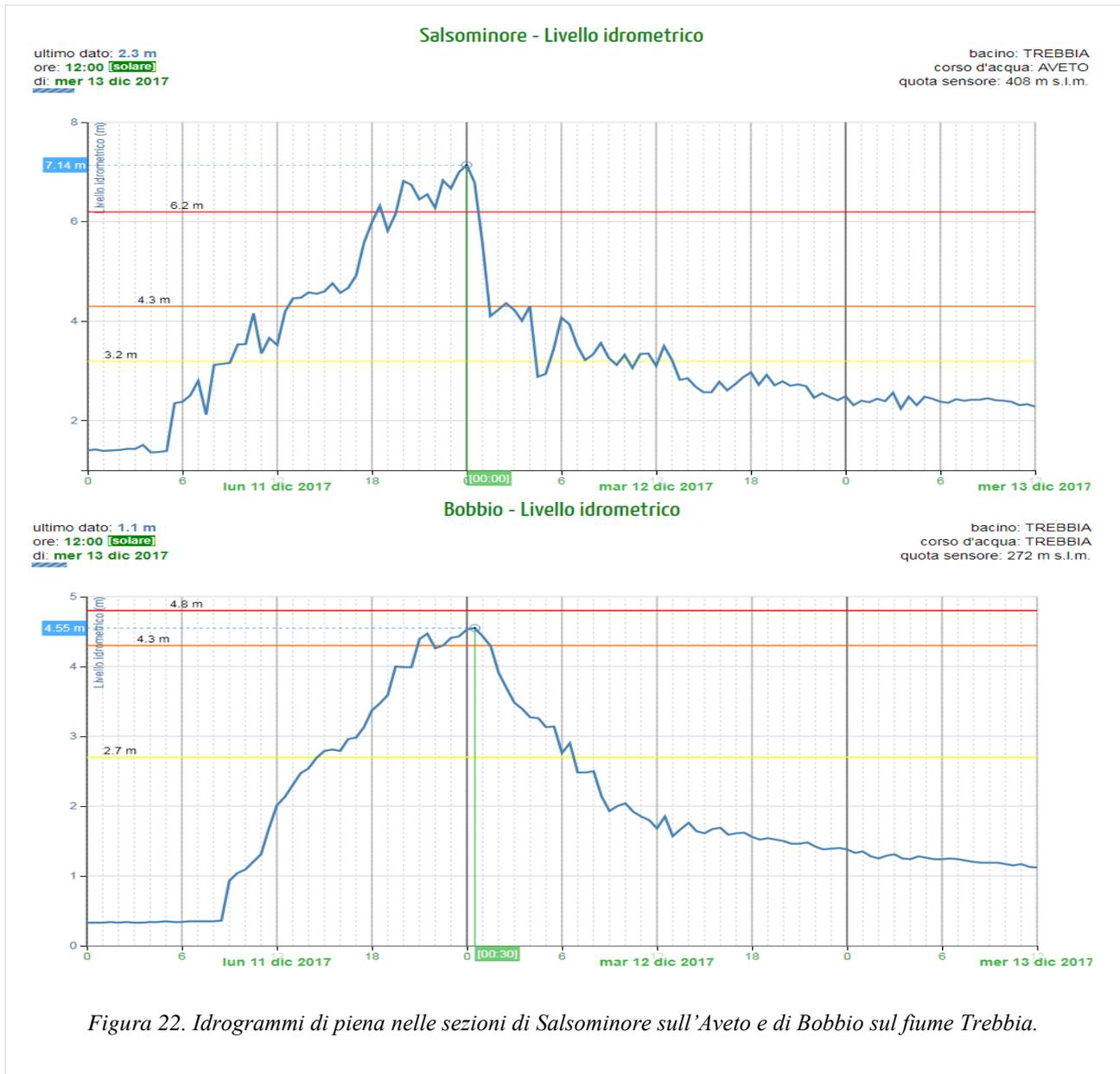


Figura 21. Precipitazioni orarie e cumulate nelle stazioni più significative del bacino del Trebbia e dell'Aveto.

Dal punto di vista idrometrico si sono registrati i primi incremento di livello nelle sezioni montane nel pomeriggio dell'11 dicembre, corrispondenti al primo picco di intensità di pioggia, sul quale si è innestato un secondo innalzamento dei livelli, che nella notte tra l'11 ed il 12 dicembre ha fatto registrare colmi di piena superiori alle soglie 2 in tutte le sezioni montane del corso d'acqua, ed un'onda di notevole volume, cui ha probabilmente contribuito in parte lo scioglimento della neve presente al suolo, caduta nelle prime ore della mattina del 10 dicembre.

Nella sezione di Bobbio il colmo ha raggiunto i 4,62 m alle ore 00:10 del 12 dicembre, secondo massimo storico dal 2002, inferiore solo alla piena del 13 settembre 2015. Le valutazioni preliminari condotte in corso di evento, hanno stimato una portata di circa 1700 mc/sec, ed un tempo di ritorno di circa 20 anni.



La piena si è parzialmente laminata propagandosi nel tratto vallivo, dove il colmo di piena a Rivergaro ha appena toccato la soglia 2.

Nella Figura 22 sono illustrati gli idrogrammi di piena a Salsominore sull'Aveto e a Bobbio sul Trebbia, mentre nella Tabella 2 sono riportati tutti i valori dei colmi di piena nelle sezioni idrometriche dei suddetti corsi d'acqua.

Tabella 2: Colmi di piena nelle sezioni idrometriche del fiume Trebbia e del suo affluente Aveto

FIUME TREBBIA										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
TREBBIA VALSIGIARA	37.2	37.2	1.70	2.99	12	22:30	-	00:00		
confluenza Aveto	14.8	52.0								
BOBBIO	13.9	66.0	2.70	4.62	12	00:10	-	00:00		
RIVERGARO	27.3	93.3	2.90	4.23	12	03:40	-	00:00		
sbocco in Po	27.2	120.5								

Torrente AVETO										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
CABANNE	13.3	13.3	0.80	2.71	11	22:30	-	00:00		
SALSOMINORE	25.5	38.8	3.20	7.14	12	00:00	01:30	01:30		
sbocco in Trebbia	9.6	48.4								

3.2. Piena del fiume Taro

Sul bacino montano del Taro le precipitazioni sono iniziate nella mattina di domenica 10 dicembre, con tre impulsi successivi di intensità crescente, il primo al mattino del 10, il secondo al mattino dell'11 ed il terzo alla sera dello stesso giorno, durato più di 10 ore, con intensità che sul crinale hanno superato i 100 mm/6 h.

Nella Figura 23 sono illustrati gli andamenti delle piogge orarie e cumulate durante l'evento, nelle stazioni più significative del bacino del Taro.

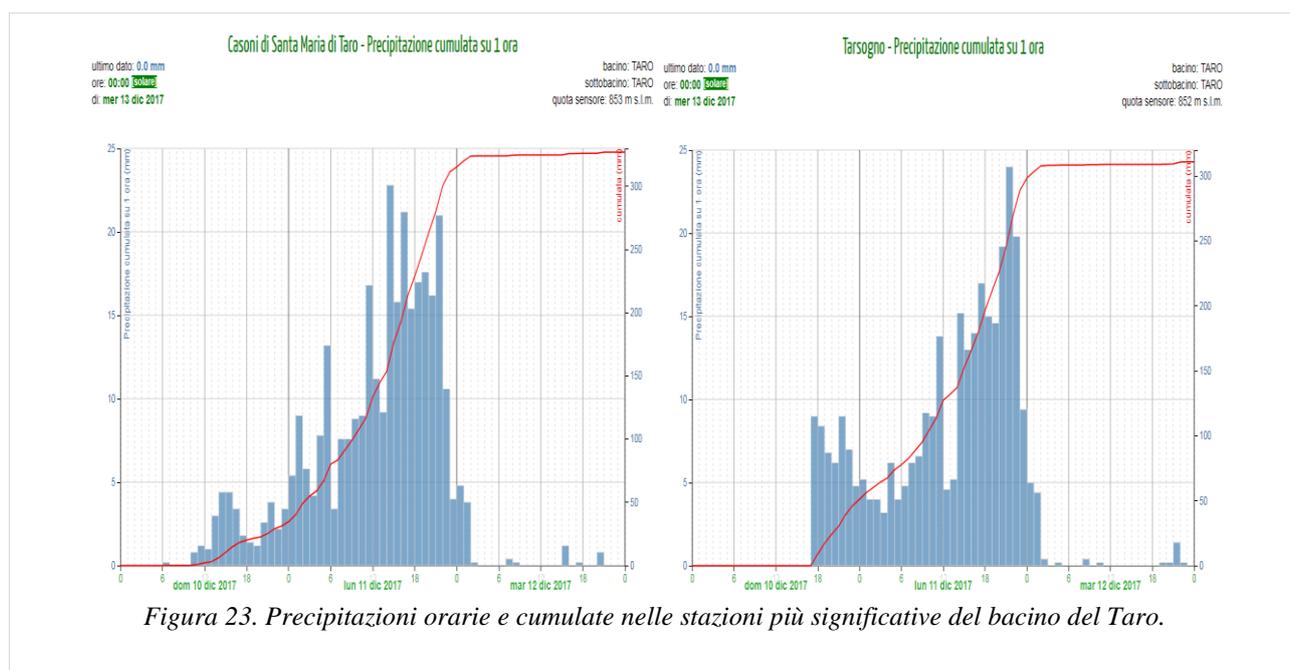


Figura 23. Precipitazioni orarie e cumulate nelle stazioni più significative del bacino del Taro.

Dal punto di vista idrometrico si è registrata una crescita costante dei livelli dei corsi d'acqua per tutta la giornata dell'11 dicembre, che nella notte tra l'11 e il 12 dicembre ha fatto registrare colmi di piena superiori alle soglie 3 in molte delle sezioni montane di Taro e Ceno.

Nella sezione di Fornovo, chiusura del bacino montano, il colmo ha raggiunto i 2,48 m alle ore 00:50 del 12 dicembre, secondo massimo storico registrato, inferiore solo alla piena del 9 novembre 1982. Le valutazioni preliminari condotte in corso di evento, hanno stimato una portata di circa 1800 mc/sec, ed un tempo di ritorno di circa 80 anni. A valle di Fornovo la piena si è propagata nel tratto arginato, dove il colmo di piena nella sezione di S. Secondo ha raggiunto i 14,58 m, massimo storico registrato dall'inizio della telemisura.

Nella Figura 24 sono illustrati gli idrogrammi di piena nelle sezioni di Pradella e Fornovo, dove si sono registrati i massimi valori, mentre nella Tabella 3 sono riportati tutti i valori dei colmi di piena nelle sezioni idrometriche dei suddetti corsi d'acqua.

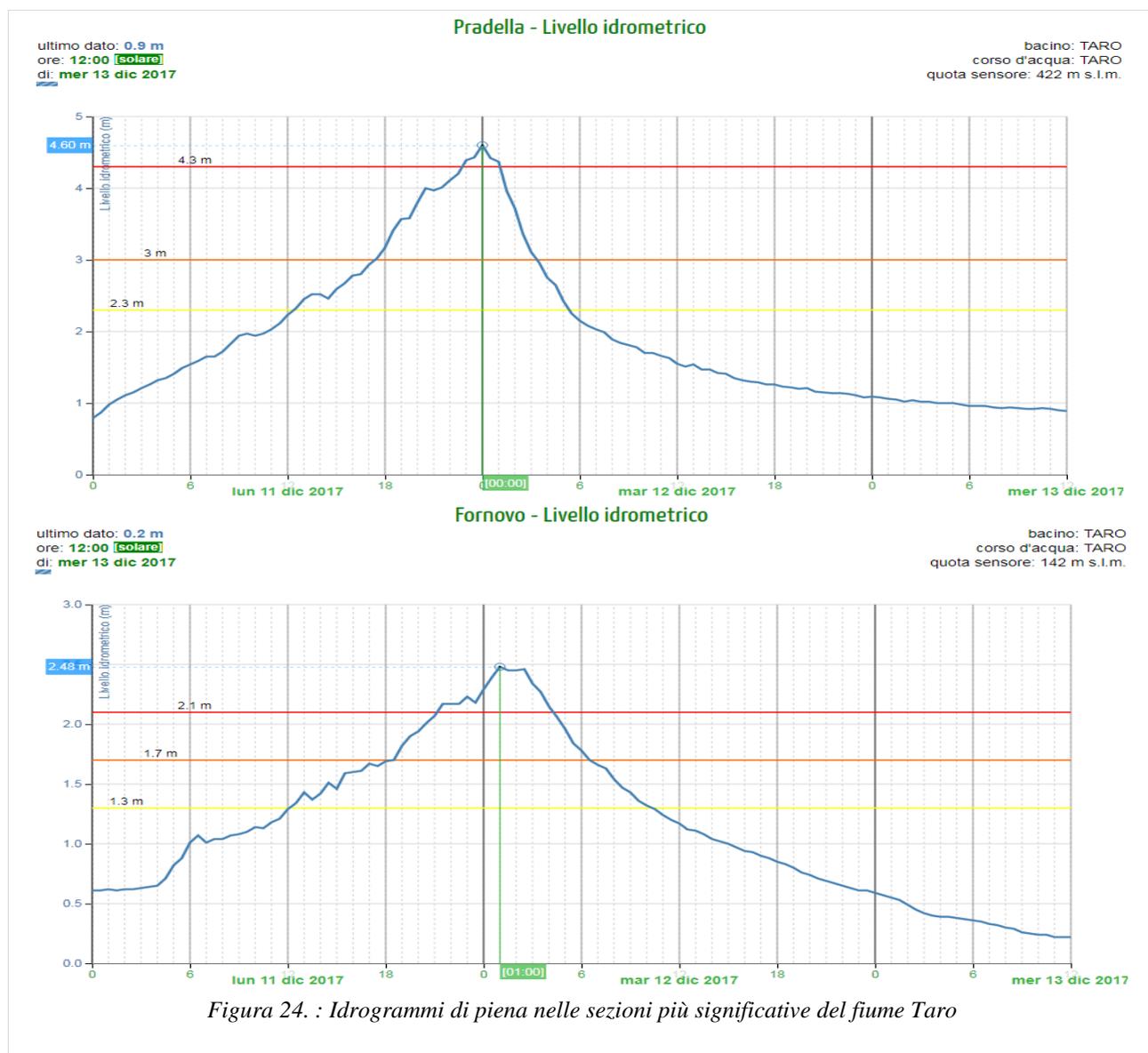


Tabella 3: Colmi di piena nelle sezioni idrometriche del fiume Taro e del suo affluente Ceno

Fiume TARO										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m'/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
TORNOLO	27.6	27.6	3.00	4.18	11	23:30	-	00:00		
PRADELLA	11.1	38.7	2.30	4.60	12	00:00	00:30	00:30		max livello
OSTIA PARMENSE	10.1	48.8	3.00	4.61	12	00:50	00:50	01:20		max livello
FORNOVO (dx)	33.9	82.7	1.30	2.48	12	02:10	01:20	02:40		
FORNOVO SIAP (sx)	33.9	82.7	1.30	2.71	12	01:30				
RAMIOLA (sx)	33.9	82.7	1.30	2.77	12	01:30				
confluenza Ceno	0.3	83.0								
PARMA OVEST	20.1	103.1	0.80	2.58	12	03:10	01:50	05:30		
confluenza Recchio	4.8	108.0								
S. SECONDO	9.2	117.2	10.15	14.58	12	06:00	02:50	08:20		max livello
sbocco in Po	22.3	139.5								

Torrente CENO										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m'/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
PONTECENO	12.5	12.5	1.10	2.44	11	23:20				max livello
PONTE LAMBERTI	28.2	40.7	2.60	3.31	12	00:10				
sbocco in Taro	27.5	68.2								

3.3. Piena del fiume Parma

Sul bacino montano del Parma le precipitazioni sono iniziate nel pomeriggio di domenica 10 dicembre, con tre impulsi successivi: il primo al pomeriggio del 10, il secondo al mattino dell'11 ed il terzo più lungo ed intenso alla sera dello stesso giorno, con intensità che sul crinale hanno superato gli 80 mm/6 h.

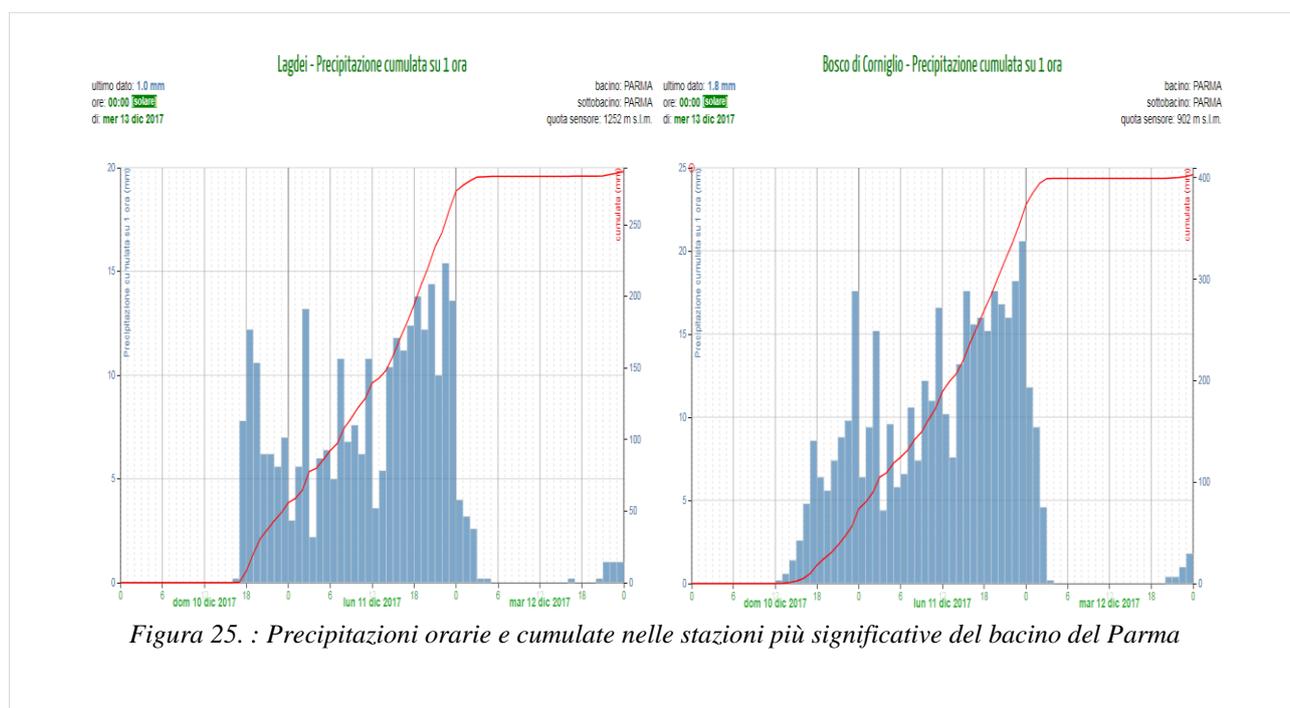
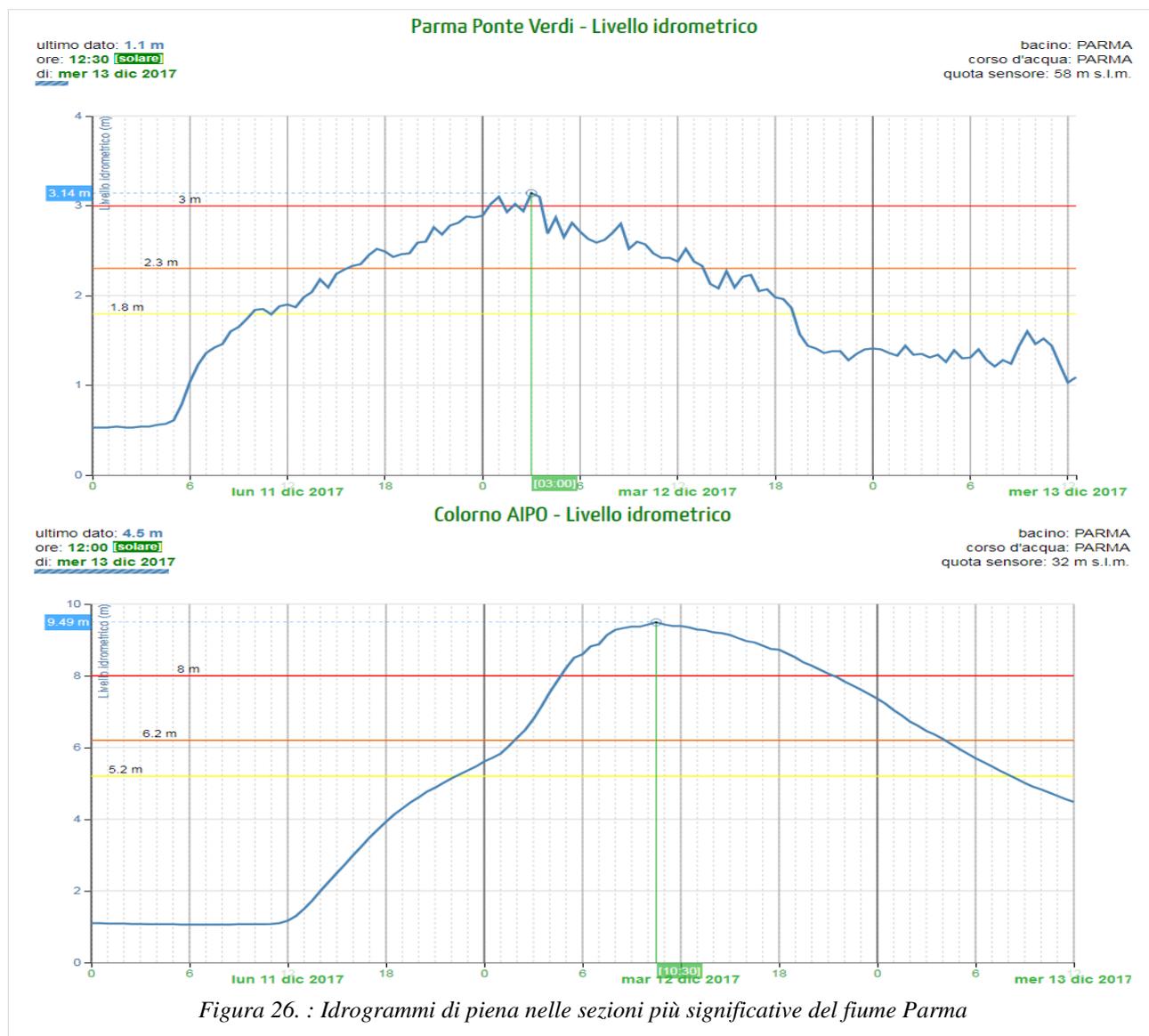


Figura 25. : Precipitazioni orarie e cumulate nelle stazioni più significative del bacino del Parma

Le piogge sull'affluente Baganza sono risultate poco significative, di conseguenza anche i livelli idrometrici nelle relative sezioni montane sono rimasti al di sotto della soglia 2. Nella Figura 25 sono illustrati gli andamenti delle piogge orarie e cumulate durante l'evento, nelle stazioni più significative del bacino del Parma.

Dal punto di vista idrometrico si è registrata una crescita costante dei livelli nel tratto montano del corso d'acqua per tutta la giornata dell'11 dicembre. La Cassa di espansione, in linea sul fiume Parma, ha parzialmente trattenuto i notevoli volumi di piena, limitando i livelli al colmo nelle sezioni a valle.

Nella sezione di Ponte Verdi, chiusura del bacino montano, il colmo ha raggiunto i 3,22 m alle ore 03:20 del 12 dicembre, secondo massimo storico, inferiore solo alla piena del 13 ottobre 2014; le valutazioni preliminari condotte in corso di evento, hanno stimato una portata di circa 500 mc/sec, ed un tempo di ritorno di circa 10 anni.



Nella sezione valliva di Colorno il colmo ha raggiunto i 9,49 m alle ore 10:30 del 12 dicembre, massimo storico di sempre, causando numerose tracimazioni in prossimità del centro abitato, dove la piazza in corrispondenza del ponte e gli edifici prospicienti – tra i quali l'omonima reggia – sono stati allagati.

Nella Figura 26 sono illustrati gli idrogrammi di piena nelle sezioni di Ponte Verdi e Colorno, dove si sono registrati i massimi valori, mentre nella Tabella 4 sono riportati tutti i valori dei colmi di piena nelle sezioni idrometriche dei suddetti corsi d'acqua.

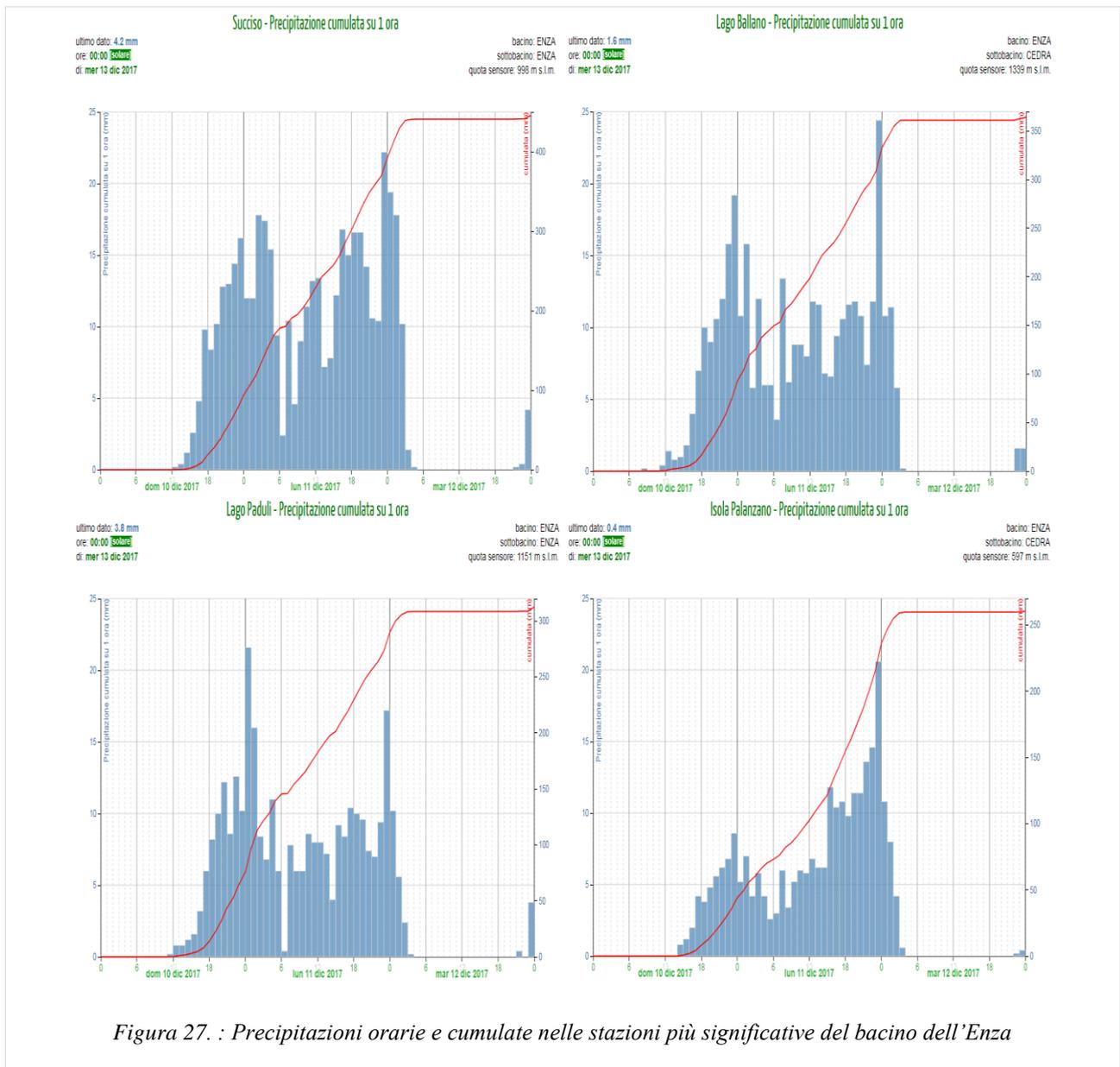
Tabella 4: Colmi di piena nelle sezioni idrometriche del fiume Parma

FIUME PARMA										
Denominazione del SENSORE	Distanze			Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.	soglia 1	H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
CORNIGLIO	16.8	16.8	2.40	4.54	12	00:30	-	00:00		max livello
LANGHIRANO	22.2	39.0	1.30	1.69	12	02:10	01:40	01:40		
confluenza Baganza	24.8	63.8								
PARMA PONTE VERDI	1.3	65.1	1.80	3.22	12	03:20	01:10	02:50		
COLORNO AIPO	32.0	97.1	5.2	9.49	12	10:30	07:10	10:00		max livello
sbocco in Po	8	105.1								
Torrente BAGANZA										
Denominazione del SENSORE	Distanze			Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.	soglia 1	H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
BERCETO	8.9	8.9	1.00	1.23	11	23:50	-	00:00		
MARZOLARA	24.9	33.8	1.50	1.28	12	01:40	01:50	01:50		
PARMA PONTE NUOVO	23.5	57.3	1.80	1.95	12	03:30	01:50	03:30		
sbocco in Taro	0.6	57.9								

3.4. Piena del fiume Enza

Sul bacino montano dell'Enza le precipitazioni sono iniziate nel pomeriggio di domenica 10 dicembre, con più impulsi successivi, il primo più lungo nella notte tra il 10 e l'11 dicembre, altri tre più brevi ma più intensi, durante tutta la giornata dell'11 fino alle prime ore del mattino del 12 dicembre. Le intensità di pioggia hanno superato ai 80 mm/6 h, raggiungendo cumulate di oltre 300 mm sul crinale appenninico.

Nella Figura 27 sono illustrati gli andamenti delle piogge orarie e cumulate durante l'evento, nelle stazioni più significative del bacino montano dell'Enza.



Dal punto di vista idrometrico è necessario premettere che la piena in esame ha seguito di pochi giorni un precedente evento che, sebbene avesse fatto registrare solo superamenti della soglia 1 lungo tutto il corso d'acqua, aveva mantenuto un deflusso iniziale sostenuto nelle sezioni vallive, ed un notevole livello di saturazione dei suoli all'inizio dell'evento in esame.

Nelle sezioni montane si sono registrati i primi colmi di piena, inferiori alla soglia 3, nelle prime ore dell'11 dicembre; questi si sono velocemente propagati verso valle, senza che le casse di espansione di Montecchio esercitassero alcuna laminazione. Nella sezione di Sorbolo, particolarmente stretta, nel primo pomeriggio dell'11 dicembre si è registrato un lungo colmo di 11,35 m, superiore alla soglia 3, cui corrisponde la chiusura delle luci del ponte sulla strada provinciale.

I successivi impulsi di precipitazione hanno generato nuovi incrementi dei livelli idrometrici che, innestati sui colmi precedenti, hanno fatto raggiungere i massimi livelli storici in tutte le sezioni idrometriche da monte a valle. Nella sezione di Vetto il colmo è transitato alle ore 1:30 del 12 dicembre, con un livello idrometrico di 4,02 m, massimo storico registrato; le valutazioni preliminari condotte in corso di evento hanno stimato una portata di circa 400 mc/sec, ed un tempo di ritorno di circa 25 anni.

Nonostante l'effetto di laminazione esercitato dalle casse di espansione, i livelli a valle hanno ripreso a crescere, e nella sezione di Sorbolo si è registrato alle ore 7:30 del 12 dicembre un nuovo colmo di piena di 12,47 m, massimo storico, prossimo al sormonto del ponte stradale.

La severità dell'evento e il raggiungimento eccezionale di tale altezza idrometrica, con il conseguente superamento della sommità arginale a valle della sezione di Sorbolo, trovano riscontro nella stima dei tempi di ritorno associati agli afflussi osservati alla sezione di chiusura di bacino, risultando di circa 200 anni per la durata di 12 ore e ancora superiori per la durata di 24 ore.

Nella Figura 28 sono illustrati gli idrogrammi di piena nelle sezioni di Vetto, Casse di espansione e Sorbolo, mentre nella Tabella 5 sono riportati tutti i valori dei colmi di piena nelle sezioni idrometriche dei suddetti corsi d'acqua.

Tabella 5: Colmi di piena nelle sezioni idrometriche del fiume Enza

Fiume ENZA										
Denominazione del SENSORE	Distanze		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
origine	0.0	0.0								
confluenza Cedra	16.2	16.2								
confluenza Lonza	9.3	25.5								
NETTO	2.1	27.6	1.4	4.02	12	01:30	-	0.00		max livello
confluenza Tassobbio	5.4	33.0								
CEDOGNO	3.8	36.8	1.20	3.29	12	02:20	00:50	00:50		max livello
GUARDASONE			0.30	1.21	12	02:30				max livello
CASSE DI ESP. ENZA	23.9	60.7	1.20	4.02	12	03:30	01:10	02:00		max livello
SORBLO	16.9	77.6	7.90	12.47	12	07:20	03:50	05:50		max livello
sbocco in Po	19.6	97.2								

Vetto - Livello idrometrico

ultimo dato: 1.1 m
ore: 00:00 [solare]
di: gio 14 dic 2017

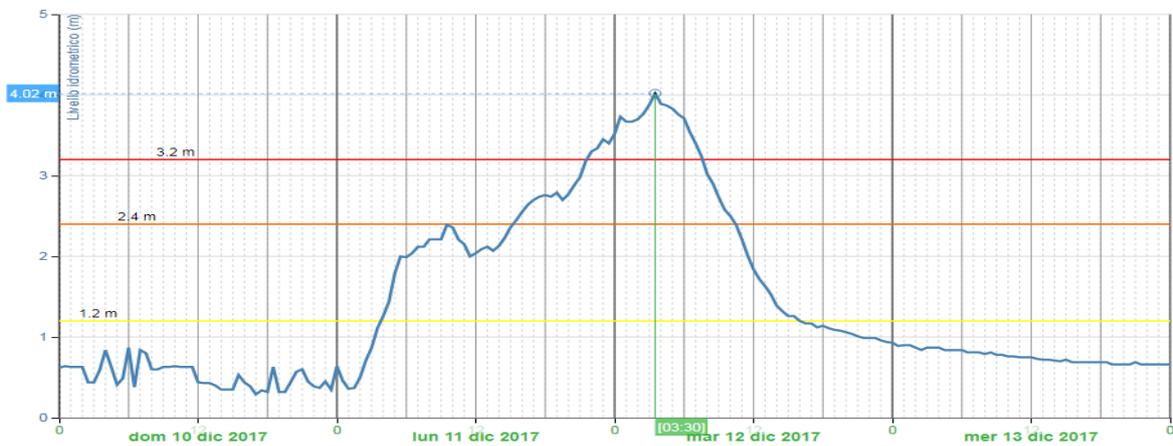
bacino: ENZA
corso d'acqua: ENZA
quota sensore: 342 m s.l.m.



Casse Espansione Enza SIAP - Livello idrometrico

ultimo dato: 0.7 m
ore: 00:00 [solare]
di: gio 14 dic 2017

bacino: ENZA
corso d'acqua: ENZA
quota sensore: 75 m s.l.m.



Sorbolo - Livello idrometrico

ultimo dato: 7.4 m
ore: 00:00 [solare]
di: gio 14 dic 2017

bacino: ENZA
corso d'acqua: ENZA
quota sensore: 34 m s.l.m.

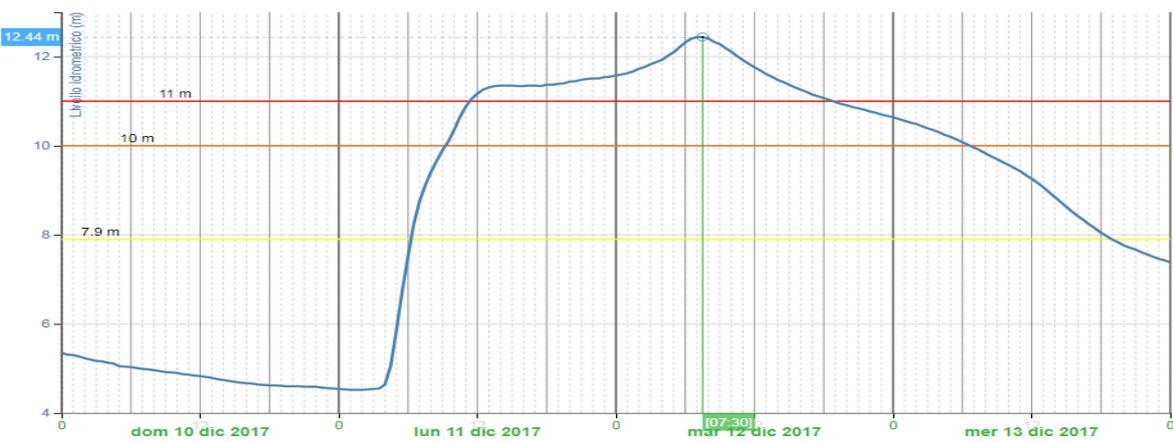


Figura 28. : Idrogrammi di piena nelle sezioni più significative del fiume Enza

3.4.1. Rotta sul fiume Enza

Alle ore 5:30 del giorno 12 dicembre si è verificato il sormonto della sommità arginale in tre punti vicini sull'argine destro del fiume Enza, in località Lentigione di Brescello (vedi Figura 29), con un'evoluzione della breccia fino alle ore 9:30, quando si è raggiunta la massima estensione dell'apertura del corpo arginale.

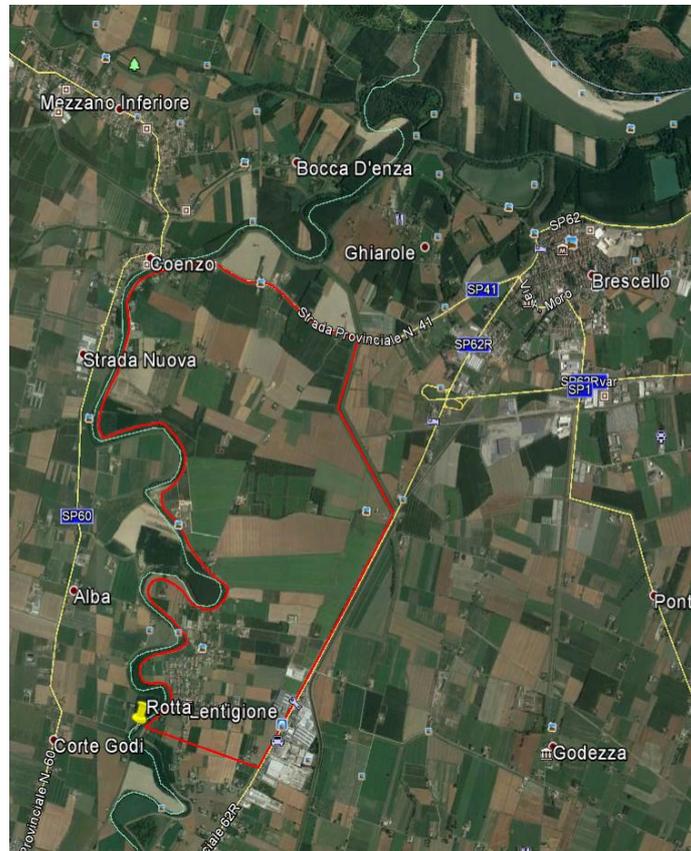
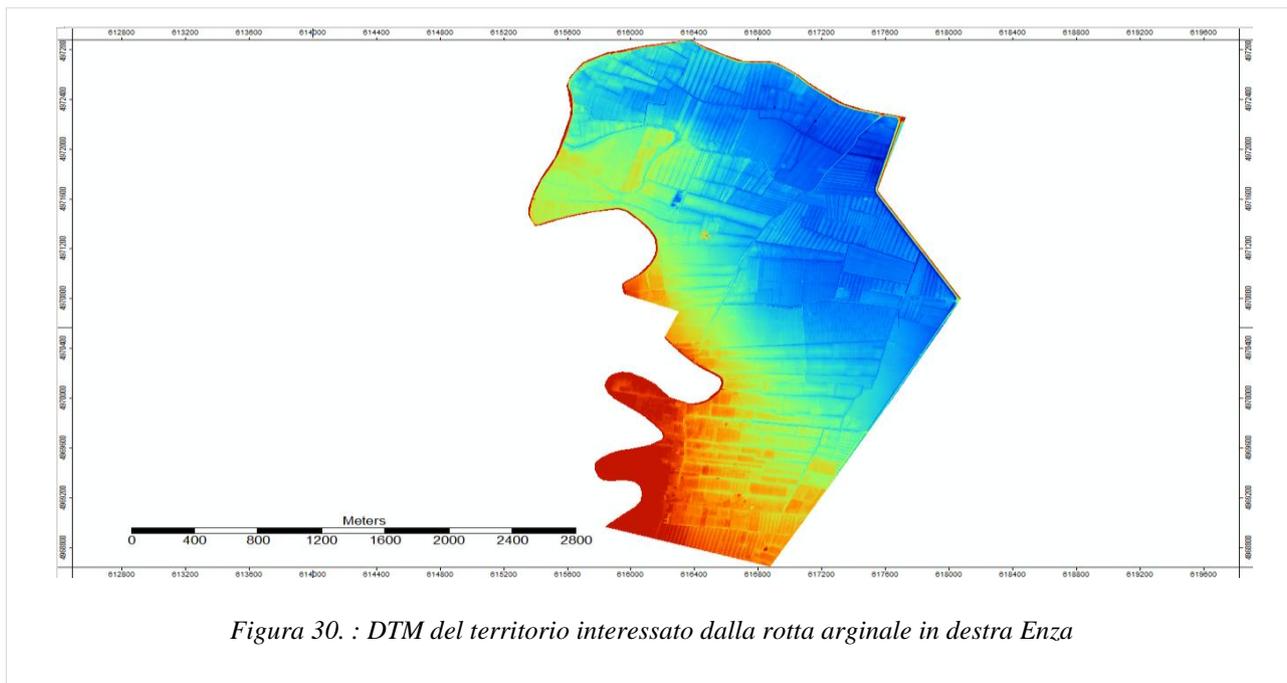


Figura 29. : : Localizzazione dell'area interessata dalla rotta arginale in destra Enza a valle di Sorbolo

Alle ore 14:00 si è stimato un volume esondato di circa 10 milioni di metri cubi, che ha interessato l'area compresa tra il corso d'acqua dell'Enza ed il canale consortile; durante la successiva propagazione dell'onda di piena dell'Enza è stato previsto un volume dello stesso ordine di grandezza in fuoriuscita nelle successive 36 ore.

L'area inondata è stata riportata sul DTM della zona, rappresentato nella Figura 30, in cui le zone di colore blu corrispondono a quote dell'ordine dei 25 metri s.l.m., mentre le zone di colore rosso corrispondono a punti con quote fino a 29 metri s.l.m. La zona è delimitata dalla ferrovia ad est, dal fiume Enza ad ovest e dall'argine maestro di Po a nord; la curva di invaso dell'area, calcolata sulla base del DTM, ha consentito di stimare per la zona individuata una capacità di invaso di circa 18 milioni di metri cubi.



Nella sera del 12 dicembre, su decisione del centro coordinamento soccorsi, è stato disposto il taglio all'argine sul canale Canalazzo di Brescello, ad ovest del centro abitato, che ha consentito il deflusso delle acque esondate.

3.5. Piena del fiume Secchia

Sul bacino montano del Secchia le precipitazioni sono iniziate nel pomeriggio di domenica 10 dicembre, con due impulsi successivi: il primo nella notte tra il 10 e l'11 dicembre, il secondo nel pomeriggio dell'11 fino alle prime ore del mattino del 12 dicembre, con intensità che sul crinale hanno superato i 60 mm/ 6 h ed hanno raggiunto cumulate di oltre 250 mm.

Nella Figura 31 sono illustrati gli andamenti delle piogge orarie e cumulate durante l'evento, nelle stazioni più significative del bacino montano del Secchia. Dal grafico del pluviometro di Ospitaletto, non riscaldato, è possibile osservare l'effetto dello scioglimento della neve accumulata nei giorni precedenti all'interno del pluviometro, che ha fatto registrare un picco di intensità nella sera del 10 dicembre: tale effetto può essere considerato proporzionale al parziale scioglimento della neve presente al suolo alle quote più alte, che durante l'evento ha dato un notevole contributo ai volumi defluenti.

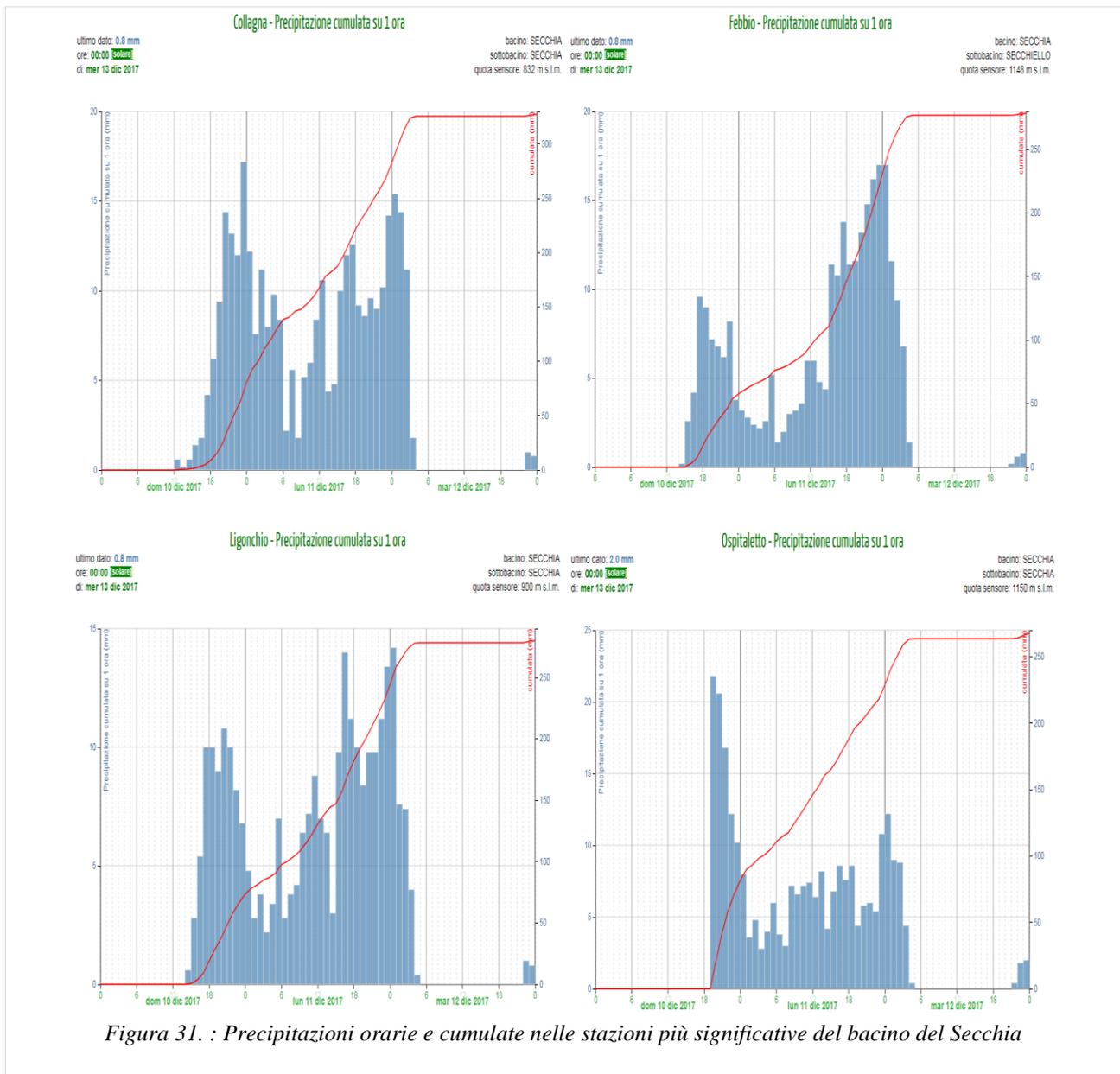


Figura 31. : Precipitazioni orarie e cumulate nelle stazioni più significative del bacino del Secchia

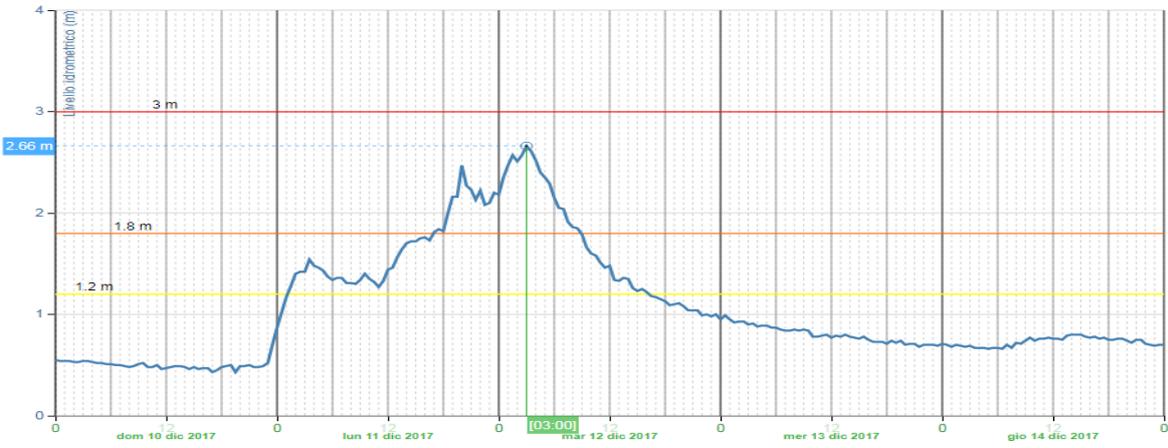
Dal punto di vista idrometrico è necessario premettere che la piena in esame ha seguito di pochi giorni un precedente evento che, sebbene avesse fatto registrare solo superamenti della soglia 1 lungo tutto il corso d'acqua, aveva mantenuto un deflusso iniziale sostenuto, soprattutto nelle sezioni vallive, ed un notevole livello di saturazione dei suoli all'inizio dell'evento pluviometrico in esame.

Nelle sezioni montane si sono registrati tre colmi di piena successivi progressivamente crescenti: il primo nelle prime ore dell'11, i due successivi nella notte tra l'11 ed il 12 dicembre. A Rubiera SS9, a monte della cassa di espansione, il colmo di piena più alto è transitato alle ore 5:30 del 12 dicembre, con un livello idrometrico di 2,73 m, massimo storico registrato, superiore alla soglia 3.

Lugo - Livello idrometrico

ultimo dato: 0.7 m
ore: 00:00 [solare]
di: ven 15 dic 2017

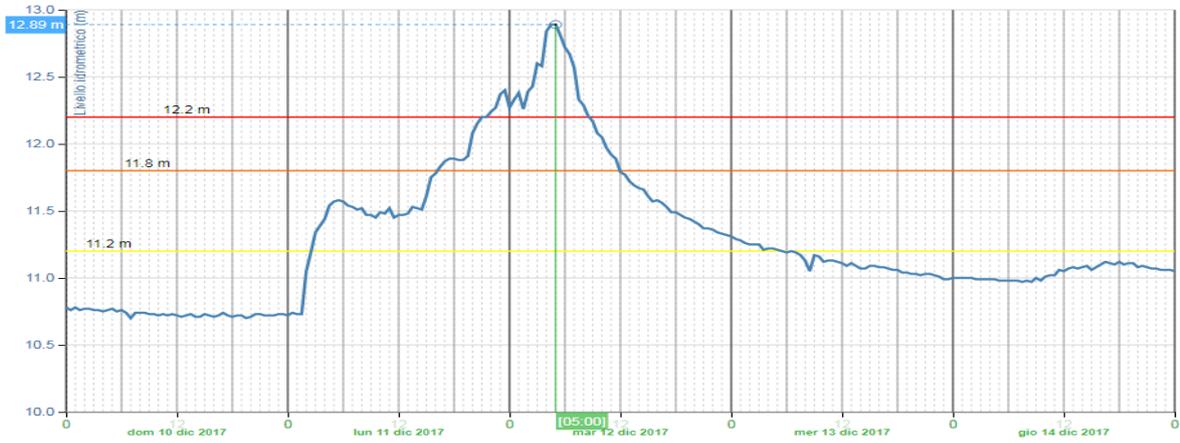
bacino: SECCHIA
corso d'acqua: SECCHIA
quota sensore: 247 m s.l.m.



Ponte Veggia - Livello idrometrico

ultimo dato: 11.1 m
ore: 00:00 [solare]
di: ven 15 dic 2017

bacino: SECCHIA
corso d'acqua: SECCHIA
quota sensore: 122 m s.l.m.



Rubiera SS9 - Livello idrometrico

ultimo dato: 1.1 m
ore: 00:00 [solare]
di: ven 15 dic 2017

bacino: SECCHIA
corso d'acqua: SECCHIA
quota sensore: 57 m s.l.m.

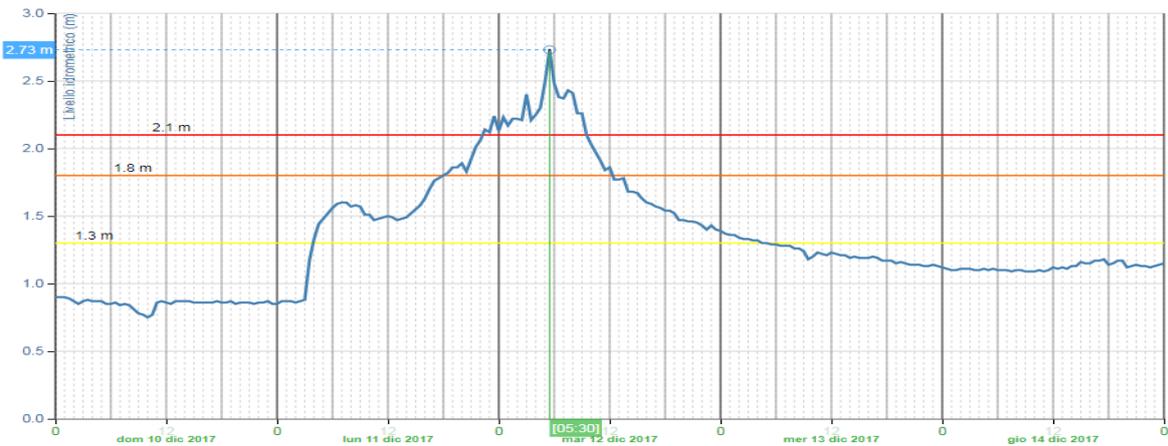


Figura 32. : Idrogrammi di piena nelle sezioni montane più significative del fiume Secchia

Le casse di espansione hanno condotto un effetto di laminazione dell'onda di piena, invasando sia la cassa laterale che quella in linea, fino al sormonto del manufatto regolatore. Nella sezione di Ponte Alto, subito a valle della cassa, un unico colmo di piena è transitato alle ore 14:00 del 12 dicembre, con un livello di 10,63 m, massimo storico registrato.

Nel tratto vallivo l'onda di piena è defluita laminandosi ulteriormente, con livelli al colmo che si sono mantenuti al di sotto della soglia 3 in tutte le sezioni. A Ponte Bacchello il colmo di piena è transitato alle ore 21:00 del 12 dicembre, con un livello di 11,16 m, le valutazioni preliminari condotte in corso di evento hanno stimato una portata di circa 400 mc/sec, ed un tempo di ritorno di circa 10 anni.

Nella Figura 32 sono illustrati gli idrogrammi di piena nelle sezioni montane del corso d'acqua, e nella Figura 33 gli idrogrammi di piena nelle sezioni vallive. Nella Tabella 6 sono riportati tutti i valori dei colmi di piena nelle sezioni idrometriche dei suddetti corsi d'acqua.

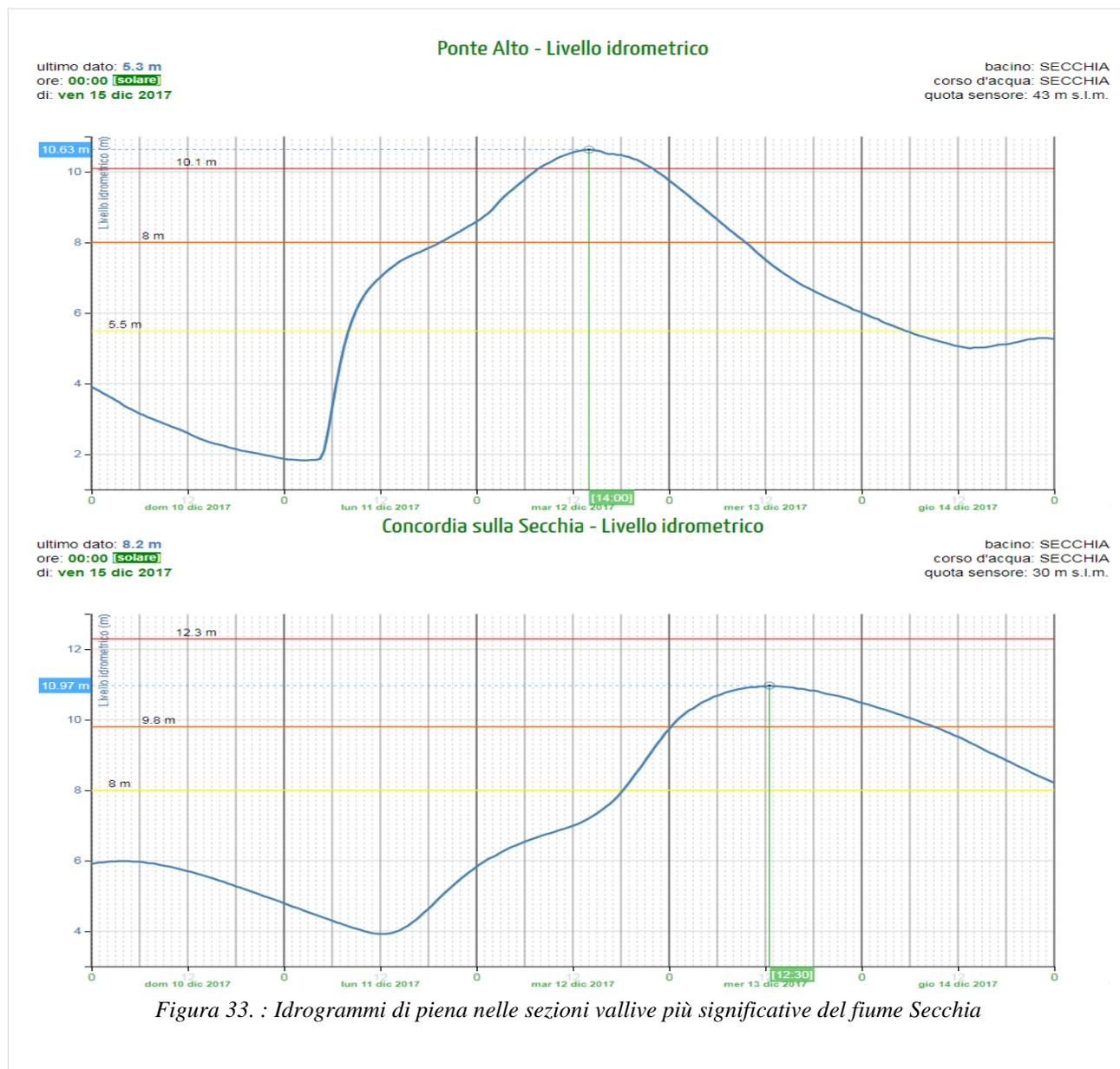


Tabella 6: Colmi di piena nelle sezioni idrometriche del fiume Secchia

Denominazione del SENSORE	Distanze (km)		Livelli rif. soglia 1	Punta max registrata			Tempi		Velocità m/sec	Note
	parziali	progres.		H idr.ca	gior.	ora	parziali	progres.		
	origine	0.0	0.0							
GATTA	28.7	28.7	1.00	2.26	12	03:30	-	00:00		
confluenza Secchiello	1.7	30.4								
PONTE CAVOLA	4.1	34.4	0.80	1.82	12	02:00	-	00:00	-	
confluenza Dolo	9.5	43.9								
LUGO	4.3	48.2	1.20	2.66	12	03:00	01:00	01:00		
confluenza Rossenna	0.5	48.7								
PONTE VEGGIA	17.5	66.2	11.20	12.89	12	04:30	01:30	02:30	-	max livello
confluenza Tresinaro	13.0	79.2								
RUBIERA SS9	0.3	79.5	1.30	2.73	12	05:30	01:00	03:30		max livello
RUBIERA CASSE monte	2.0	81.5	6.00	8.49	12	06:00	00:30	04:00		
RUBIERA CASSE valle	0.0	81.5		7.56	12	06:00				
PONTE ALTO	10.5	92.0	5.50	10.63	12	14:00	08:00	12:00	-	max livello
PONTE BACCHELLO	13.8	105.7	8.50	11.16	12	21:00	07:00	19:00		
PONTE MOTTA			7.00	9.56	13	04:00	07:00	26:00		
PIOPPA	18.8	124.5	7.80	10.99	13	08:00	04:00	30:00	-	
CONCORDIA SULLA SECCHIA	9.0	133.5	8.00	10.97	13	12:30	04:30	34:30		
BONDANELLO	9.0	142.5		10.52	13	15:30	03:00	37:30		
sbocco in Po	24.0	166.5								

4. Analisi della neve, del gelicidio ed effetti al suolo

Le precipitazioni nevose, concentrate nella notte tra l'8 ed il 9 dicembre ed il 10 dicembre tra le 10 e le 17:00 UTC, sono state mediamente deboli. I nivometri hanno misurato spessori totali tra 7 cm (Lago Scaffaiolo) e 10 cm (Passo delle Radici). Le stazioni di Lago Paduli (MC – 1151 m slm) e Civago (RE – 1051 m slm), non riportate nel grafico di Figura 34, hanno registrato un aumento di spessore tra 6 e 8 cm. Nella notte tra il 10 e l'11 dicembre, a seguito delle precipitazioni ed all'innalzamento delle temperature a causa dei venti caldi di libeccio, si osserva un parziale scioglimento del manto nevoso.

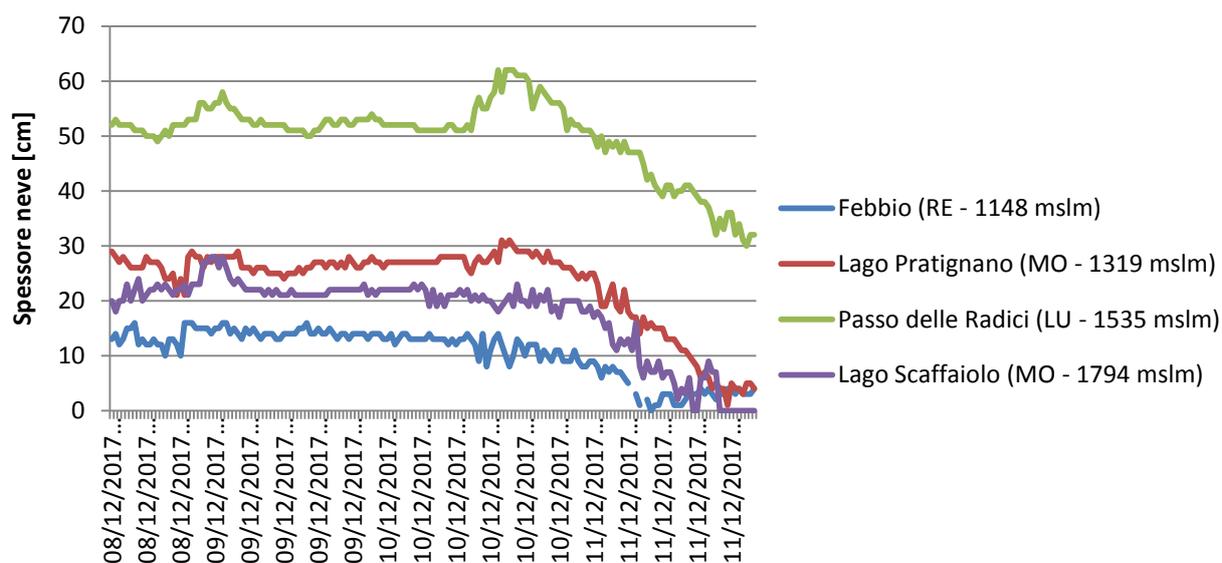


Figura 34. Spessore del manto nevoso (in cm) misurato dai nivometri della rete regionale tra le 12:00 UTC del 08/12/2017 e le 00:00 UTC del 12/12/2017.

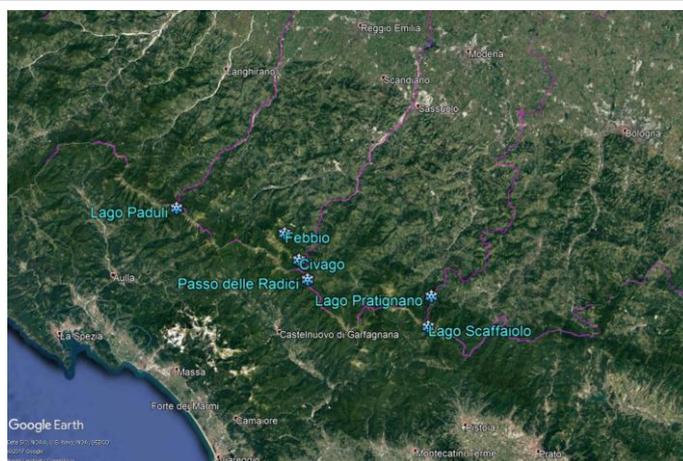


Figura 35. Nivometri della rete regionale che hanno misurato spessori di neve significativi.

Nelle stazioni monitorate dal Comando Unità Tutela Forestale Ambientale e Agroalimentare, in collaborazione con il Comando Truppe Alpine e il Servizio Meteo dell'Aeronautica Militare, si osservano aumenti nello spessore nevoso di 3 cm associati a condizioni di neve mista a pioggia o debole nevicata. In Tabella 7 e Tabella 8 si riportano i parametri meteonivometrici registrati presso i campi di rilevamento nelle giornate dell'8 e del 10 dicembre. Da rilievi sul territorio effettuati a quote collinari dai Carabinieri Forestali sono state registrate neviccate nella giornata del 10 nelle provincie di Piacenza e Parma (come, ad esempio, Figura 36).



Figura 36. Neve a Bobbio (Foto dei Carabinieri Forestali).

Tabella 7

Località	Comune	Quota (mslm)	Altezza neve (cm)	Neve caduta nelle 24 ore (cm)	T Min (°C)	T Max (°C)	Condizioni del tempo
Lagdei	Corniglio (PR)	1252	0	0	N.P.	N.P.	Pioggia forte
Passo Pradarena	Ligonchio (RE)	1585	21	3	N.P.	N.P.	Rovescio di neve misto a pioggia
Lago della Ninfa	Sestola (MO)	1550	67	Tracce di neve mista a pioggia	-1	+4	Rovescio di neve misto a pioggia
Rifugio Cavone	Lizzano in Belvedere (BO)	1416	30	0	+2	+3	Rovescio di neve misto a pioggia

Tabella 8

Località	Comune	Quota (mslm)	Altezza neve (cm)	Neve caduta nelle 24 ore (cm)	T Min (°C)	T Max (°C)	Condizioni del tempo
Lagdei	Corniglio (PR)	1252	0	Tracce di neve	-6	-2	Nevicata debole intermittente
Lago della Ninfa	Sestola (MO)	1550	64	0	-11	-4	Scaccianeve (tormenta) sulla stazione
Passo della Biancarda	Verghereto (FC)	1171	3	3	N.P.	N.P.	Assenza di precipitazioni

Episodi nevosi, di debole intensità, non associati ad accumuli al suolo significativi, sono riportati anche dalla cronaca locale a Parma (Figura 38), nella bassa reggiana e sull'Appennino romagnolo (Figura 39). Anche nella caratterizzazione della microfisica determinata dalla rete radar si osserva la caduta di neve (in giallo/arancione) mista a pioggia debole (in azzurro) nelle aree di pianura della Regione centro-occidentale (Figura 37).

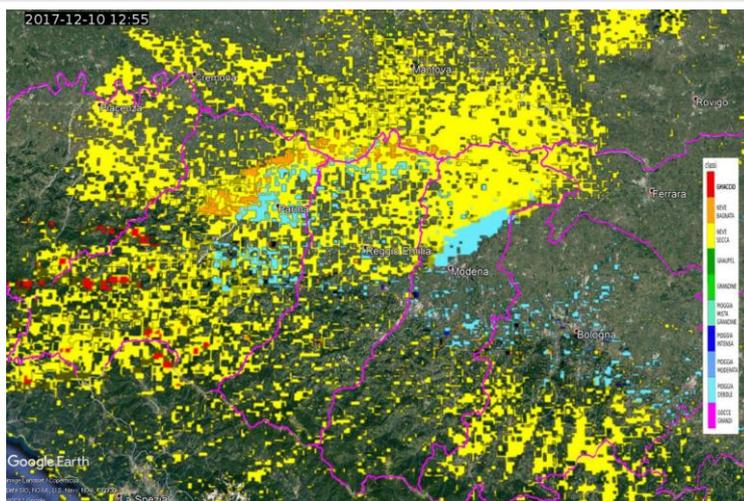


Figura 37. Caratterizzazione microfisica da dati della rete radar per il 10/12/2017 alle 12:55 UTC.



Figura 38. Neve a Parma (Fonte: Gazzetta di Parma)



Figura 39. Neve nel cesenate (Fonte: Resto del Carlino Cesena)

Altre precipitazioni di tipo solido sono state osservate e riportate dalla cronaca locale a Bologna e Reggio-Emilia. Nella mattinata del 9, infatti, è stata registrata la caduta di graupel (o “snow pellets”) ovvero di precipitazione che si forma quando gocce d’acqua sovraffreddate incontrano e ghiacciano su fiocchi di neve in caduta.



Figura 40. Graupel osservato a Bologna

Nella giornata del 10 dicembre è occorso anche il fenomeno del gelicidio, ovvero della pioggia che gela al suolo, nelle aree collinari della Regione centro-occidentale. Tale fenomeno è causato da aria calda a bassa quota, associata a precipitazioni, e la presenza di uno strato di aria fredda al suolo (con temperature inferiori a 0°C) come mostrato anche dal profilo del radiosondaggio di San Pietro Capofiume (BO) per il giorno 11 dicembre.

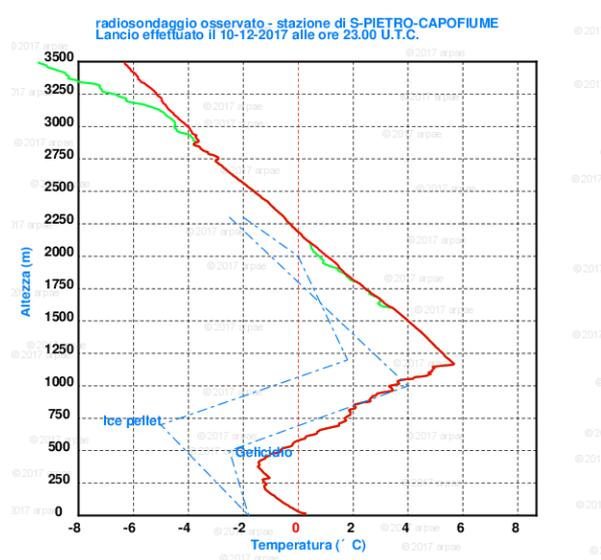


Figura 41. Radiosondaggio di San Pietro Capofiume (BO) del 10/12/2017 alle 23:00 UTC.

Il gelicidio ha causato vari problemi alla circolazione ferroviaria, in particolare sulla linea Bologna-Prato. Il ghiaccio ha fatto cadere rami sulle linee elettriche causando black-out sia in provincia di Reggio-Emilia (Vetto, Castelnuovo Monti) che in provincia di Parma (Bercetese, Cornigliese e Borgotarese).



Figura 42. Gelicidio a Vetto (a sinistra - Fonte: Gazzetta di Reggio), Appennino Reggiano (al centro e a destra - Fonte Resto del Carlino Reggio-Emilia)



Figura 43. Gelicidio a Berceto (Fonte: Gazzetta di Parma)

5. Analisi del vento, del mare ed effetti al suolo

Dal 10 dicembre l'evento è stato caratterizzato da forti raffiche di vento che hanno causato danni ingenti in vaste aree della Regione.

Nel cesenate e nel forlivese è stata segnalata la caduta di alberi, anche su linee elettriche, cornicioni e coperture. In provincia di Bologna, a Marzabotto, Lizzano in Belvedere, Porretta e Castiglione dei Pepoli il forte vento ha provocato la caduta di alberi, distacco di grondaie ed antenne, il sollevamento di pergolati. A Porretta, in particolare, il vento ha provocato seri danni alla copertura dell'ospedale. Alberi abbattuti, fienili scoperchiati, tetterie divelte, chiese ed edifici storici danneggiati sono riportati tra l'alta Valsamoggia, Tolè e Ca' Bortolani.

Nell'Appennino modenese diversi edifici sono stati parzialmente scoperchiati. Le strade sono diventate a tratti intransitabili a causa dei detriti e degli alberi caduti. Colpite la zona di Pavullo, Polinago, Montese, Palagano e Sestola.



Figura 44. Danni provocati dal vento a Pavullo e a Lama Mocogno (Fonte: Modena Today e Resto del Carlino Modena).

In Tabella 10 sono riportate le quattro stazioni anemometriche che hanno registrato i valori massimi della velocità del vento (in m/s) per più giorni. Pur essendo la scala Beaufort riferita a velocità medie (Tabella 9), si sono evidenziati i valori delle raffiche con questo criterio per sottolineare l'intensità del fenomeno. La velocità massima assoluta, 49.5 m/s (circa 180 km/h), è stata misurata dalla stazione di Loiano (BO) tra le 21 e le 22 UTC dell'11 dicembre. Per le prime tre stazioni di questa tabella sono inoltre riportate anche le velocità medie orarie per le quali è valida in senso stretto la scala Beaufort (Tabella 11).

Tabella 9

	Termine descrittivo	Velocità media del vento in nodi	Velocità del vento medio in km/h	Velocità del vento medio in m/s	Effetti sulla terra
7	Vento forte	28-33	50-61	13.9-17.1	Gli alberi iniziano a ondeggiare, si cammina con difficoltà contro vento
8	Burrasca moderata	34-40	62-74	17.2-20.7	Si rompono i rami degli alberi ed è praticamente impossibile muoversi
9	Burrasca forte	41-47	75-88	20.8-24.4	Possono verificarsi piccoli danni strutturali agli edifici, quali caduta di tegole o coperchi dei camini.
10	Burrasca fortissima	48-55	89-102	24.5-28.4	Si verifica difficilmente nell'entroterra. Alberi divelti e considerevoli danni agli abitati.
11	Fortunale	56-63	103-117	28.5-32.6	Veramente molto raro nell'entroterra è accompagnato da danni estesi
12	Uragano	>63	>117	>32.6	-

Tabella 10- Velocità massime orarie del vento (m/s)

Data e ora (UTC)	Lago Scaffaiolo (MO - 1794 mslm)	Madonna dei Fornelli (BO - 900 mslm)	Loiano (BO - 741 mslm)	Mulazzano (RN - 190 mslm)
10/12/2017 07:00:00	26,2	18,2	18,8	9,3
10/12/2017 08:00:00	26,8	19,9	23,4	12,4
10/12/2017 09:00:00	21,0	19,6	23,7	13,8
10/12/2017 10:00:00	16,1	22,1	25,7	16,6
10/12/2017 11:00:00	12,3	21,3	23,0	19,1
10/12/2017 12:00:00	12,2	20,3	20,4	14,2
10/12/2017 13:00:00	11,6	21,2	20,3	16,4
10/12/2017 14:00:00	10,5	25,3	24,7	15,6
10/12/2017 15:00:00	9,9	19,9	19,1	15,9
10/12/2017 16:00:00	9,7	23,5	22,4	14,4
10/12/2017 17:00:00	9,3	22,2	19,1	13,6
10/12/2017 18:00:00	7,6	19,3	17,9	18,8
10/12/2017 19:00:00	4,8	17,7	15,7	24,6
10/12/2017 20:00:00	6,6	17,1	19,7	21,6
10/12/2017 21:00:00	35,0	18,5	16,1	18,8
10/12/2017 22:00:00	38,3	20,3	17,4	11,4
10/12/2017 23:00:00	38,3	21,7	14,1	13,4
11/12/2017 00:00:00	38,4	21,8	18,2	8,7
11/12/2017 01:00:00	38,5	16,2	16,3	5,4
11/12/2017 02:00:00	36,4	17,3	13,3	7,6
11/12/2017 03:00:00	34,0	16,7	11,2	6,0
11/12/2017 04:00:00	32,9	18,1	21,7	4,4
11/12/2017 05:00:00	30,3	20,8	21,9	6,2
11/12/2017 06:00:00	33,7	22,1	27,3	7,0
11/12/2017 07:00:00	36,7	22,9	26,6	11,8
11/12/2017 08:00:00	46,2	26,8	29,2	18,2
11/12/2017 09:00:00	45,3	28,1	31,3	19,2
11/12/2017 10:00:00	45,6	29,8	33,2	27,3
11/12/2017 11:00:00	48,3	33,7	35,4	23,8
11/12/2017 12:00:00	44,2	33,6	36,9	21,8
11/12/2017 13:00:00	41,1	30,7	35,8	20,5
11/12/2017 14:00:00	44,1	27,8	37,9	15,6
11/12/2017 15:00:00	47,1	27,7	40,5	18,3
11/12/2017 16:00:00	44,8	25,3	37,6	16,8
11/12/2017 17:00:00	43,5	29,7	38,4	20,8
11/12/2017 18:00:00	41,0	33,8	37,2	18,7
11/12/2017 19:00:00	40,4	31,2	38,3	16,5
11/12/2017 20:00:00	40,1	29,3	39,6	23,9
11/12/2017 21:00:00	43,4	36,2	44,8	23,3
11/12/2017 22:00:00	38,0	37,4	49,5	21,7
11/12/2017 23:00:00	38,7	39,8	48,6	21,2
12/12/2017 00:00:00	40,1	38,7	46,5	22,2
12/12/2017 01:00:00	36,0	39,1	44,3	21,6
12/12/2017 02:00:00	32,7	32,1	41,2	20,8
12/12/2017 03:00:00	35,8	21,8	29,7	19,4
12/12/2017 04:00:00	25,0	19,8	27,1	18,2

12/12/2017 05:00:00	22,5	16,9	25,5	17,3
12/12/2017 06:00:00	22,2	13,6	21,0	9,0
12/12/2017 07:00:00	19,7	16,0	22,9	3,5
12/12/2017 08:00:00	18,6	13,1	14,8	4,1
12/12/2017 09:00:00	17,7	14,2	15,3	6,8
12/12/2017 10:00:00	16,1	15,1	14,9	3,2
12/12/2017 11:00:00	17,9	15,3	15,3	3,3
12/12/2017 12:00:00	15,6	17,2	20,2	3,2
12/12/2017 13:00:00	16,2	15,2	20,8	2,8
12/12/2017 14:00:00	13,7	13,9	18,0	5,5
12/12/2017 15:00:00	13,1	14,1	19,8	5,3
12/12/2017 16:00:00	13,1	13,4	19,7	9,7
12/12/2017 17:00:00	12,9	14,7	15,7	10,1
12/12/2017 18:00:00	11,3	14,3	14,8	10,1
12/12/2017 19:00:00	10,2	14,6	19,4	8,0

Tabella 11 velocità medie orarie del vento (m/s)

Data e ora (UTC)	Lago Scaffaiolo (MO - 1794 mslm)	Madonna dei Fornelli (BO - 900 mslm)	Loiano (BO - 741 mslm)
10/12/2017 21:00:00	16,3	10,5	6,2
10/12/2017 22:00:00	19,8	11,2	8,1
10/12/2017 23:00:00	20,5	8,1	7,5
11/12/2017 00:00:00	18,5	11,8	11,0
11/12/2017 01:00:00	17,4	9,5	5,7
11/12/2017 02:00:00	16,0	8,3	5,9
11/12/2017 03:00:00	12,4	9,1	6,0
11/12/2017 04:00:00	13,6	11,2	13,5
11/12/2017 05:00:00	15,3	13,4	13,9
11/12/2017 06:00:00	14,3	12,8	18,3
11/12/2017 07:00:00	16,4	15,8	15,0
11/12/2017 08:00:00	15,7	15,7	20,0
11/12/2017 09:00:00	17,5	16,0	21,2
11/12/2017 10:00:00	18,9	18,7	19,5
11/12/2017 11:00:00	21,1	22,1	22,8
11/12/2017 12:00:00	19,6	18,3	21,5
11/12/2017 13:00:00	20,1	17,1	21,8
11/12/2017 14:00:00	16,7	19,6	26,4
11/12/2017 15:00:00	19,2	16,5	26,8
11/12/2017 16:00:00	17,3	16,5	25,2
11/12/2017 17:00:00	18,0	19,3	26,1
11/12/2017 18:00:00	11,7	17,4	26,0
11/12/2017 19:00:00	12,5	18,7	26,0
11/12/2017 20:00:00	14,7	18,6	27,2
11/12/2017 21:00:00	9,8	22,1	30,1
11/12/2017 22:00:00	10,8	23,7	34,0
11/12/2017 23:00:00	12,6	22,8	33,0
12/12/2017 00:00:00	12,0	25,0	33,6
12/12/2017 01:00:00	16,5	21,9	31,6
12/12/2017 02:00:00	15,6	14,6	21,3
12/12/2017 03:00:00	13,5	12,6	21,3
12/12/2017 04:00:00	11,0	7,6	16,9
12/12/2017 05:00:00	12,0	9,2	18,7
12/12/2017 06:00:00	11,8	8,7	16,1

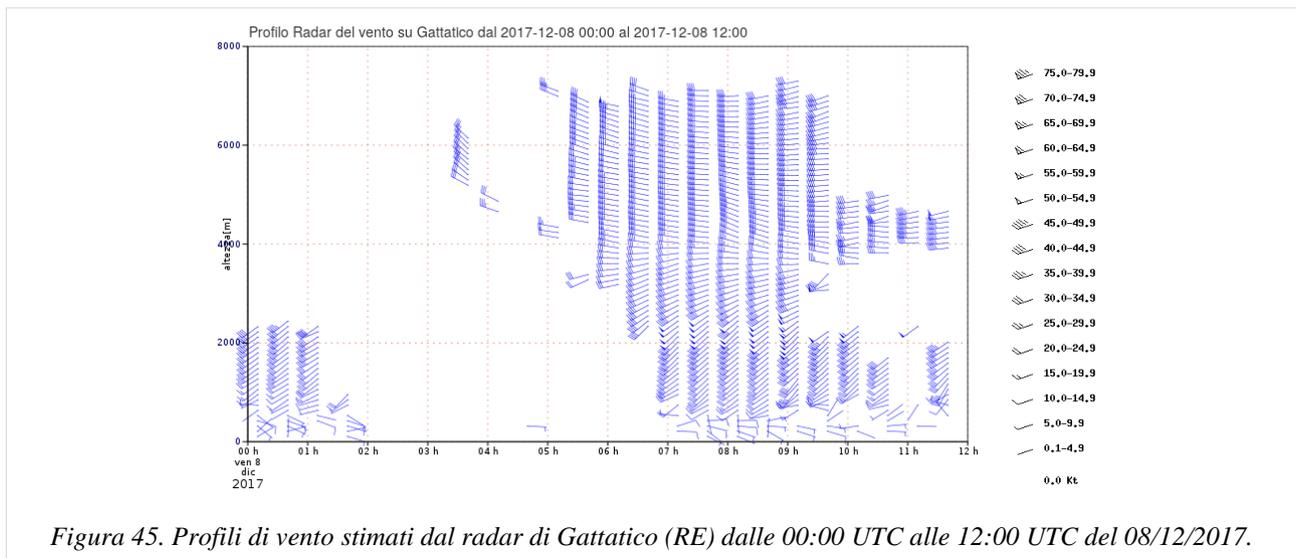
In Tabella 12 sono elencate le altre stazioni anemometriche che hanno misurato valori significativi di velocità massima, in m/s. Per queste stazioni i massimi sono stati osservati per un intervallo di tempo più limitato rispetto alle stazioni descritte precedentemente.

Tabella 12 Velocità massima oraria del vento(m/s)

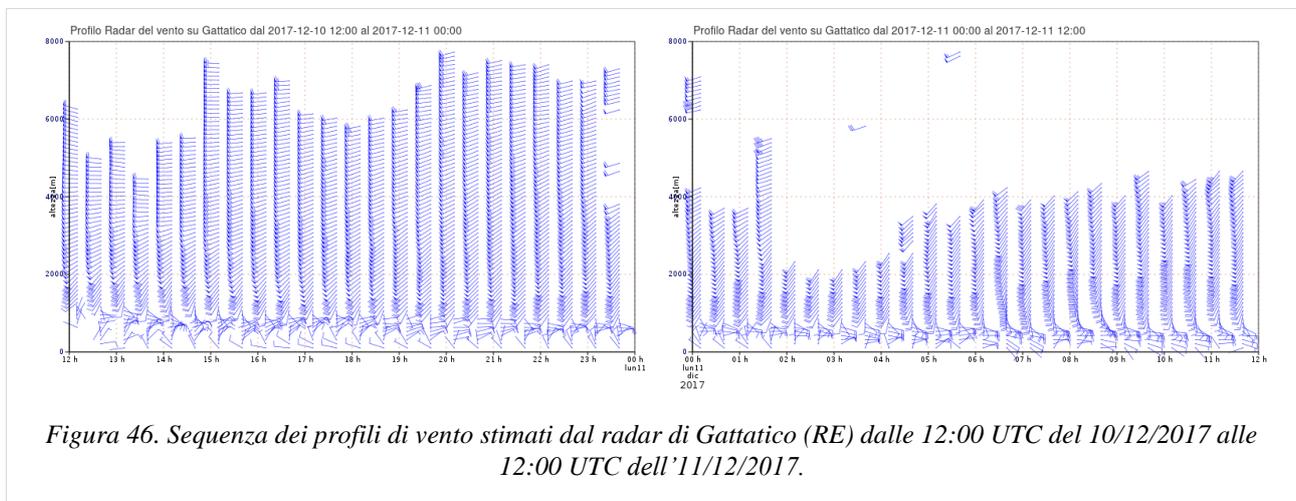
Data e ora (UTC)	Varsi (PR - 451 mslm)	Ca' Bortolani (BO - 691 mslm)	Vergato (BO - 193 mslm)	Sasso Marconi Arpa (BO - 275 mslm)	Bologna Torre Asinelli (BO - 148 mslm)	Imola Mario Neri (BO - 68 mslm)	Forlì urbana (FC - 51 mslm)	Rimini urbana (RN - 16 mslm)
11/12/2017 09:00:00	0,0	17,1	10,2	0,0	6,0	6,0	5,1	9,8
11/12/2017 10:00:00	0,0	16,1	12,1	0,0	5,2	4,2	4,8	12,4
11/12/2017 11:00:00	0,0	17,5	16,8	0,0	4,5	4,9	4,6	12,0
11/12/2017 12:00:00	0,0	15,3	18,2	5,6	4,6	14,6	6,3	12,0
11/12/2017 13:00:00	0,0	19,2	18,8	12,4	6,6	12,7	12,3	11,2
11/12/2017 14:00:00	0,0	22,3	17,8	10,9	5,8	15,0	10,0	13,3
11/12/2017 15:00:00	0,0	24,0	15,6	13,1	5,4	20,0	9,7	15,4
11/12/2017 16:00:00	0,0	22,0	11,9	14,6	7,1	20,4	10,5	18,5
11/12/2017 17:00:00	0,0	24,4	14,4	13,1	13,6	22,3	10,6	21,0
11/12/2017 18:00:00	6,1	20,6	12,0	14,5	16,6	19,1	16,2	19,3
11/12/2017 19:00:00	13,5	20,8	14,9	27,4	20,3	18,0	13,6	18,6
11/12/2017 20:00:00	20,2	25,4	15,6	27,3	14,9	21,0	18,2	19,3
11/12/2017 21:00:00	12,3	24,8	17,4	28,8	18,7	20,8	16,5	15,5
11/12/2017 22:00:00	15,3	25,3	22,3	22,8	21,0	24,1	21,0	12,6
11/12/2017 23:00:00	22,0	28,1	19,2	27,1	16,7	18,6	21,1	16,3
12/12/2017 00:00:00	20,0	24,4	16,7	22,0	14,4	17,9	25,9	15,3
12/12/2017 01:00:00	22,3	22,1	16,5	16,5	12,4	20,1	22,5	13,7
12/12/2017 02:00:00	20,6	17,4	11,5	22,9	9,3	17,2	16,8	15,2
12/12/2017 03:00:00	15,3	13,1	10	3,5	8,9	14,0	16,2	13,8
12/12/2017 04:00:00	17,6	10,3	7,9	3,5	7,9	12,0	13,3	13,0
12/12/2017 05:00:00	14,8	13,7	8,1	4,2	9,7	15,6	6,6	8,1
12/12/2017 06:00:00	16,5	12,3	6,7	3,8	6,2	15,1	6,2	7,6
12/12/2017 07:00:00	17,8	7,5	5,5	5,0	6,1	11,6	3,9	2,8

Anche nei profili di vento stimati dai radar di San Pietro Capofiume e Gattatico si osserva la persistenza e l'intensità dei venti che hanno caratterizzato l'evento. Tali profili, seppur rappresentativi dell'area vicino al radar, mostrano l'evoluzione dei flussi nelle diverse giornate.

Dal radar di Gattatico, il giorno 8 si osserva, oltre i 600 m, una direzione prevalente da sud-ovest fino a 4000 m. Al di sopra di tale quota si assiste alla graduale rotazione del vento da nord-ovest per attestarsi in direzione da ovest ad est (Figura 45). I valori massimi, tra i 2000 ed i 3000 m, sono stimati tra i 50 (93 km/h) ed i 54.9 nodi (102 km/h).



Dalle 09:00 UTC del 10 dicembre il fenomeno riprende con un'intensità crescente con strutture molto estese anche verticalmente. Nella seconda parte del 10 dicembre si osserva anche un'ampia estensione verticale. Al di sopra dei 1000 m la direzione è costante da sud-ovest. Al di sotto di tale quota c'è una forte rotazione dei venti la cui direzione passa da nord-ovest al suolo ad est. Questo andamento si mantiene fino alle 02:00 UTC dell'11 dicembre quando si osserva un'ulteriore rotazione. Sotto i 750 m i venti si attestano da sud-est/est raccordandosi ai venti sud-occidentali attorno ai 1000 m. I venti risultano costantemente molto intensi, superiori ai 50 nodi (93 km/h), su tutto il profilo al di sopra dei 1500 m.



Dalle 20:00 UTC dell'11 dicembre si assiste all'intensificazione del vento anche vicino al suolo con valori tra i 20 (37 km/h) ed i 24.9 nodi (46 km/h) ed all'allineamento delle direzioni, che si attestano da sud-ovest, su tutta la verticale.

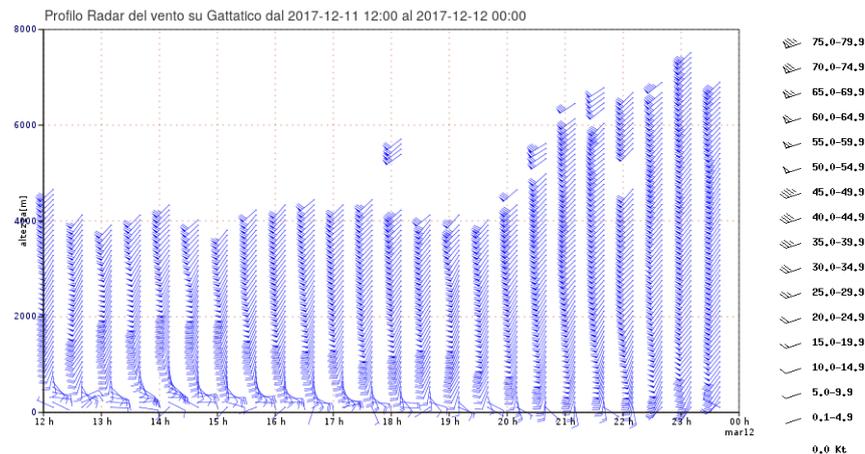


Figura 47. Profili di vento stimati dal radar di Gattatico (RE) dalle 12:00 UTC dell'11/12/2017 alle 00:00 UTC del 12/12/2017.

Per quanto riguarda il mare, si è registrato un valore di marea pari a 0,6 m al mareografo di Porto Garibaldi (FE), mentre l'altezza dell'onda registrata dalla boa Nausicaa al largo di Cesenatico è stata pari a 1,6 m. La combinazione di questi due effetti, in presenza di locali fragilità preesistenti, ha determinato dei danni localizzati sul sistema costiero ferrarese.

Infine, il vento ha causato anche un innalzamento repentino delle temperature partendo dalla Regione orientale ed interessando progressivamente la Regione centro-occidentale (Figura 48). Questo ha portato un'estrema variabilità delle temperature osservate con un forte gradiente tra Bolognese e Modenese (Figura 49), stimabile in 15 °C su una distanza di circa 20 km.

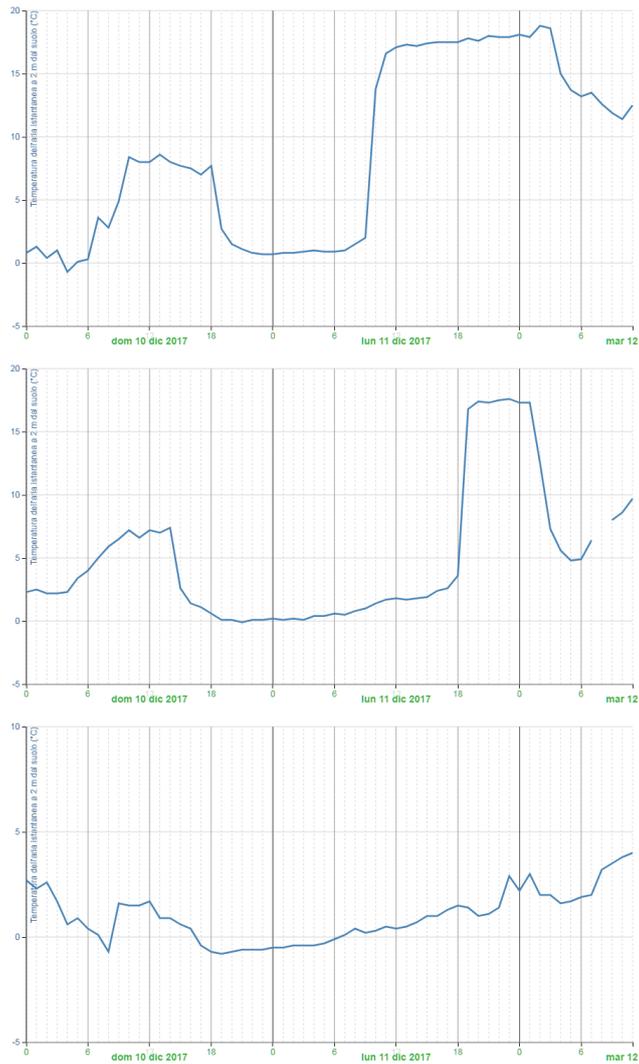


Figura 48. Andamento delle temperature a 2 m dal suolo dal 10/12/2017 al 12/12/2017 a Cesena (in alto), Bologna (al centro) e a Modena Urbana (in basso).

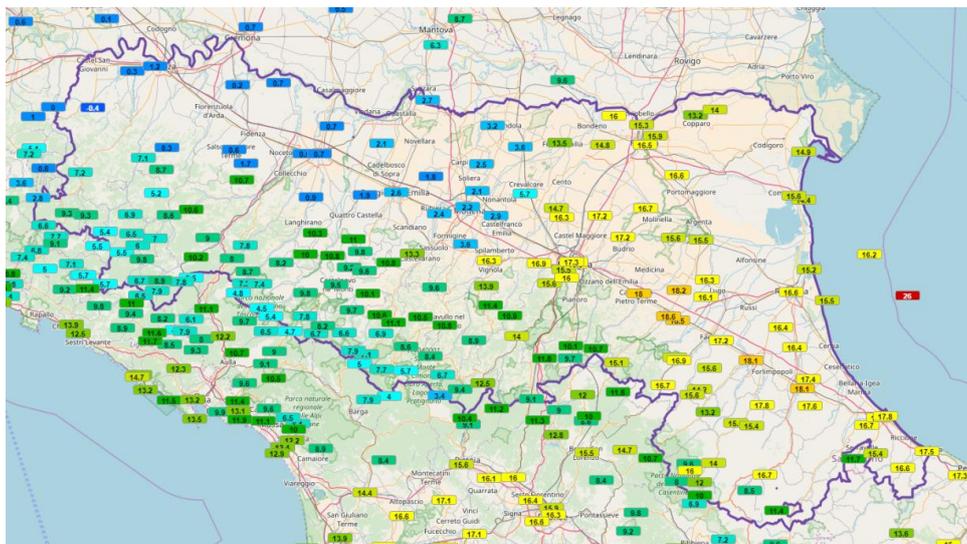


Figura 49. Temperature osservate sulla Regione alle 00:00 UTC del 12/12/2017.



Servizio Idro-Meteo-Clima

Viale Silvani, 6 – Bologna

051 6497511

<http://www.arpae.it/sim>