

RAPPORTO DI EVENTO METEOIDROLOGICO DEL 10-12/12/2017

(redatto da A. Forestieri, M. Parodi, B. Turato, M. Tizzi)

Abstract.....	1
1 Analisi meteorologica.....	2
2 Dati Osservati.....	8
2.1 Analisi Pluviometrica.....	8
2.1.1 Analisi dei dati a scala areale.....	8
2.1.2 Analisi dei dati puntuali.....	10
2.2 Analisi idrometrica e delle portate.....	14
2.3 Analisi anemometrica.....	20
2.4 Analisi nivologica.....	22
2.5 Mare.....	26
2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti.....	27
3 Conclusioni.....	27

Abstract

L'evento meteorologico che ha interessato la nostra Penisola tra il 10 e il 12 dicembre 2017, associato all'approfondimento di una vasta saccatura atlantica che si è spinta fino alle coste marocchine, bloccata nella progressione verso est da un promontorio anticiclonico ben saldo sull'area balcanica, ha fatto registrare precipitazioni abbondanti su gran parte del territorio regionale, con carattere prevalentemente diffuso sugli estremi della regione (zone E, C e Magra Toscana a Levante, zona A a Ponente) e apporti più ridotti sul centro-occidentale (area D e savonese).

I fenomeni hanno interessato bacini che presentavano già un elevato grado di saturazione, essendosi verificati a brevissima distanza temporale dall'evento precipitativo che aveva colpito prevalentemente il Levante della regione nella giornata dell'8 dicembre.

Tale circostanza, unitamente ai notevoli quantitativi precipitati, ha determinato una rapida risposta idrologica con significativo innalzamento dei livelli idrici dei maggiori corsi d'acqua ed il transito di portate rilevanti nelle sezioni strumentate, in particolare sul Levante della regione. Nei bacini dell'estremo Levante, i livelli dell'Entella, del Vara e del Magra hanno registrato gli innalzamenti maggiori, superando il livello di piena ordinaria ed, in numerose sezioni, anche il livello di piena straordinaria. Tali condizioni di elevata criticità si sono mantenute per diverse ore a causa del rallentamento della banda precipitativa nella serata dell'11 dicembre. Non sono stati registrati danni importanti sul territorio legati al livello dei corsi d'acqua, salvo locali allagamenti, nonostante in molte sezioni si sia raggiunta la portata limite.

L'evento è stato caratterizzato anche da deboli nevicate nell'entroterra e da diffusi fenomeni di gelicidio concentrati nell'entroterra di Centro-Ponente, dove sono stati segnalati ingenti danni al patrimonio forestale.

Il vento, inizialmente di maestrale sul Centro-Ponente e meridionale sul Levante, si è disposto dalla serata dell'11 dicembre ovunque da Sud, raggiungendo diffusamente valori forti sulla costa (con locali raffiche fino a 100 km/h), di burrasca o burrasca forte sui rilievi (con locali raffiche fino a 160 km/h).

Mareggiate intense di libeccio lungo hanno colpito l'intera costa culminando tra la sera dell'11 e le prime ore del 12 dicembre causando danni diffusi; alla boa di Capo Mele si sono raggiunti 4.7 m di altezza d'onda significativa e 11.6 s di periodo di picco.

1 Analisi meteorologica

Nel corso della giornata del 9 dicembre la saccatura che, transitando sull'arco alpino nella giornata precedente, aveva determinato una modesta ciclogenesi sul Mar Ligure con piogge persistenti sul Levante, si era spostata rapidamente verso i Balcani per poi evolvere in un cut-off in prossimità del Mar Nero nella giornata del 10 dicembre, trascinando con sé una imponente massa di aria di origine artico marittima (con nucleo freddo sui -40°C a 500 hPa) su gran parte del continente e sul bacino del Mediterraneo. Sull'Europa centro-occidentale si poteva osservare invece un'area di alta pressione associata ad un promontorio anticiclonico atlantico in graduale erosione sotto la spinta di una seconda saccatura in estensione dalle coste meridionali della Groenlandia (Figura 1).

Già nelle prime ore del 10 dicembre essa aveva raggiunto le Isole Britanniche andando ad unirsi alla depressione preesistente sul Mare del Nord per formare un'unica vasta area depressionaria con due minimi ben visibili al suolo: il primo, molto profondo (sui 968 hPa alle 12 UTC del 10 dicembre, indicato dalla lettera A in Figura 3) centrato tra Belgio e Olanda, il secondo, sulla sua verticale, a ovest della Norvegia (sui 975 hPa, indicato dalla lettera B in Figura 3). Le linee di geopotenziale a 500 hPa evidenziavano, inoltre, la presenza di una terza ondulazione, piuttosto pronunciata, a ovest dell'Irlanda (lettera C in Figura 3): si trattava di un profondo vortice di aria fredda alla tropopausa, non ancora visibile al suolo alle 12 UTC del 10 dicembre, ma destinato ad approfondirsi molto rapidamente nelle ore successive nel suo movimento verso sud-est, e a determinare il sensibile peggioramento sul Nord Italia nelle 48 ore successive.

Infatti, il temporaneo flusso zonale instauratosi sul Mediterraneo centro occidentale nella prima parte della giornata del 10 dicembre, già dalla serata era stato gradualmente sostituito da correnti meridionali particolarmente sostenute, generate dalla discesa di quest'ultimo impulso perturbato fino al Golfo di Bisaglia.

Il progressivo avanzamento del fronte caldo, evidenziato in Figura 4, ha determinato una graduale intensificazione delle precipitazioni sugli estremi della regione ed un lento aumento delle temperature sul settore centro-orientale. Sulla Pianura Padana, invece, la subsidenza dell'aria artico marittima sopra menzionata ed il raffreddamento radiativo notturno favorito dall'assenza di nuvolosità nella notte tra il 9 ed il 10 dicembre, avevano contribuito a formare un sottile ma "resistente" strato caratterizzato da temperature negative nei bassi livelli (Figura 5 e Figura 6), limitando anche l'apporto precipitativo sulla zona D.

La ventilazione settentrionale richiamata sul settore centro-occidentale della regione dalla configurazione barica, ha favorito il travaso di tale strato freddo dai versanti padani alle zone interne del versante costiero (Figura 7). L'apporto di aria calda e umida nei livelli medio-bassi ha determinato quindi l'instaurarsi di un profilo verticale caratterizzato da uno strato di inversione termica esteso fino a poche decine di metri dal suolo, situato al di sopra di un sottile strato con temperature inferiori a 0°C : si sono così create le condizioni favorevoli al congelamento delle piogge a contatto con il suolo ed in una vasta porzione del territorio dell'entroterra di B e su parte di D ed E si è osservato fin dalla serata del 10 dicembre il fenomeno del gelicidio.

Nel corso della giornata dell'11 dicembre la saccatura atlantica si è spinta ulteriormente verso latitudini più meridionali. Tuttavia, la presenza di un robusto promontorio anticiclonico esteso dal Mediterraneo centrale alle regioni Baltiche ha ostacolato la naturale traslazione della struttura verso Est, costringendo l'onda a protendersi verso Sud fino a lambire le coste africane nord-occidentali in serata, mantenendola quasi stazionaria in tale posizione per diverse ore. Tale configurazione ha favorito l'instaurarsi di un intenso e persistente flusso sud-occidentale in risalita dalle coste magrebine verso l'Italia Settentrionale (Figura 9). Tuttavia, per buona parte della giornata, sul settore centro-occidentale della Liguria, il flusso ha continuato a mantenersi settentrionale, portando al perdurare del gelicidio in molte zone dell'entroterra e all'esordio di precipitazioni nevose sulla zona di allerta D, ove lo spessore di aria fredda era divenuto più consistente, a scapito dello strato di inversione.

Questa configurazione ha inoltre favorito la formazione di una linea di convergenza sul Mar Ligure Occidentale. Sebbene tale linea sia stata presente per buona parte dell'evento sino al tardo pomeriggio dell'11 dicembre, la sua posizione è risultata stazionaria solo nelle prime ore pomeridiane, quando lungo la sua traccia si è assistito allo sviluppo di attività convettiva (seppur non pienamente sviluppata) e ad un tentativo di organizzazione in una

struttura lineare (Figura 8). In questa fase le celle convettive, sospinte verso la costa centrale dall'intenso flusso meridionale negli strati superiori, hanno determinato rovesci localmente forti seppur di breve durata. Nelle ore successive, l'approssimarsi del fronte freddo da sudovest ha determinato l'intensificazione del flusso meridionale, con conseguente erosione del "cuscino freddo" sia da Ponente sia da Levante (il fenomeno è stato ben evidenziato dal brusco aumento delle temperature nelle stazioni nell'entroterra come mostrato in Figura 10 e Figura 12) e il progressivo sfaldamento della linea convettiva. Tal tardo pomeriggio dell'11 dicembre tutta la regione era ormai soggetta ad una sostenuta ventilazione calda meridionale con conseguente cessazione dei fenomeni di pioggia congelantesi sulle aree del versante costiero e sulla parte dei versanti padani interessati dal fenomeno, e repentina fusione del ghiaccio cumulato (Figura 11 e Figura 13).

Nella seconda parte della giornata dell'11 dicembre la saccatura atlantica ha continuato la progressione meridiana lungo la costa occidentale marocchina arrivando a lambire le Canarie, sospiando l'associato fronte freddo verso est. In serata il fronte ha raggiunto la Liguria sulla quale è transitato muovendo da Ponente a Levante (Figura 14), preceduto da precipitazioni diffuse in prevalenza moderate. Il passaggio sul Levante della linea frontale ha comportato un'intensificazione delle precipitazioni, cui è seguito uno strascico di deboli piogge sparse che hanno interessato la zona di allerta C fino alle prime ore del 12 dicembre.

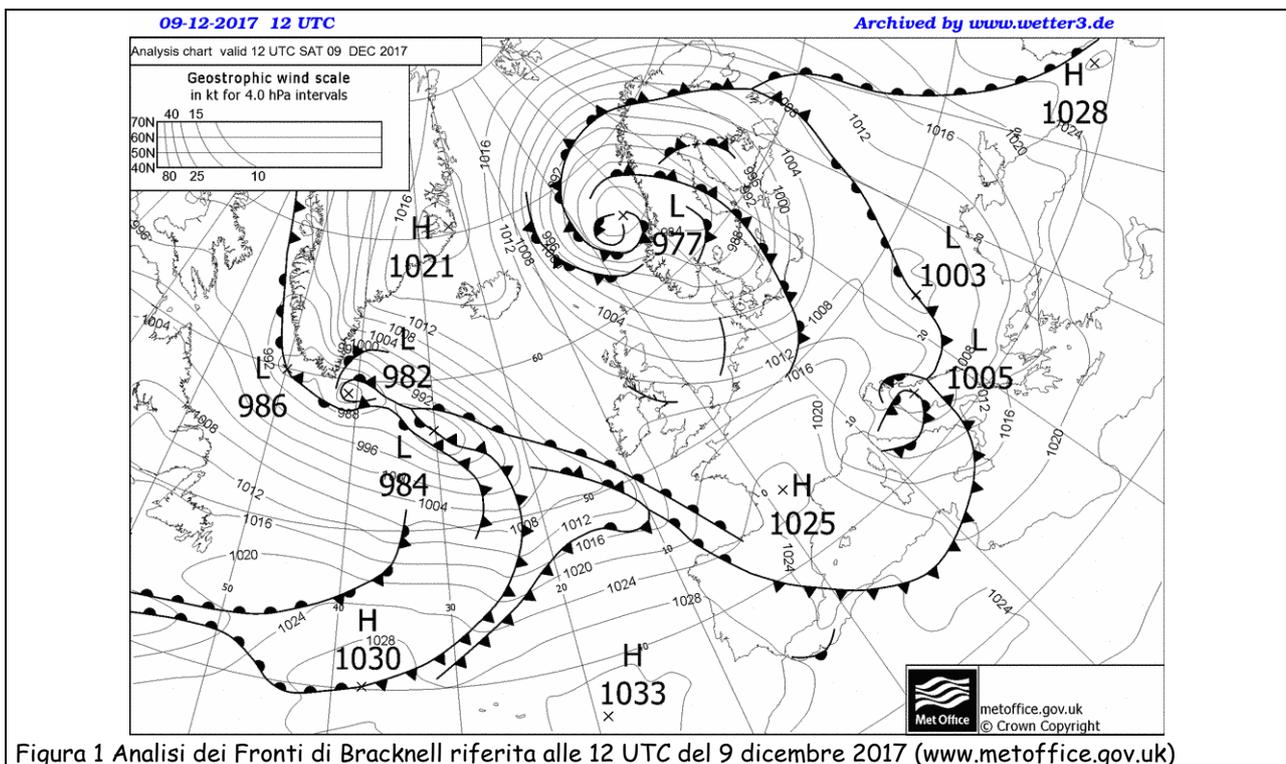


Figura 1 Analisi dei Fronti di Bracknell riferita alle 12 UTC del 9 dicembre 2017 (www.metoffice.gov.uk)

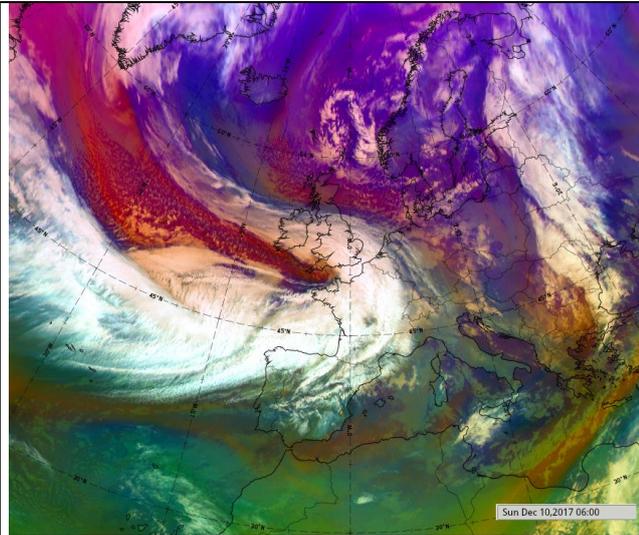


Figura 2 L'immagine da satellite MSG nella combinazione RGB denominate *AIRMASS* riferita alle 06 UTC del 10 dicembre 2017 evidenzia la discesa del vortice di aria fredda in quota dalla Groenlandia alle Isole Britanniche (<http://eumetrain.org/>)

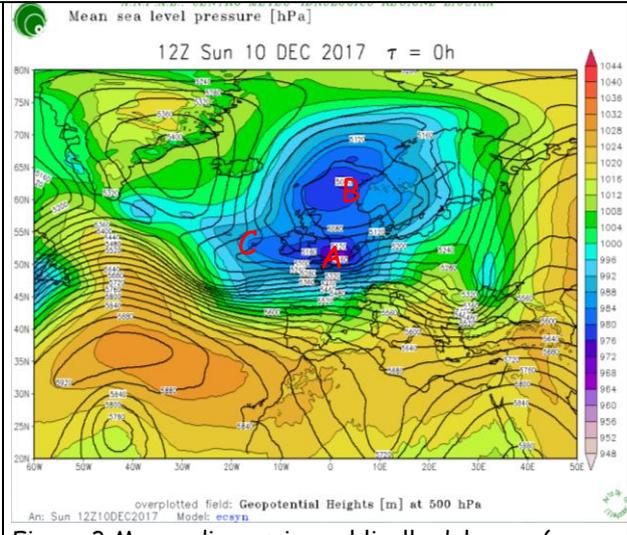


Figura 3 Mappa di pressione al livello del mare (campo shaded) e geopotenziale a 500 hPa (countour nero) riferiti alle 12 UTC del 10 dicembre 2017 (analisi del modello ECRUN inizializzato alle 12 UTC del 10 dicembre 2017).

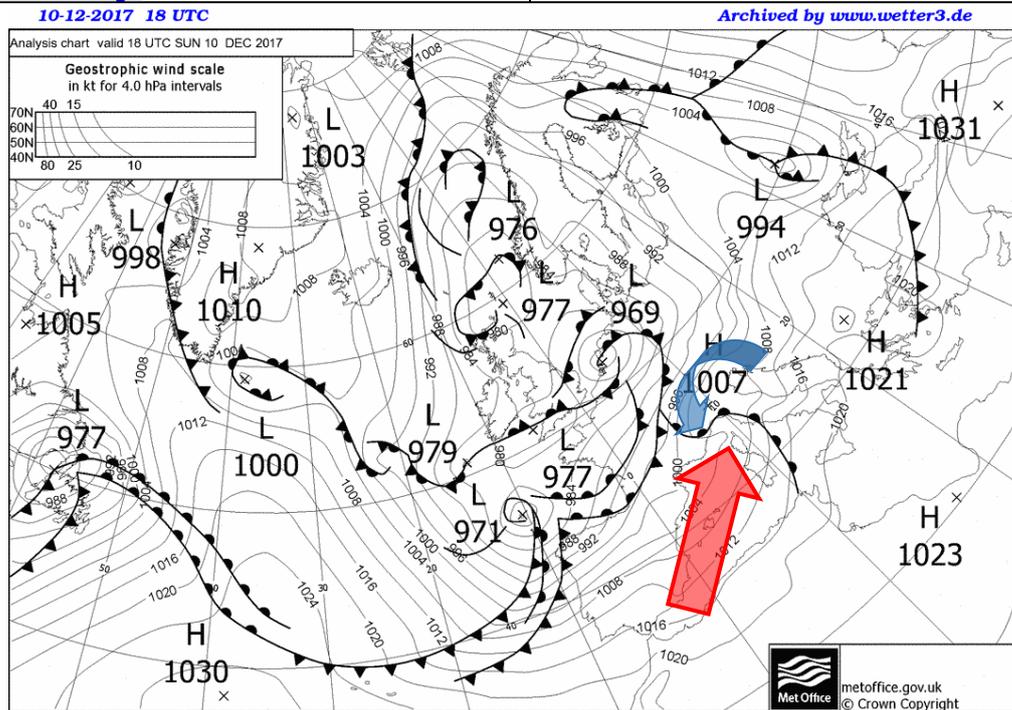


Figura 4 Analisi dei Fronti di Bracknell riferita alle 18 UTC del 10 dicembre 2017 (www.metoffice.gov.uk)

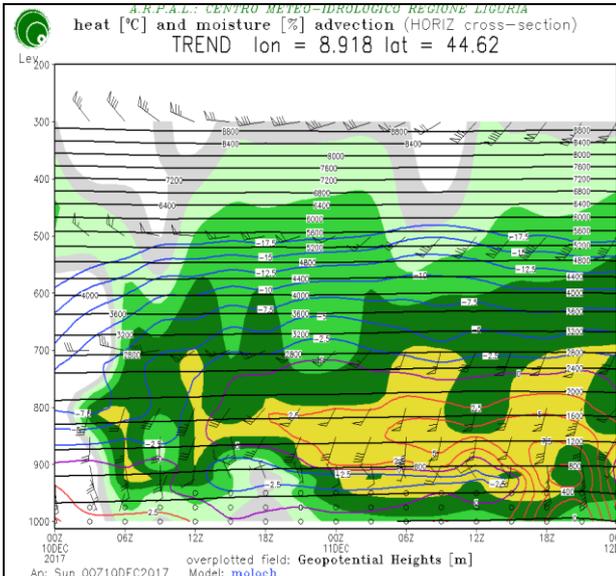


Figura 5 Temperatura (linee colorate), umidità (aree colorate) e vento (vettori con notazione in nodi) previsti per le successive 48 ore dal modello Moloch inizializzato alle 00 UTC del 10/12/2017 su un punto griglia in prossimità di Busalla (zona E). Si evidenzia la previsione di un cuscinio di aria fredda al suolo sovrastato da aria caldo-umida a partire dal pomeriggio del 10/12.

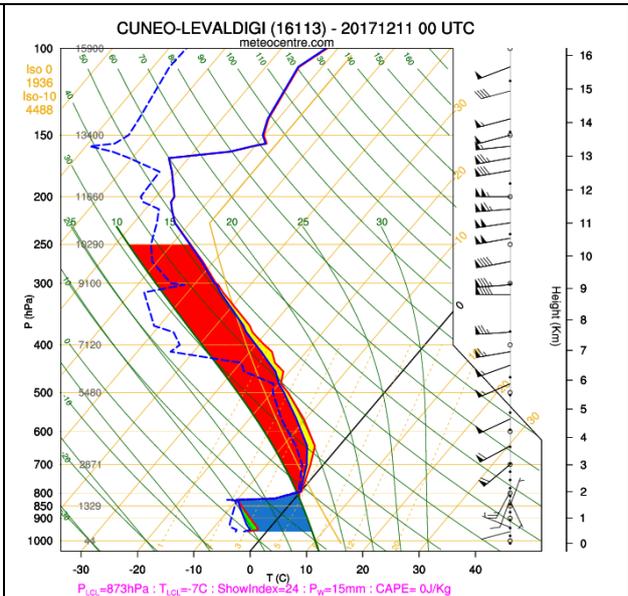


Figura 6 Diagramma termodinamico skew-T log-P del radiosondaggio lanciato dall'aeroporto di Cuneo-Levaldigi alle 00 UTC dell'11 dicembre 2017. Si evidenzia nettamente uno strato d'inversione termica con temperature negative sovrastato da uno strato con temperature positive.

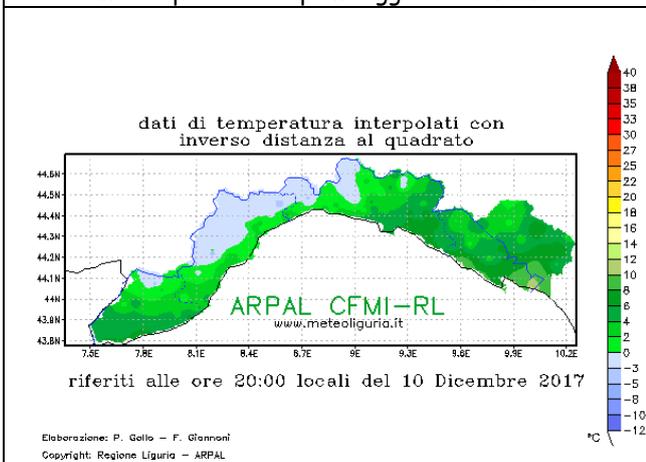


Figura 7 Mappa della temperature a 2m, ottenuta dall'interpolazione dei dati della rete OMIRL interpolati con l'inverso della distanza al quadrato, riferita alle 20 locali (19 UTC) del 10 dicembre 2017

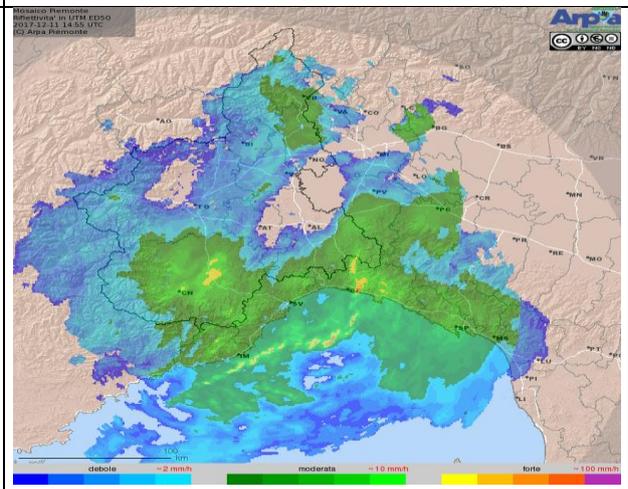


Figura 8 Mappa della precipitazione cumulata su 10' alle 14:55 UTC dell'11 dicembre 2017 (mosaico radar Settepani-Bric della Croce, elaborazione ARPA Piemonte). Si osservano diffuse precipitazioni moderate su tutta la regione; si può inoltre identificare la presenza di una linea precipitativa più intensa che dal Ligure Occidentale si estende fino a Genova, probabilmente per effetto di una convergenza di venti al suolo.

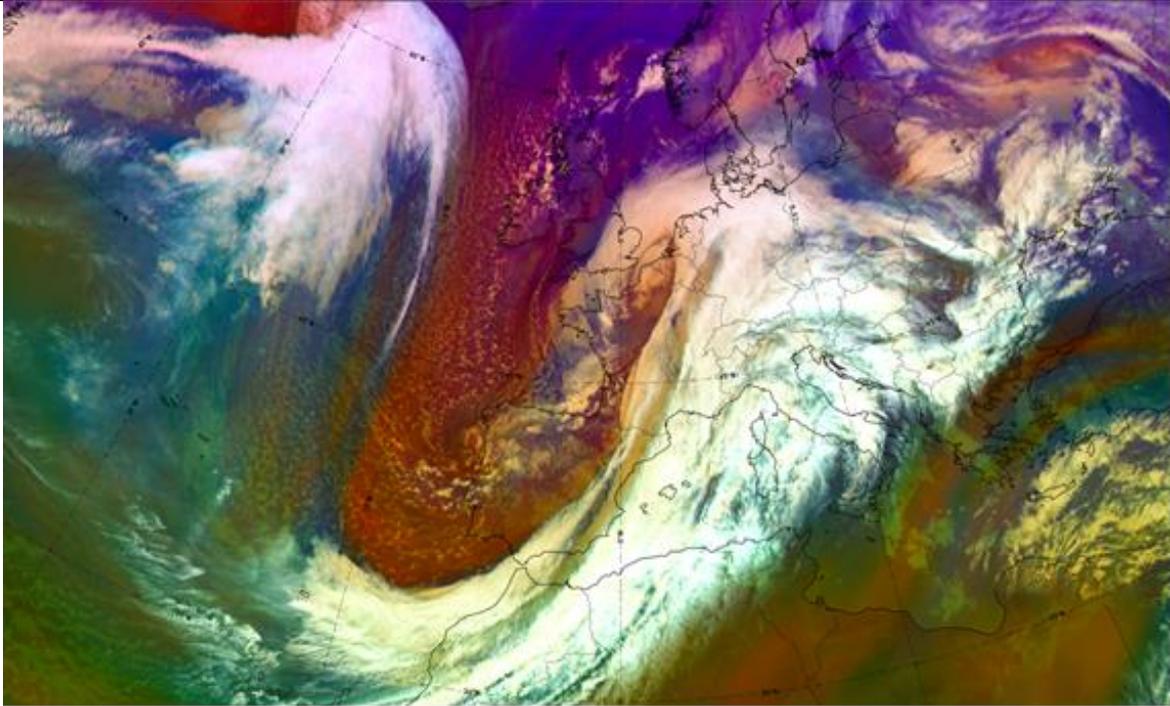


Figura 9 Nell'immagine da satellite MSG nella combinazione RGB denominate *AIRMASS* riferita alle 12 UTC dell'11 dicembre 2017 la vasta saccatura atlantica si protende fino alle coste marocchine veicolando aria calda e umida dal Mediterraneo Occidentale verso l'Europa Centrale con una ben distinguibile *warm conveyor belt* (<http://eumetrain.org/>)



Figura 10 Andamento della temperature misurata alla stazione di Valleregia (dati rete OMIRL) tra il 10 e il 12 dicembre 2017. In evidenza in repentino sbalzo termico associato allo scalzamento del cuscino freddo nei bassi strati ad opera dei venti meridionali.

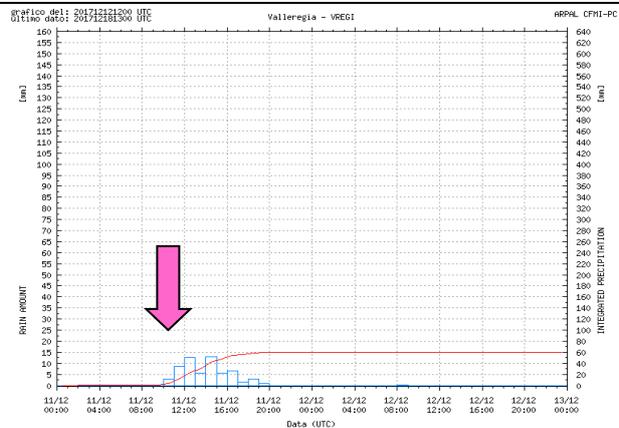


Figura 11 Grafico della precipitazione oraria misurata alla stazione di Valleregia (dati rete OMIRL) nella giornata dell'11 dicembre. In evidenza l'apparente esordio delle precipitazioni in corrispondenza degli istanti in cui la temperatura è aumentata, ad indicare in realtà la fusione dello strato di pioggia congelata.



Figura 12 Andamento della temperature misurata alla stazione di Prai-Campoligure (dati rete OMIRL) tra il 10 e il 12 dicembre 2017. In evidenza in repentino sbalzo termico associato allo scalzamento del cuscino freddo nei bassi strati ad opera dei venti meridionali.

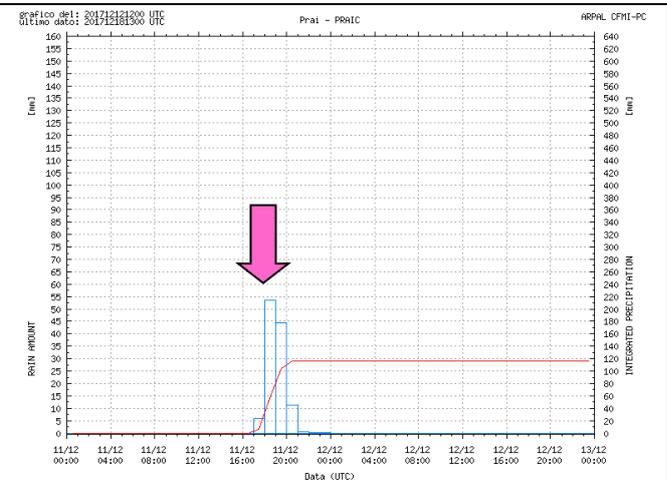


Figura 13 Grafico della precipitazione oraria misurata alla stazione di Prai-Campoligure (dati rete OMIRL) nella giornata dell'11 dicembre. Il grafico mostra dei rovesci apparentemente intensi nelle ore serali, in corrispondenza del repentino aumento delle temperature. Fenomeni di tale entità non hanno trovato riscontro nelle immagini da radar. Si ipotizza quindi che, anche in questo caso, si sommino la pioggia ed il contributo della fusione dello strato di pioggia congelata.

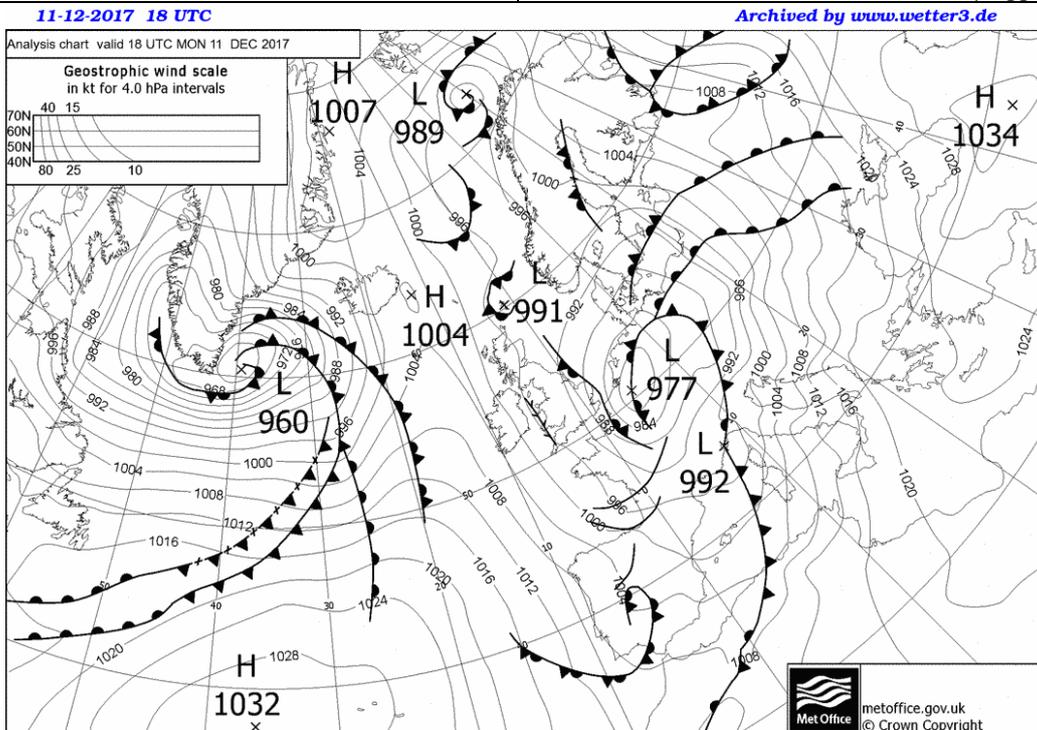


Figura 14 Analisi dei Fronti di Bracknell riferita alle 18 UTC dell'11 dicembre 2017 (www.metoffice.gov.uk); si nota come il fronte freddo abbia ormai raggiunto la Liguria.

2 Dati Osservati

2.1 Analisi Pluviometrica

L'evento pluviometrico si è concentrato fra il 10 e il 12 dicembre 2017, seguendo a distanza di 36 ore, l'evento verificatosi nella giornata dell'8 dicembre 2017, caratterizzato da intensità moderate ma da quantitativi elevati sull'area C.

I fenomeni hanno avuto un carattere prevalentemente diffuso ed hanno interessato principalmente il Levante ed il Ponente ligure. La quantità di pioggia media per le zone di allerta A, C ed E è risultata essere ovunque da ELEVATA a MOLTO ELEVATA. Localmente sono state registrate precipitazioni di intensità fino a FORTI nelle zone di allerta A e B mentre sono risultate intensità di pioggia anche molto MOLTO FORTI su C, D, E e Magra Toscana.

L'analisi delle piogge registrate al suolo dalle stazioni della rete OMIRL, esposta in dettaglio nei prossimi paragrafi, mostra chiaramente che, tra il 10 e il 12 dicembre, si è avvicinato un unico fronte precipitativo, di intensità moderata, pressoché stazionario sulle 48 ore.

2.1.1 Analisi dei dati a scala areale

L'evento è stato DIFFUSO: ha interessato tutte le zone di allertamento in modo persistente concentrandosi principalmente sulle zone del Levante ligure e del Ponente, come si può evincere dai valori delle altezze medie areali cumulate su diverse finestre temporali sotto riportate. Si sono verificate copiose precipitazioni sull'intero bacino del Magra, dell'Entella, del Roia e dell'Argentina. Le precipitazioni più abbondanti si sono registrate nel corso della giornata dell'11 dicembre. In Tabella 1 sono riportate le altezze medie areali cumulate su diverse finestre temporali per zona di allertamento da cui si osserva che l'evento ha interessato con uniformità il territorio ligure con quantitativi inferiori sull'area D.

Zona	(mm/1H)	(mm/3H)	(mm/6H)	(mm/12H)	(mm/24H)
A	11.0 11/12/2017 17:45	28.5 11/12/2017 19:00	47.1 11/12/2017 19:10	87.6 11/12/2017 19:15	134.0 11/12/2017 19:50
B	11.8 11/12/2017 13:15	29.2 11/12/2017 15:05	53.0 11/12/2017 16:30	86.8 11/12/2017 19:45	110.6 11/12/2017 20:40
C	10.9 11/12/2017 14:15	30.2 11/12/2017 16:05	47.9 11/12/2017 18:55	94.0 11/12/2017 21:30	143.0 11/12/2017 22:50
D	8.0 11/12/2017 19:05	22.0 11/12/2017 20:15	36.0 11/12/2017 20:25	56.0 11/12/2017 21:45	66.0 12/12/2017 03:25
E	18.0 11/12/2017 13:55	48.0 11/12/2017 14:35	91.0 11/12/2017 18:55	154.8 11/12/2017 21:25	202.8 12/12/2017 00:15
M	12.9 11/12/2017 22:00	34.1 11/12/2017 22:30	55.6 11/12/2017 22:00	100.7 11/12/2017 22:00	150.7 11/12/2017 22:30

Tabella 1 Media areale sulle zone di allertamento della cumulata di pioggia registrata per diverse durate

Di seguito si riportano le mappe di precipitazione cumulata areale relative all'evento precedente dei giorni 7-8 dicembre (cumulate di precipitazioni in 24 ore, Figura 15 e Figura 16) e ai giorni 10-11-12 dicembre (cumulate di precipitazioni in 12 ore, in 24 e in 48 ore, Figura 17-Figura 20). Tali mappe sono ottenute dai dati puntuali della rete di misura OMIRL, interpolando mediante algoritmo di interpolazione con l'inverso della distanza al quadrato.

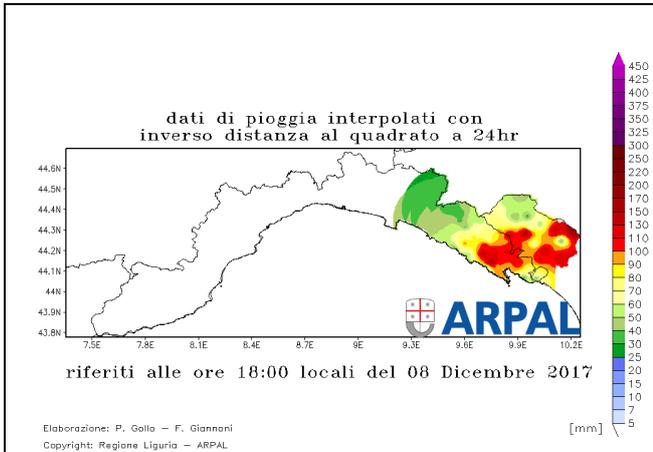


Figura 15 Piogge cumulate in 24 ore tra le 17:00 UTC del 07/12/2017 e le ore 17:00 UTC dell'08/12/2017

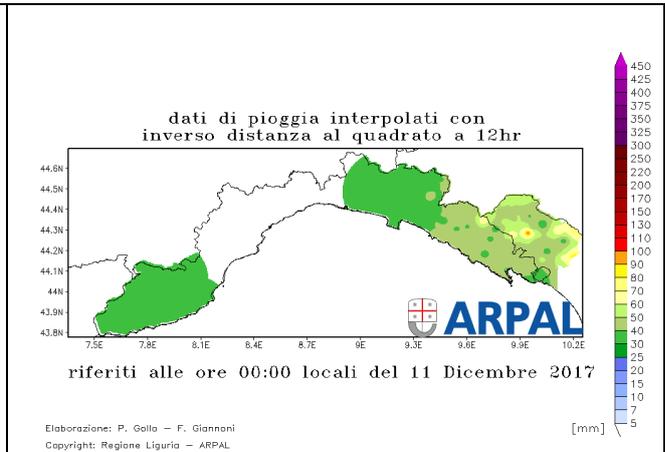


Figura 16 Piogge cumulate in 12 ore tra le 11:00 UTC del 10/12/2017 e le ore 23:00 UTC dell'10/12/2017

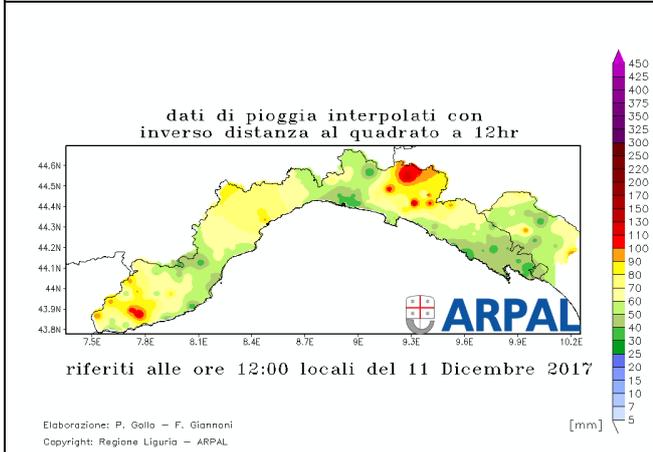


Figura 17 Piogge cumulate in 12 ore tra le 23:00 dell'10/12/2017 e le ore 11:00 UTC dell'11/12/2017

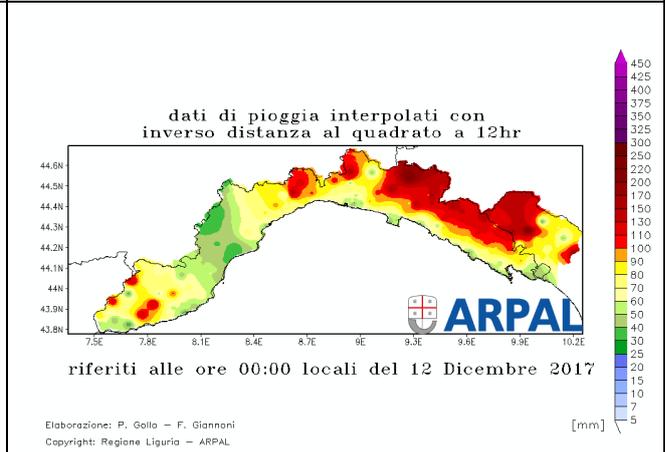


Figura 18 Piogge cumulate in 12 ore tra le 11:00 UTC dell'11/12/2017 e le ore 23:00 dell'11/12/2017

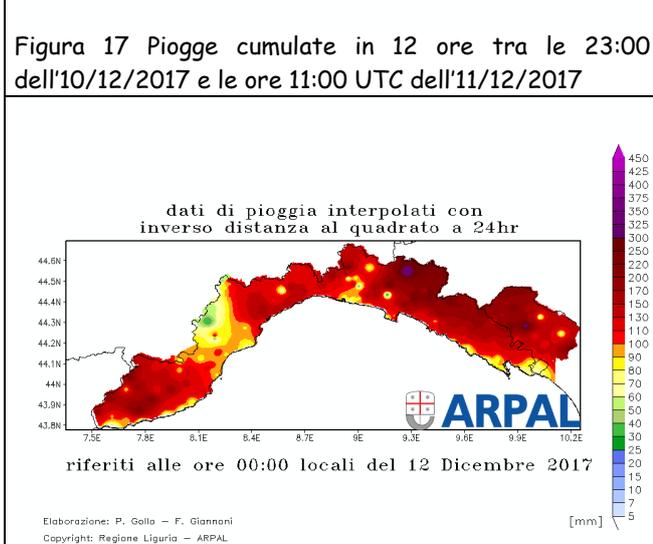


Figura 19 Piogge cumulate in 24 ore tra le 23:00 UTC dell'10/12/2017 e le ore 23:00 UTC dell'11/12/2017

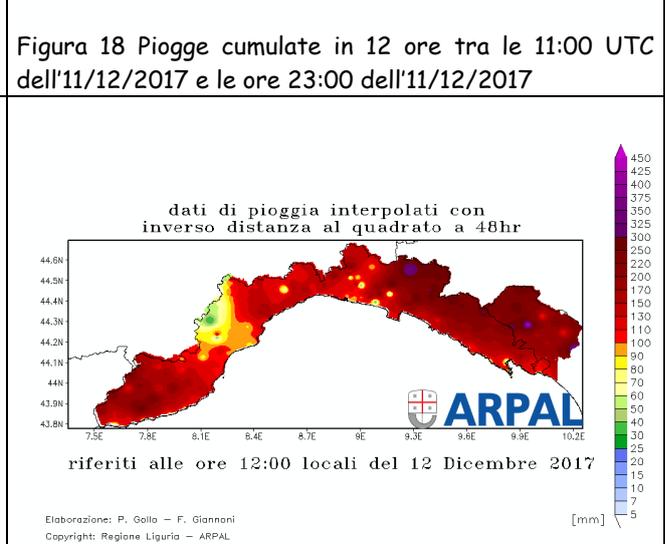


Figura 20 Piogge cumulate in 48 ore tra le 11:00 UTC dell'10/12/2017 e le ore 11:00 UTC dell'12/12/2017

La distribuzione areale e temporale delle precipitazioni riportate nelle figure precedenti mostra il susseguirsi di due eventi caratterizzati da precipitazioni persistenti, che hanno insistito maggiormente sull'area dell'estremo Levante e sul Ponente ligure con una sola breve pausa nella giornata del 9 dicembre.

Per quanto riguarda l'evento del 07-08 dicembre i fenomeni hanno insistito esclusivamente sul Levante, con cumulate puntuali massime di circa 150 mm/24h; non sono state interessate le zone di allertamento A, B, D ed E ad eccezione di alcuni bacini minori sulla costa orientale di B ed i bacini Trebbia ed Aveto con precipitazioni scarse e di debole intensità.

Nella giornata del 10 dicembre, invece, i fenomeni sono ripresi su tutte le zone allertamento con precipitazioni diffuse e persistenti, di intensità moderata su scala areale, che hanno portato nelle 36 - 48 ore successive a quantitativi cumulati da elevati a molto elevati. Le quantità areali, qui valutate come cumulata su 12 ore, si sono rivelate fino a MOLTO ELEVATE su C ed E (fino a 100 e 150 mm/12h, rispettivamente), ed ELEVATE altrove.

2.1.2 Analisi dei dati puntuali

Dall'analisi dei valori puntuali ai pluviometri risultano precipitazioni di intensità forte e localmente molto forte. La Tabella 3 riporta i massimi valori di precipitazione puntuale misurati dalla strumentazione della rete OMIRL tra le 12:00 UTC del 10/12/2017 e le 12:00 UTC del 12/12/2017 con una finestra temporale mobile, distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Zona	(mm/5 minuti)	(mm/10 minuti)	(mm/15 minuti)	(mm/30 minuti)	(mm/45 minuti)
A	5.8 Alassio (ALASS) 11/12/2017 12:30	9.4 Diano Castello - Varcavello (DCAVV) 11/12/2017 12:20	12.4 Diano Castello - Varcavello (DCAVV) 11/12/2017 12:20	15.4 Diano Castello - Varcavello (DCAVV) 11/12/2017 12:25	19.4 Sella di Gouta (GOUTA) 11/12/2017 15:20
B	6.0 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 16:50	11.4 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 14:50	14.8 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 14:55	20.8 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 14:55	23.8 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 14:55
C	4.8 Cichero (CCHER) 11/12/2017 06:45	8.2 Piana Battolla - Ponte (PBATT) 11/12/2017 22:00	11 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 13:10	18.4 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 13:25	23.4 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 13:40
D	10.4 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 15:10	18.8 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 15:10	24.8 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 15:10	37.4 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 15:15	44.8 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 15:20
E	4 Lco Carchelli (LOCOC) 11/12/2017 15:00	26 Brugneto diga (BRUGN) 11/12/2017 18:00	28 Brugneto diga* (BRUGN) 11/12/2017 19:00	34 Brugneto diga (BRUGN) 11/12/2017 19:00	43 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 18:00
M	5 Piana Battolla Ponte (PBATT) 11/12/2017 23:00	8 Piana Battolla Ponte (PBATT) 11/12/2017 23:00	13.2 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:15	21.6 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:15	30 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:15

Tabella 2 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 12:00 UTC del 10/12/2017 e le 12:00 UTC del 12/12/2017, distinti per zone di allertamento e per diverse durate (sub-orarie). * Valore stimato a causa della diversa granulometria dei dati grezzi.

Zona	(mm/1H)	(mm/3H)	(mm/6H)	(mm/12H)	(mm/24H)
A	24.4 Montalto Ligure (MONTL) 11/12/2017 17:40	59.8 Montalto Ligure (MONTL) 11/12/2017 19:00	106 Montalto Ligure (MONTL) 11/12/2017 19:00	179.2 Ceriana (CERIA) 11/12/2017 18:55	258.2 Ceriana (CERIA) 11/12/2017 20:10
B	27.2 Isoverde (ISOVE) 11/12/2017 12:20	65.4 Monte Cappellino (MTECA) 11/12/2017 15:00	98.4 Mignanego (MIGNA) 11/12/2017 16:40	143.8 Isoverde (ISOVE) 11/12/2017 20:05	190.2 Isoverde (ISOVE) 11/12/2017 20:25
C	27.6 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 13:50	65.4 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 21:10	126.6 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 21:05	229.6 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 21:10	316.8 Giacopiane - Diga (LGIAC) 11/12/2017 21:15
D	56 Prai (PRAIC) 11/12/2017 19:10	114.6 Prai (PRAIC) 11/12/2017 20:45	135 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 20:05	155 Urbe - Vara Sup (URVAS) 11/12/2017 22:50	157 Urbe - Vara Sup (URVAS) 12/12/2017 00:20
E	39.4 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 20:30	105.8 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 21:10	202.4 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 21:10	332.4 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 21:10	475.4 Cabanne (CABAN) 11/12/2017 21:20
Magra	39.2 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:15	83.6 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 16:30	147.2 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 19:15	257.2 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:30	350.4 Villafranca Lunigiana (VFLUN) 11/12/2017 22:30

Tabella 3 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 12:00 UTC del 10/12/2017 e le 12:00 UTC del 12/12/2017 distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Si riportano di seguito gli ietogrammi significativi relativi ad alcune stazioni che hanno registrato i valori massimi puntuali. Le intensità di pioggia, valutate in base alle cumulate su 1 e 3 ore, e le quantità, valutate in base alle cumulate su 6, 12 e 24 ore, sono definite in accordo con le soglie stabilite dal CFMI-PC.

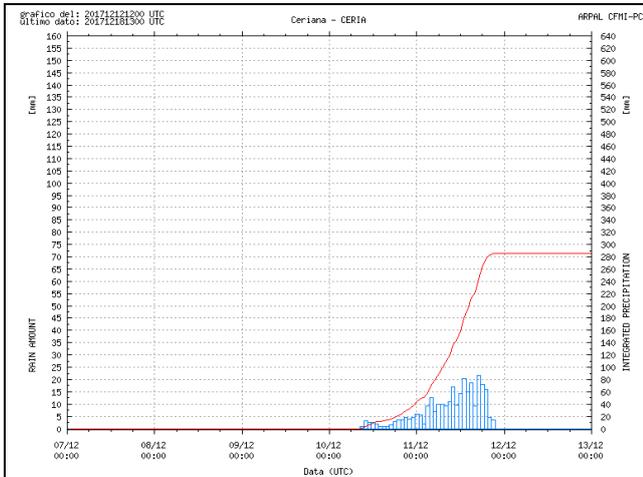


Figura 21 Ietogramma e cumulata a Ceriana (CERIA)
INTENSITA': (mm/1h) MODERATA, (mm/3h) FORTI
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO ELEVATE

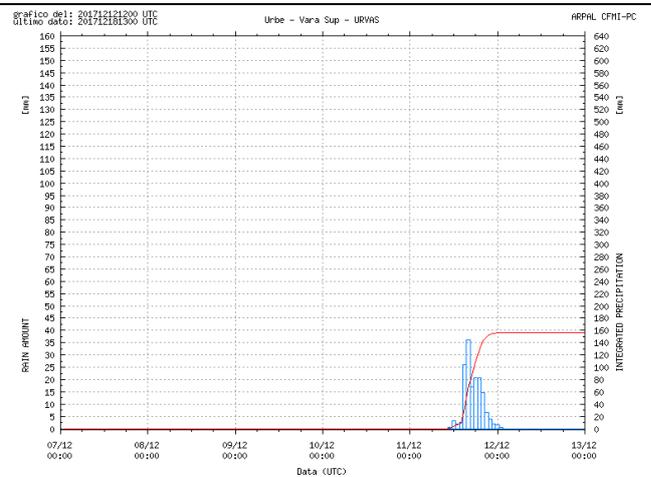


Figura 22 Ietogramma e cumulata a Urbe Vara Sup (URVAS)
INTENSITA': (mm/1h) FORTI, (mm/3h) MOLTO FORTI¹
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO ELEVATE

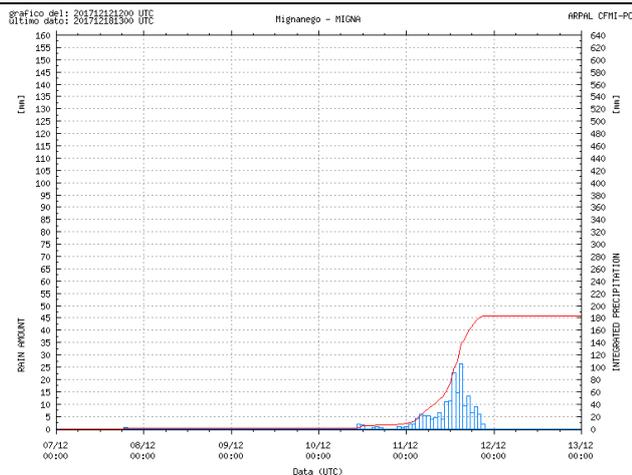


Figura 23 Ietogramma e cumulata a Mignanego (MIGNA)
INTENSITA': (mm/1h) MODERATE, (mm/3h) FORTI¹
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO ELEVATE

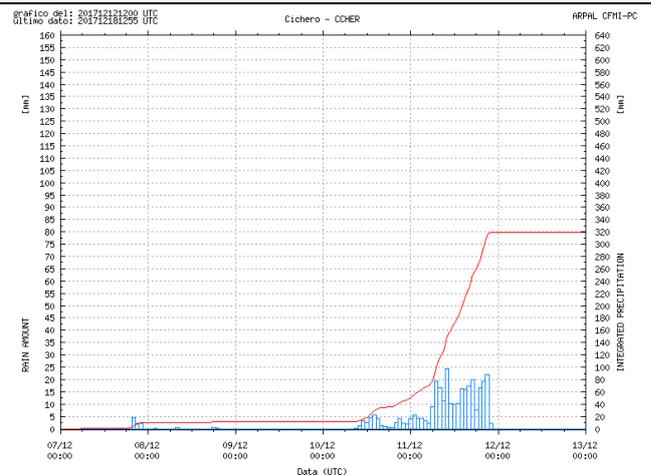


Figura 24 Ietogramma e cumulata a Cichero (CCHER)
INTENSITA': (mm/1h) MODERATE, (mm/3h) FORTI
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTE ELEVATE

¹ Probabile contributo della fusione del ghiaccio prodotto dal gelicidio o della neve in seguito al brusco rialzo termico

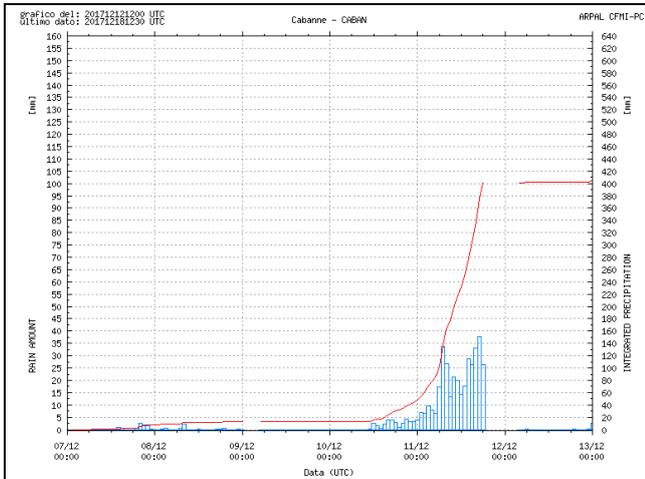


Figura 25 Ietogramma e cumulata a Cabanne (CABAN)
INTENSITA': (mm/1h) FORTI, (mm/3h) MOLTO FORTI¹
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO FORTI

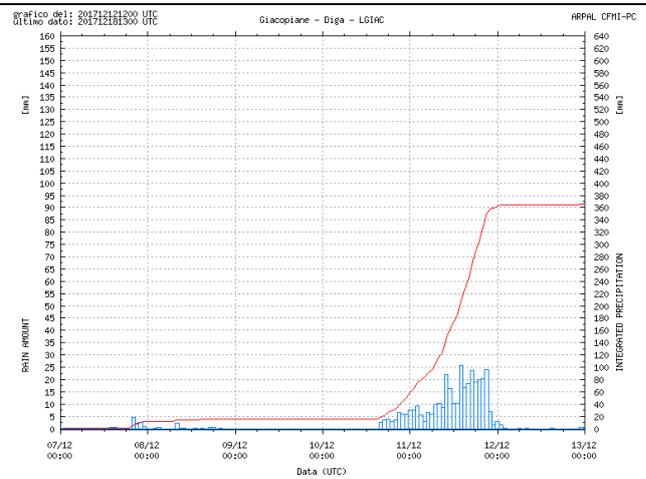


Figura 26 Ietogramma e cumulata a Giacopiane Diga (LGIAC)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) FORTI
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO ELEVATE

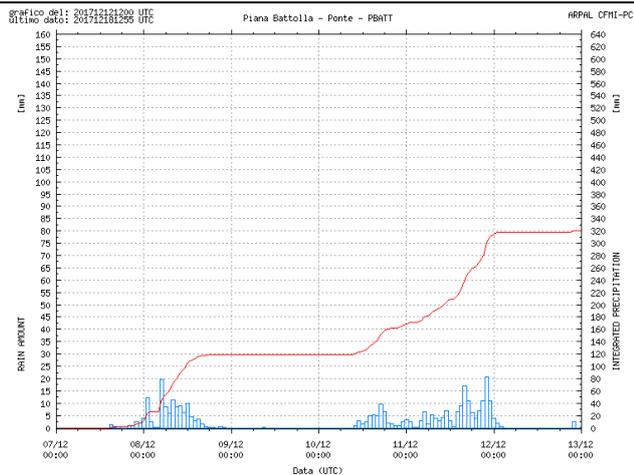


Figura 27 Ietogramma e cumulata a Piana Battolla Ponte (PBATT)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) MODERATE
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) ELEVATE

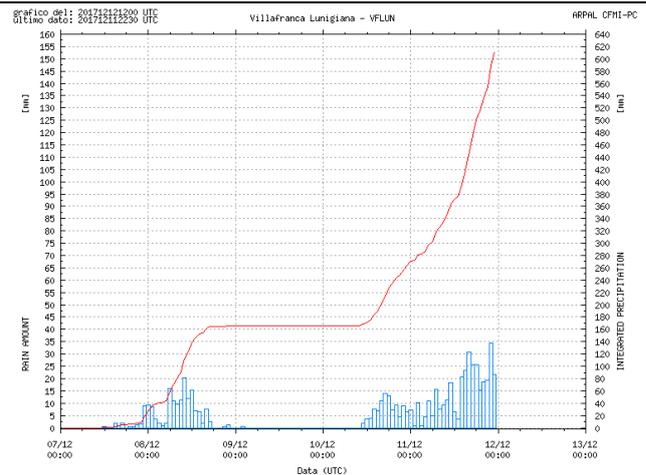


Figura 28 Ietogramma e cumulata a Villafranca Lunigiana (VFLUN)
INTENSITA': (mm/1h) FORTI, (mm/3h) MOLTO FORTI
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) MOLTO ELEVATE

Si sottolinea che gli ietogrammi raffigurati rappresentano le stazioni maggiormente interessate dall'evento e sono distribuite su tutto il territorio ligure da Ponente a Levante.

Le tabelle Tabella 2 e Tabella 3 evidenziano precipitazioni di intensità forti e molto forti, con quantitativi fino a molto elevati nell'arco delle 24 ore, con i valori massimi registrati sulle aree D ed E. Vale la pena però ricordare che il settore centrale della regione, nell'immediato entroterra e sui versanti padani (interno di B, parte orientale di D e parte occidentale di E) è stato ampiamente interessato dal fenomeno del gelicidio tra la serata del 10 e la prima parte della giornata dell'11 e da locali nevicate. Confrontando l'andamento delle precipitazioni con il grafico delle temperature in alcune stazioni che hanno evidenziato intensità di precipitazioni forti o molto forti, appare evidente che i massimi di precipitazione oraria sono stati registrati in corrispondenza del repentino aumento delle

temperature al di sopra dei 0°C. Il fenomeno è già stato discusso nel paragrafo 1 (con riferimento ai pluviometri di Prai (area D) e Valleregia (area B) ma appare altrettanto manifesto confrontando temperatura, grafico del nivometro e grafico del pluviometro della stazione di Urbe Vara Sup. Il grafico di Figura 30 mostra un modesto accumulo nevoso fino alle prime ore pomeridiane, quando la temperatura si è mantenuta inferiore a 0°C (Figura 29). Successivamente, in seguito al rapido riscaldamento evidenziato a partire dalle 15 (ora locale), si nota una progressiva diminuzione dell'accumulo ed, in corrispondenza, il pluviometro registra dei rovesci apparentemente intensi (Figura 22, ore serali). Si ipotizza quindi che nella serata dell'11, in molti pluviometri si siano sommati i contributi della precipitazione e della fusione dello strato di pioggia congelata o neve. Risulta pertanto dubbia la caratterizzazione dell'evento con piogge di "intensità forti o molto forti" in riferimento alle aree sopra menzionate.

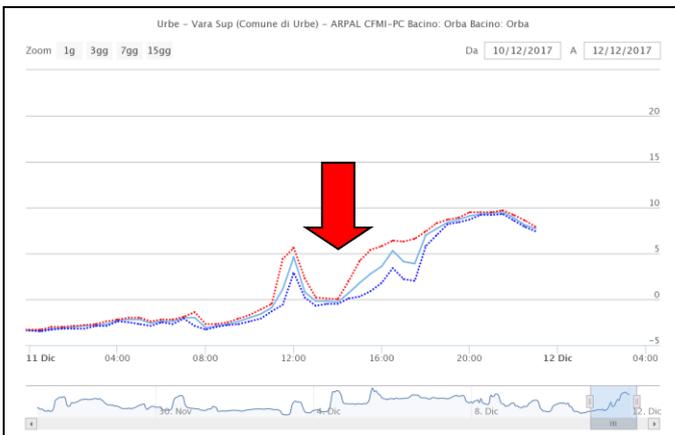


Figura 29 Andamento della temperature misurata alla stazione di Urbe - Vara Sup (dati rete OMIRL) nella giornata dell'11 dicembre 2017. In evidenza in repentino sbalzo termico associato allo scalzamento del cuscino freddo nei bassi strati ad opera dei venti meridionali.

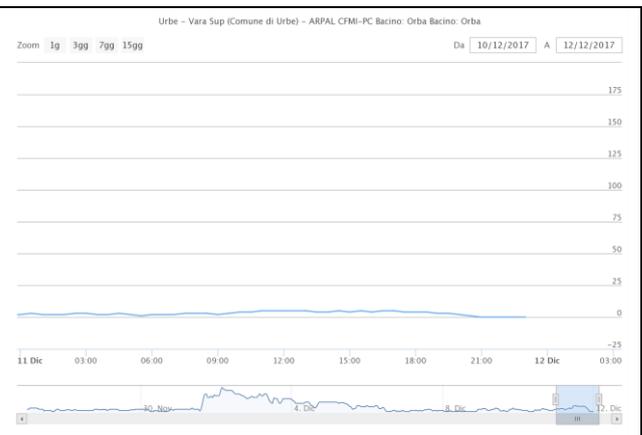


Figura 30 Grafico della cumulata di precipitazione nevosa misurata alla stazione di Urbe - Vara Sup (dati rete OMIRL) nella giornata dell'11 dicembre.

2.2 Analisi idrometrica e delle portate

Il carattere persistente delle precipitazioni fra il 10 e il 12 dicembre, ha causato degli incrementi significativi del livello idrometrico nei bacini grandi del Ponente e soprattutto dell'estremo Levante, insistendo su terreni già saturi per le precipitazioni occorse l'8 dicembre. Per tutte le sezioni maggiormente interessate il picco è transitato nella notte dell'11 dicembre, mentre la fase di esaurimento è proseguita nei giorni successivi.

I livelli dei bacini maggiori in zona A e C, in particolare dei corsi d'acqua Roia, Argentina, Entella, Vara e Magra, interessati dall'evento, hanno per la maggior parte superato il livello di piena ordinaria ed in alcuni casi è stato superato anche il livello di piena straordinaria. Le maggiori criticità sono state osservate alle sezioni del Magra Toscano e Ligure dove i livelli idrometrici hanno subito ulteriori importanti incrementi, che hanno insistito su un deflusso di base ancora apprezzabile determinato dai fenomeni dell'8 dicembre, ed hanno portato al superamento delle soglie di piena straordinaria. Analoga situazione è stata osservata sul Vara ed alla foce dell'Entella nonostante, in quest'ultimo caso, la fase di esaurimento dei fenomeni dell'8 dicembre fosse ormai conclusa. Decisi e repentini innalzamenti sono stati osservati anche a Ponente, sul Roia e sull'Argentina, senza comunque il superamento della soglia di piena straordinaria.

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dei livelli registrati dalle stazioni idrometriche ed una selezione degli idrogrammi ritenuti più significativi per l'evento.

STAZIONE	ZONA ALLERTA	CORSO D'ACQUA	VALORE MASSIMO [m]	ORARIO DEL MASSIMO (Ora UTC)	INCREMENTO [m]
Airole	A	Roia	4.65	11/12/2017 19:30	3.45
Torri	A	Bevera	1.84	11/12/2017 18:00	1.92
Isolabona	A	Nervia	2.83	11/12/2017 19:00	2.05
Valle Armea - Ponte	A	Armea	1.56	11/12/2017 18:30	1.41
Montalto Ligure	A	Argentina	5.89	11/12/2017 18:45	4.95
Merelli	A	Argentina	3.81	11/12/2017 19:15	3.50
Rugge di Pontedassio	A	Impero	1.08	11/12/2017 19:15	1.08
Pogli d'Ortovero	A	Arroscia	2.37	11/12/2017 20:45	2.02
Cisano sul Neva	A	Neva	1.78	11/12/2017 21:15	0.82
Albenga - Molino Branca	A	Centa	2.13	11/12/2017 21:30	1.22
Murialdo	D	Bormida di Millesimo	0.84	12/12/2017 03:40	1.33
Piana Crixia	D	Bormida di Spigno	1.51	12/12/2017 03:30	0.85
Tiglieto	D	Orba	2.25	11/12/2017 18:00	2.08
Campo Ligure	D	Stura	3.02	11/12/2017 20:00	2.74
Santuario di Savona	B	Letimbro	1.28	11/12/2017 19:45	1.15
Stella S. Giustina	B	Sansobbia	1.23	11/12/2017 20:15	1.30
Albisola	B	Sansobbia	1.98	11/12/2017 12:45	1.47
Bolsine	B	Teiro	1.46	11/12/2017 20:00	1.24
Molinetto	B	Leira	1.49	11/12/2017 19:45	0.99
Genova - Granara	B	Varenna	0.67	11/12/2017 15:15	0.73
Genova - Pontedecimo	B	Polcevera	1.42	11/12/2017 20:00	0.92
Genova - Rivarolo	B	Polcevera	1.32	11/12/2017 17:30	1.20
La Presa	B	Bisagno	1.7	11/12/2017 16:30	1.00
Genova - Molassana	B	Bisagno	1.69	11/12/2017 17:45	1.76
Genova - Geirato	B	Geirato	0.74	11/12/2017 16:45	0.30
Genova - Fereggiano	B	Fereggiano	0.52	11/12/2017 16:30	0.28
Genova - Firpo	B	Bisagno	1.94	11/12/2017 17:15	1.72
Genova - Sturla	B	Sturla	0.06	11/12/2017 18:15	0.20
Vobbietta	E	Vobbia	2.29	11/12/2017 18:30	1.03
Cabanne	E	Aveto	2.59	11/12/2017 17:30	2.95
Vignolo	C	Sturla	3.24	11/12/2017 21:45	2.45
Carasco	C	Lavagna	6.15	11/12/2017 22:15	5.25
Caminata	C	Graveglia	1.84	11/12/2017 22:00	1.47
Panesi	C	Entella	4.01	11/12/2017 22:30	5.47
Sestri Levante	C	Gromolo	0.44	11/12/2017 22:30	0.55
Sestri Levante - Sara	C	Petronio	1.08	11/12/2017 22:15	1.02
Nasceto	C	Vara	6.21	11/12/2017 23:00	4.95

Brugnato	C	Vara	4.11	11/12/2017 23:15	3.70
Piana Battolla - Ponte	C	Vara	5.16	12/12/2017 01:15	3.49
Piccatello	MT	Magra	2.56	11/12/2017 23:00	1.91
Pontremoli - S.Giustina	MT	Magra	1.78	11/12/2017 21:45	2.31
Ponte Teglia	MT	Teglia	2.57	11/12/2017 23:30	2.10
Bagnone	MT	Bagnone	2.91	11/12/2017 23:30	2.45
Licciana Nardi	MT	Taverone	3.08	12/12/2017 00:30	2.36
Soliera	MT	Aulella	4.95	12/12/2017 00:30	3.68
Calamazza	MT	Magra	6.79	12/12/2017 00:45	6.08
Fornola	C	Magra	5.68	12/12/2017 01:15	5.30
Ameiglia Foce Magra	C	Magra	3.69	12/12/2017 03:15	3.37

Tabella 4 Livelli idrometrici registrati agli idrometri dei più importanti corsi d'acqua monitorati

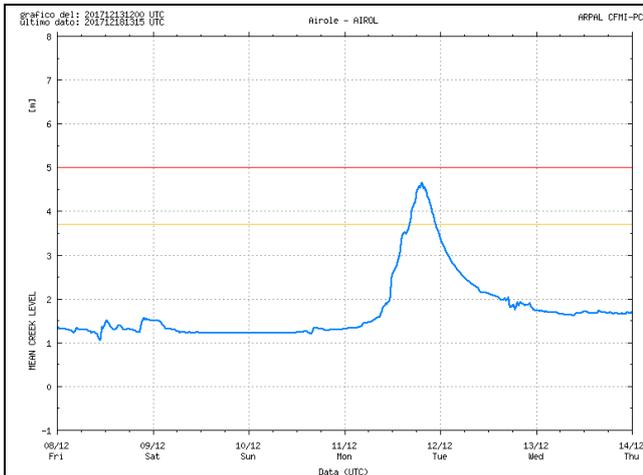


Figura 31 Livello idrometrico (Roia ad Airole)

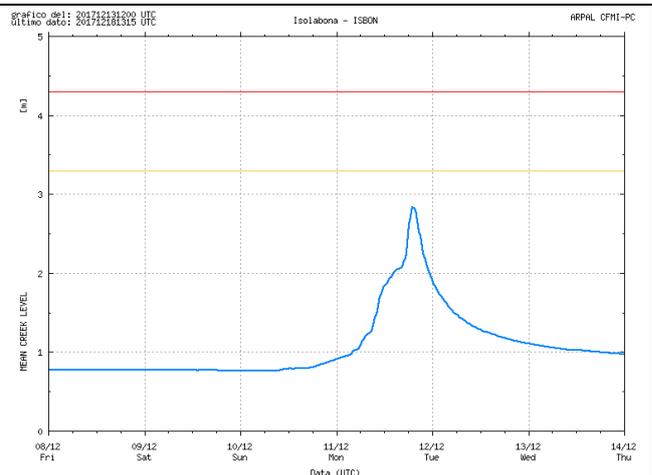


Figura 32 Livello idrometrico (Nervia a Isolabona)

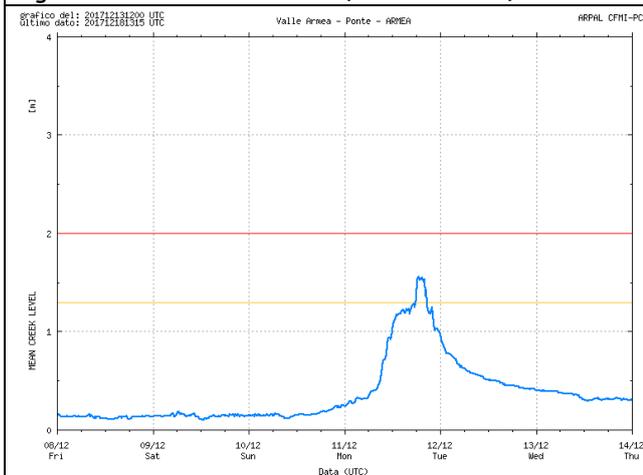


Figura 33 Livello idrometrico (Armea a Valle Armea Ponte)

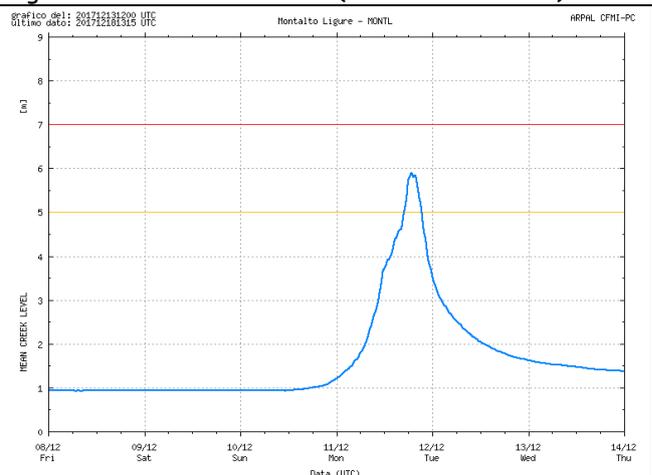


Figura 34 Livello idrometrico (Argentina a Montalto Ligure)

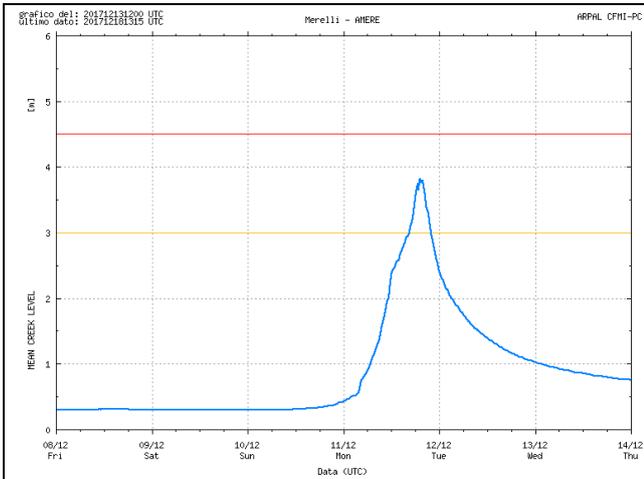


Figura 35 Livello idrometrico (Argentina a Merelli)

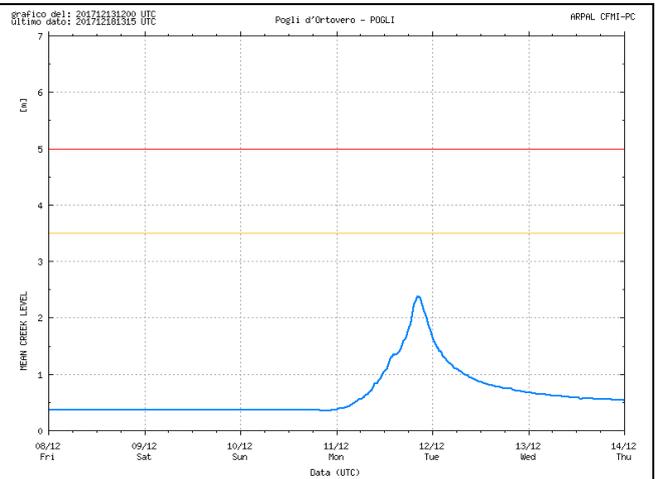


Figura 36 Livello idrometrico (Arroschia a Ortovero)

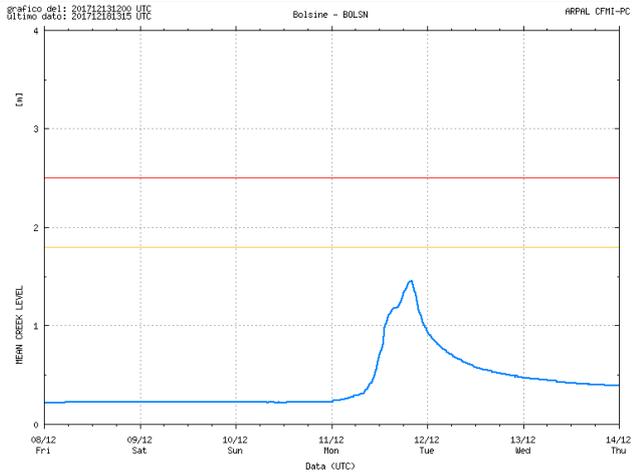


Figura 37 Livello idrometrico (Teiro a Bolsine)

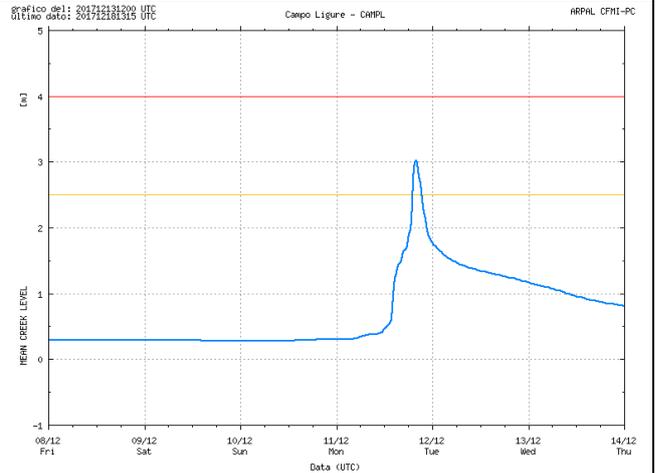


Figura 38 Livello idrometrico (Stura a Campo Ligure)

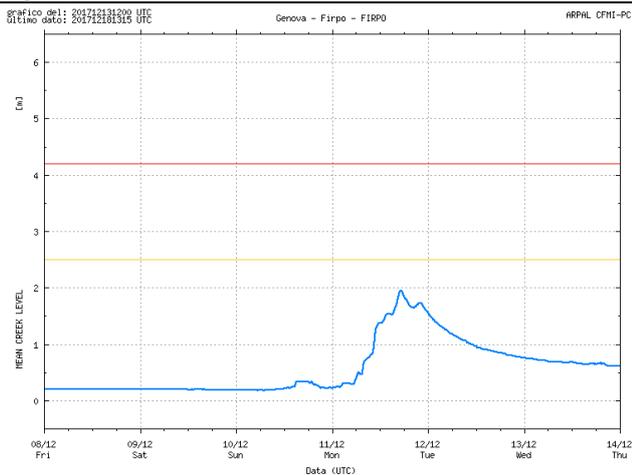


Figura 39 Livello idrometrico (Bisagno a Firpo)

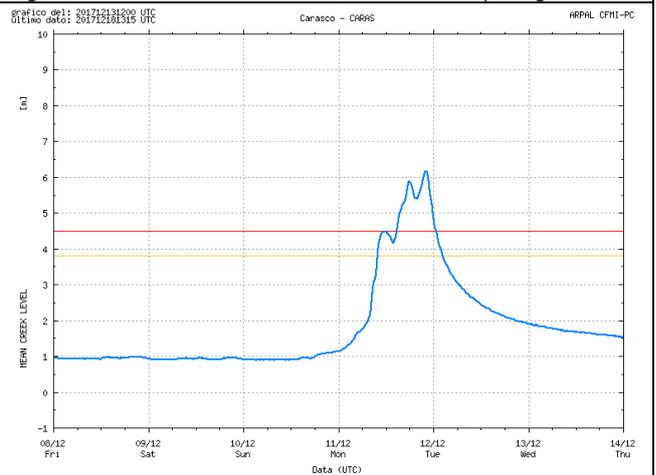


Figura 40 Livello idrometrico (Entella a Carasco)

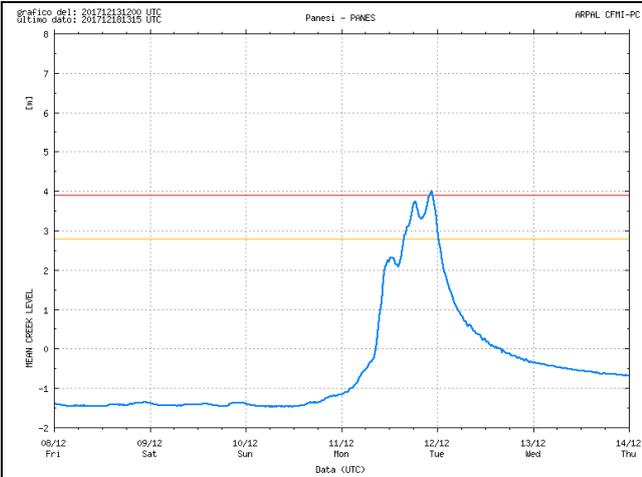


Figura 41 Livello idrometrico (Entella a Panesi)

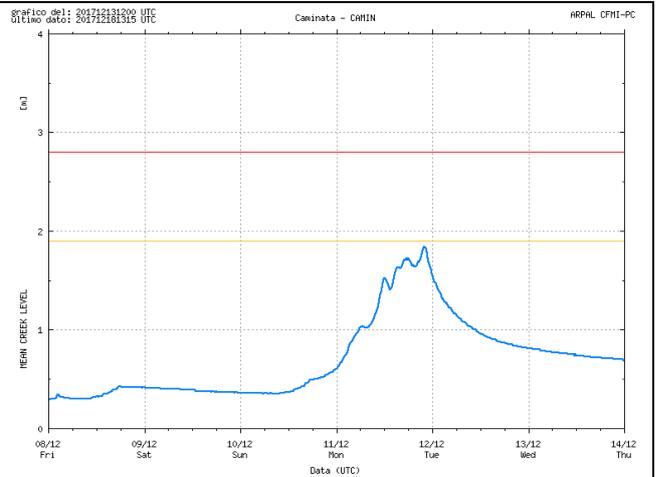


Figura 42 Livello idrometrico (Graveglia a Caminata)

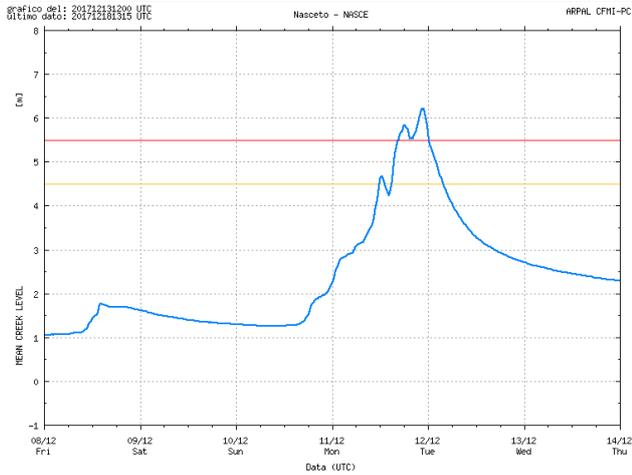


Figura 43 Livello idrometrico (Vara a Nasceto)

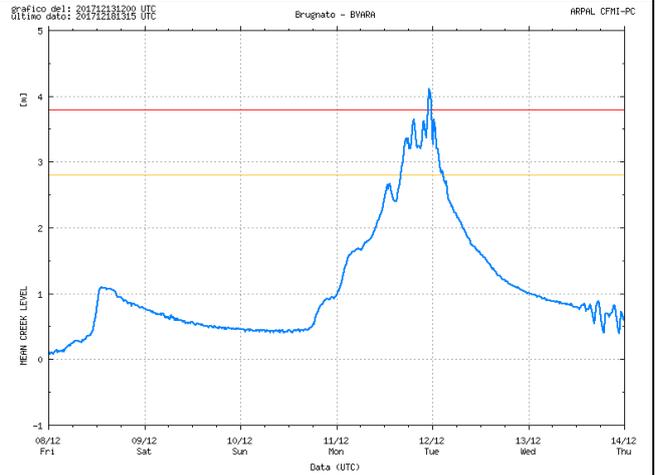


Figura 44 Livello idrometrico (Vara a Brugnato)

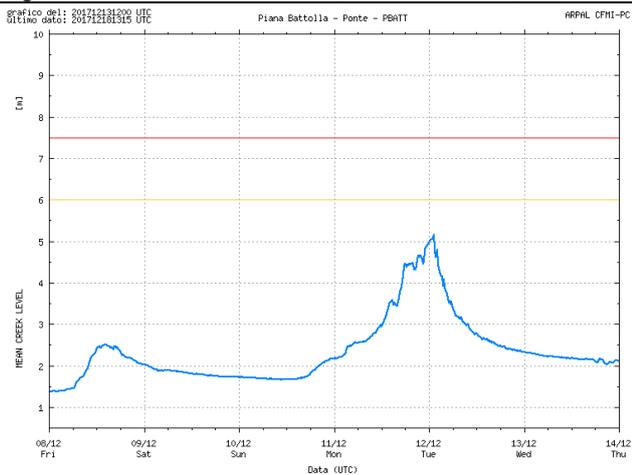


Figura 45 Livello idrometrico (Vara a Piana Battolla)

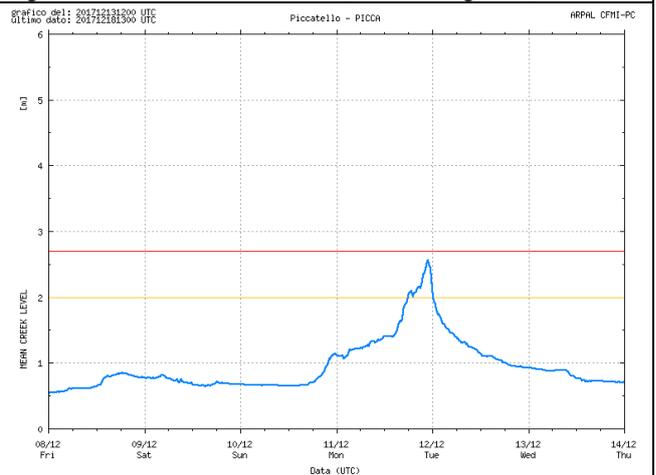


Figura 46 Livello idrometrico (Magra a Piccatello)

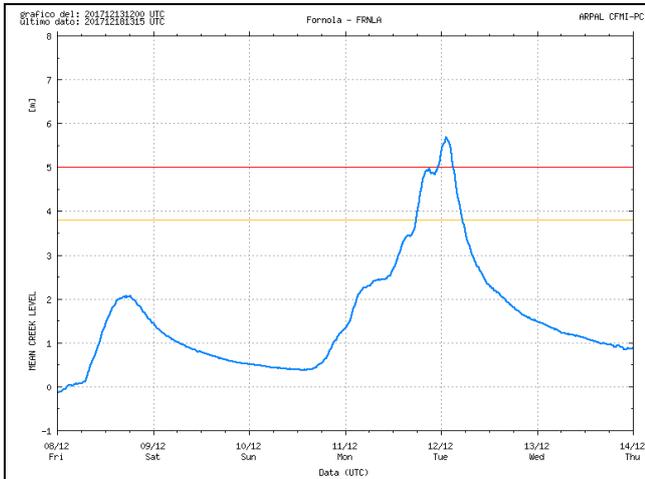


Figura 47 Livello idrometrico (Magra a Fornola)

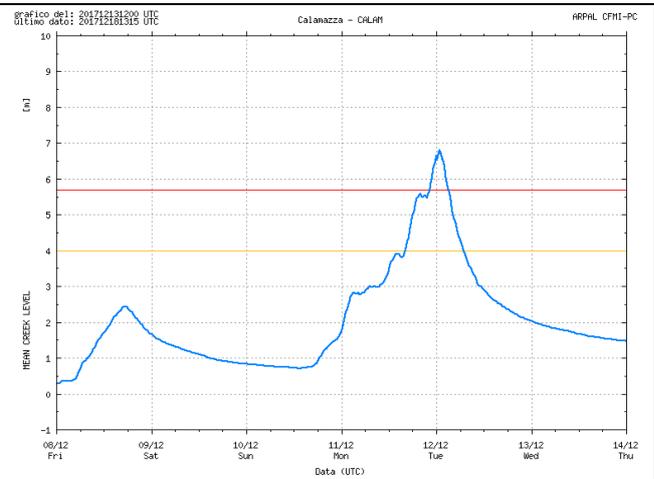


Figura 48 Livello idrometrico (Magra a Calamazza)

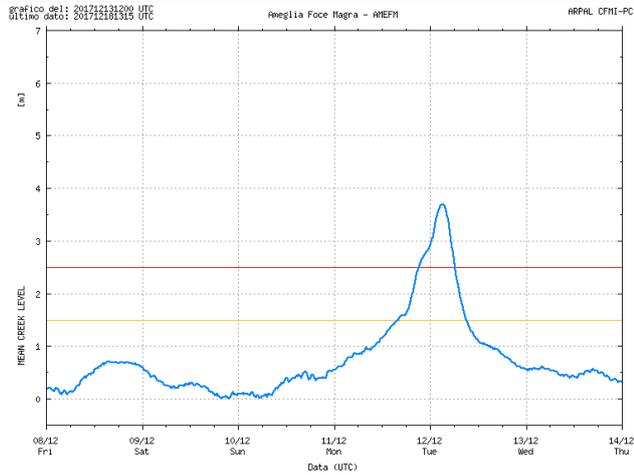


Figura 49 Livello idrometrico (Magra a Ameglia Foce)

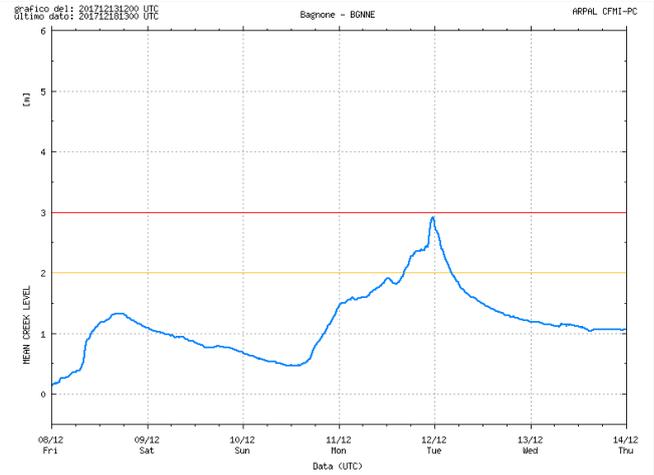


Figura 50 Livello idrometrico (T. Bagnone a Bagnone)

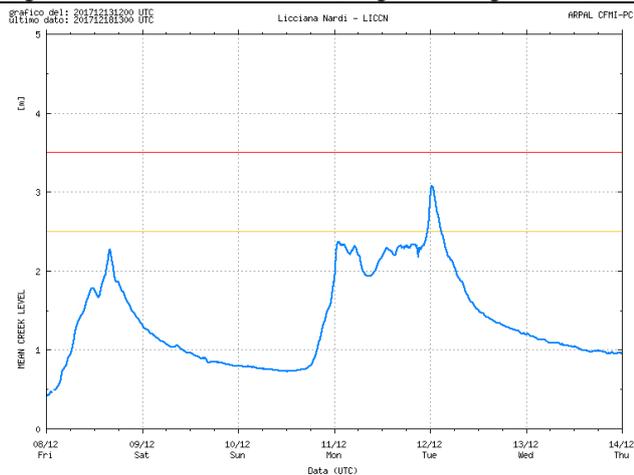


Figura 51 Livello idrometrico (Taverone a Licc. Nardi)

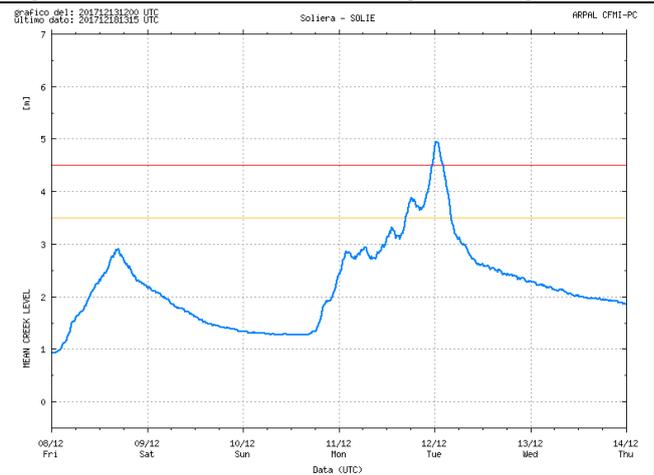


Figura 52 Livello idrometrico (Aulella a Soliera)

2.3 Analisi anemometrica

Mentre il flusso negli strati medio-bassi (ai livelli tra 950 hPa e 700 hPa) si è disposto per tutta la durata dell'evento dai quadranti meridionali apportando aria calda e umida sulla regione, al suolo si è assistito al contrasto tra una fredda ventilazione di tramontana sul Centro-Ponente e una più calda ventilazione meridionale sul Levante, con formazione di una linea di convergenza sul Golfo di Genova stazionaria per buona parte dell'evento. Dal pomeriggio dell'11 dicembre un intenso flusso da sud-sudovest ha progressivamente sospinto la linea di convergenza da Ponente sempre più verso Genova, facendo infine prevalere una ventilazione di ostro sulla tramontana su tutta la regione. Il contrasto tra le due masse d'aria ha peraltro giocato un ruolo determinante nei diffusi eventi di gelicidio verificatisi nelle aree interessate dalla tramontana fino a che queste ultime non sono state raggiunte dalla ventilazione meridionale che ha favorito la fusione del ghiaccio.

Mentre nelle aree soggette alla tramontana non sono stati registrati venti forti né raffiche superiori a 75 km/h fino alla sera dell'11 dicembre, già dal mattino del 10 dicembre i venti dai quadranti meridionali si erano rinforzati sui rilievi dell'estremo Ponente e del Levante raggiungendo 81 km/h da sud-sudovest con raffica massima di 127 km/h a Casoni di Suvero (zona C) nella serata del 10 dicembre; nella notte si sono mantenuti venti sostenuti su tutto il Levante (Giacopiane 70 km/h con raffiche fino a 110 km/h).

Dalla mattinata dell'11 dicembre si è assistito alla risalita da Ponente dell'intensa ventilazione meridionale con raffiche massime fino a 100 km/h a Monte Maure e Marina di Loano, mentre a Levante a Giacopiane si raggiungevano raffiche di 166 km/h e a Casoni di Suvero di 158 km/h. Sulla parte settentrionale del Golfo di Genova, invece, resisteva una moderata tramontana; tale situazione è ben fotografata dal campo di vento a 10 m derivato dallo scatterometro satellitare ASCAT (Figura 53).

Dalla serata dell'11 dicembre i venti al suolo si sono disposti ovunque dai quadranti meridionali con valori medi tra forti e di burrasca forte, con raffiche anche superiori a 100 km/h (raffiche massime registrate a Giacopiane 135 km/h, Casoni di Suvero 134 km/h, Fontana Fresca 130 km/h, Monte Pennello 127 km/h, Passo del Turchino 117 km/h).

Nelle prime ore del 12 dicembre la ventilazione meridionale ha iniziato ad attenuarsi ovunque fino a raggiungere valori moderati sulla costa, ancora forti in mare aperto e sui rilievi al mattino successivo.

In Tabella 5 si riportano i valori più significativi.

Stazione [area di allertamento]	Vento medio massimo (km/h)	Data e Ora (UTC)	Direzione prevalente del vento medio massimo	Raffica massima (km/h)
Monte Maure [A]	79	11 dicembre 2017 ore 15:00	210° (SSW)	100
Imperia - Oss. Meteosismico [A]	51	11 dicembre 2017 ore 17:00	200° (SSW)	77
Marina Loano [A]	69	11 dicembre 2017 ore 10:00	210° (SSW)	99
Arenzano - Porto [B]	61	11 dicembre 2017 ore 19:00	190° (S)	85
Passo del Turchino [B]	70	11 dicembre 2017 ore 20:00	190° (S)	118
Monte Pennello [B]	81	11 dicembre 2017 ore 20:00	210° (SSW)	127
Genova - Punta Vagno [B]	58	11 dicembre 2017 ore 13:00	160° (SSE)	81
Fontana Fresca [B]	105	11 dicembre 2017 ore 21:00	220° (SSW)	157

Giacopiane - Lago [C]	97	11 dicembre 2017 ore 16:00	210° (SSW)	166
Framura [C]	64	11 dicembre 2017 ore 21:00	150° (SSE)	97
Taglieto [C]	56	11 dicembre 2017 ore 21:00	154° (SSE)	102
Corniolo [C]	66	11 dicembre 2017 ore 21:00	160° (SSE)	80
Casoni di Suvero [C]	108	11 dicembre 2017 ore 07:00	190° (S)	158
La Spezia [C]	72	11 dicembre 2017 ore 22:00	220° (SSW)	96
Portovenere - Comune [C]	52	11 dicembre 2017 ore 04:00	220° (SSW)	82
Monte Beverone [C]	66	11 dicembre 2017 ore 22:00	180° (S)	86

Tabella 5 Vento medio massimo e raffica massima osservati su alcune stazioni anemometriche significative; sono riportate le stazioni per le quali sono stati registrati un vento medio almeno forte ed una raffica massima superiore a 75 km/h; le stazioni sono presentate in ordine da ovest a est.

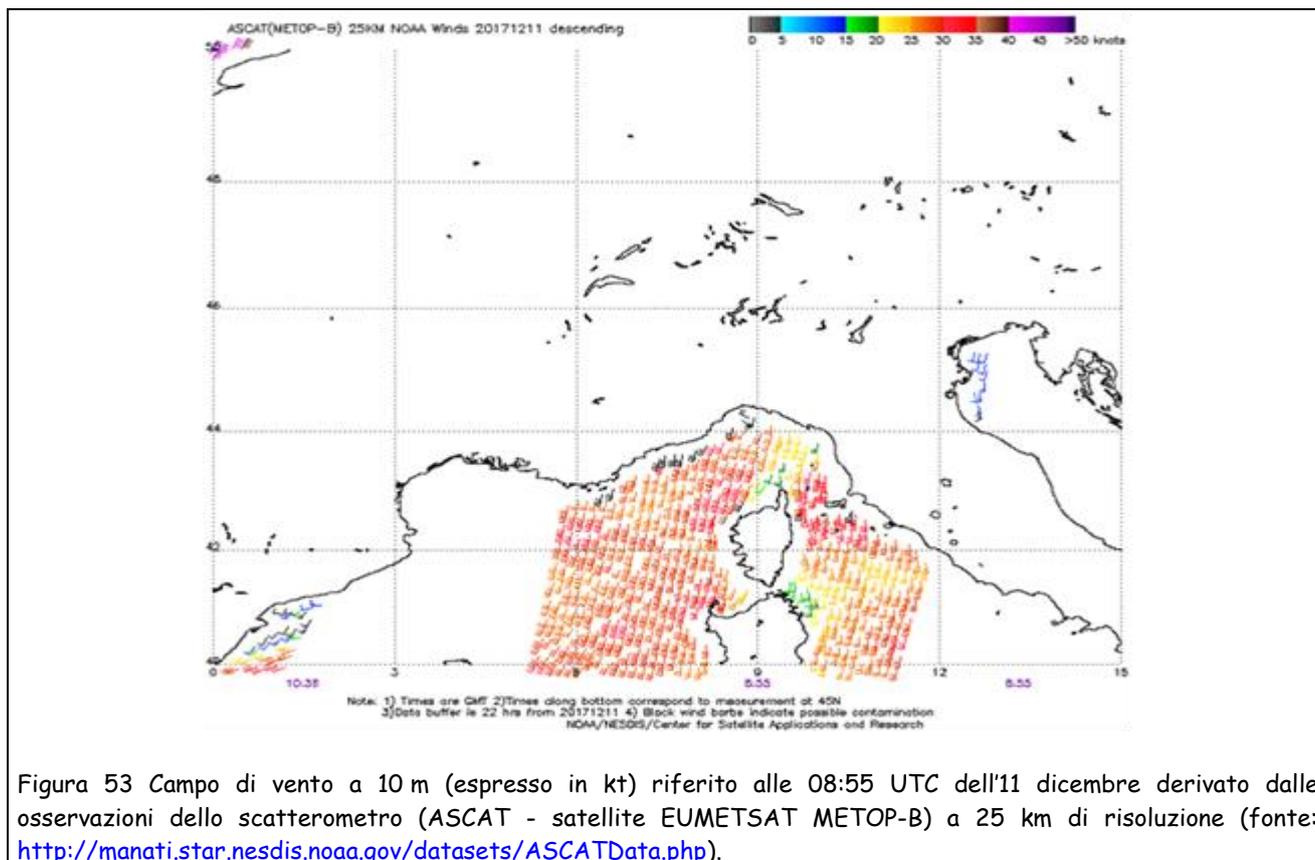


Figura 53 Campo di vento a 10 m (espresso in kt) riferito alle 08:55 UTC dell'11 dicembre derivato dalle osservazioni dello scatterometro (ASCAT - satellite EUMETSAT METOP-B) a 25 km di risoluzione (fonte: <http://manati.star.nesdis.noaa.gov/datasets/ASCATData.php>).

2.4 Analisi nivologica

Come descritto nell'analisi meteorologica del paragrafo 1 l'evento in esame è stato caratterizzato da precipitazioni sia a carattere nevoso sia di pioggia congelantesi. Già dal pomeriggio del 10 dicembre le prime deboli precipitazioni sull'entroterra di Genovesato e Savonese hanno incontrato uno strato d'aria a temperature negative in prossimità del suolo, che ha comportato diffusi fenomeni di gelicidio laddove era presente uno strato d'inversione termica. In diversi casi nella medesima località si è assistito al succedersi di diverse tipologie di precipitazione per il particolare andamento delle temperature, condizionato dal contrasto tra la ventilazione settentrionale di origine padana al suolo e l'avvezione umida di libeccio nei livelli superiori,

Le prime deboli nevicate sono state registrate già nella prima metà del 10 dicembre sulle zone di allerta D ed E, con sporadiche spolverate anche a fondo valle (in particolare sui tracciati delle autostrade A26 e A7). Nel pomeriggio le nevicate si sono pressoché esaurite sui tracciati autostradali del settore centrale, mentre deboli nevicate hanno interessato le alture della Val di Vara (zona C) oltre i 700 m e dell'Alta Valle Arroscia (zona A) oltre i 1000 m; tuttavia dal tardo pomeriggio si sono verificati fenomeni di gelicidio che hanno interessato i tracciati autostradali di A6, A7 e A26 (come meglio descritto sotto). Sui tracciati di A7 e A26 deboli nevicate sono riprese nelle prime ore dell'11 dicembre, intensificandosi nel corso della mattinata (arrecando qualche disagio alla circolazione nel primo pomeriggio); da metà pomeriggio si è assistito ad un generale esaurimento dei fenomeni nevosi.

Nel complesso dell'evento le nevicate sono risultate generalmente deboli con spolverate fino a bassa quota nelle zone di allerta D ed E ed accumuli entro i 10 cm a quote montane delle stesse zone e nell'interno di A e B. Gli accumuli maggiori sono stati registrati nella prima metà della giornata dell'11 dicembre sulla zona di allerta D.

Stazione (quota) [zona allertamento]	Incremento massimo 10/12/2017 (cm)	Incremento massimo 11/12/2017 (cm)	Fonte
Mendatica (1677 m) [A]	1	0	NeveMont
Pornassio (860 m) [A]	1	0	
Plodio (512 m) [D]	0	gelicidio	
Torriglia (858 m) [E]	2, gelicidio	-	
Torriglia (870 m) [E]	3	-	
Rovegno (878 m) [E]	2	-	
Santo Stefano d'Aveto (1204 m) [E]	2	-	
Verdeggia (1120 m) [A]	1	0	OMIRL
Alto - Madonna del Lago (1095) [A]	0	3	
Monte Settepani (1375 m) [D]	1	0	
Urbe - Vara Superiore) [D]	1	2	
Scurtabò (685 m) [D]	7	0	
Varese Ligure (345 m) [D]	2	0	
Cuccarello (835 m) [D]	11	0	ARPA Piemonte
Ponzone Bric Bertone (773 m) [G Piemonte]	2	8	
Capanne di Marcarolo (780 m) [G Piemonte]	2	10	

Tabella 6 Cumulate massime di neve registrate nelle giornate del 10 e 11 dicembre dal servizio MeteoMont del Comando Truppe Alpine dei Carabinieri, dai nivometri della rete OMIRL e dai nivometri di ARPA Piemonte collocati in prossimità del confine regionale.



Figura 54 Immagine della nevicata in atto a Mendatica (1677 m, zona A) alle 12:15 del 10 dicembre (foto del servizio NeveMont)

Come descritto in precedenza, il particolare profilo termico verticale e il contrasto tra ventilazione settentrionale e meridionale hanno favorito diffusi fenomeni di gelicidio nell'entroterra di Centro-Ponente a partire dal tardo pomeriggio del 10 dicembre e per buona parte della giornata dell'11. Per poter valutare in modo dettagliato quali aree ne siano state affette sono state analizzate le misure registrate da tutte le 150 stazioni meteorologiche site in territorio ligure dotate sia di pluviometro sia di termometro appartenenti alla rete OMIRL e a reti terze, considerando l'intervallo di 48 ore tra le 00:00 UTC del 10 dicembre e le 00:00 UTC del 12 dicembre.

A ciascuna stazione è stato quindi assegnato un codice in base al possibile verificarsi di fenomeni di gelicidio nell'intervallo individuato:

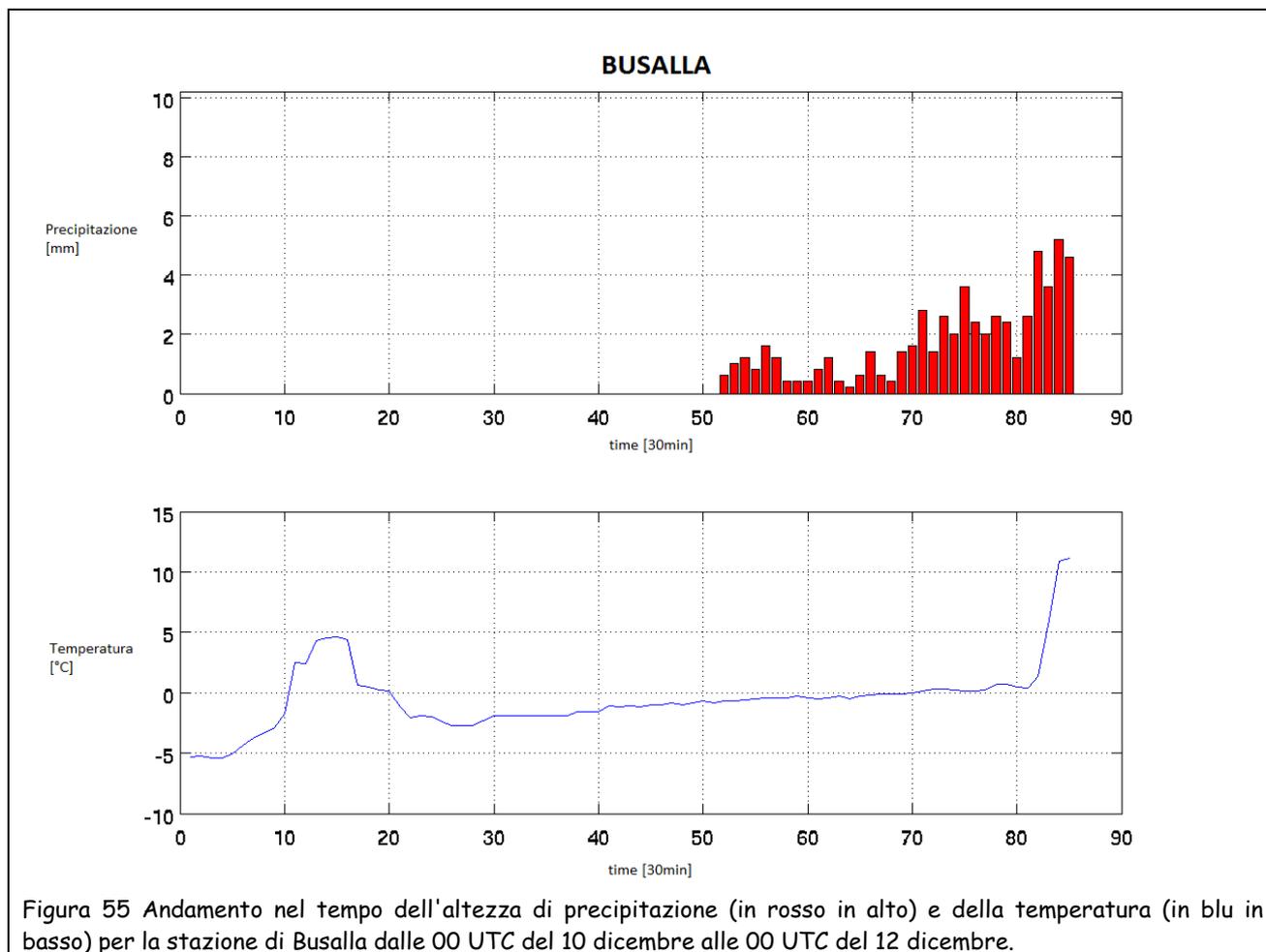
- codice 0/verde: stazione in cui è altamente improbabile si sia verificato gelicidio;
- codice 1/arancio: stazione in cui è possibile si sia verificato gelicidio;
- codice 2/rosso: stazione in cui è probabile si sia verificato gelicidio.

Per assegnare a ciascuna stazione un determinato codice si è utilizzato in prima istanza il seguente criterio:

- codice 2/rosso se la stazione ha registrato temperature nulle o negative e piogge registrate di almeno 0.2 mm ogni 30' per almeno 2 ore consecutive;
- codice 1/arancio se la stazione ha registrato temperature nulle o negative e piogge registrate di almeno 0.2 mm ogni 30' per almeno 1 ora e non più di 2 ore
- codice 0/verde in tutti i casi residui.

Tale criterio ha permesso di tenere conto dei casi in cui il verificarsi del gelicidio avrebbe potuto impedire al pluviometro di registrare valori di precipitazione proprio per effetto dell'immediato congelamento della pioggia: infatti, considerando finestre temporali di qualche ora è stato possibile individuare le fasi di passaggio tra normale pioggia e possibile gelicidio e viceversa (Figura 55). I risultati ottenuti sono stati validati ed eventualmente corretti analizzando il grafico dell'andamento nel tempo di temperatura e altezza di precipitazione per ciascuna

stazione. Questa procedura ha permesso anche di identificare tipiche firme del gelicidio e/o delle precipitazioni nevose, come la presenza di un picco nell'altezza di precipitazione in corrispondenza del passaggio da temperature negative a positive per effetto della fusione successiva al congelamento.



Tuttavia l'intera procedura sopra descritta non ha permesso di discernere completamente a priori tra possibili episodi di gelicidio e nevicata. Pertanto è stata effettuata un'ulteriore validazione ed eventuale correzione dei risultati considerando:

- i dati registrati dai nivometri della rete OMIRL;
- i rilevamenti di "nevicata in atto" (composti da misure e fotografie) del servizio MeteoMont del Comando Truppe Alpine dei Carabinieri;
- le e-mail ricevute da Autostrade per l'Italia relativamente alle precipitazioni nevose in atto sui tratti di competenza della Direzione 1° Tronco - Genova (A7, A10, A12, A26);
- il confronto tra immagini satellitari scattate dal satellite polare SuomiNPP/VIIRS il 9 ed il 14 dicembre in condizioni di cielo in prevalenza sereno in modo da verificare l'estensione del manto nevoso pre e post evento (Figura 56)

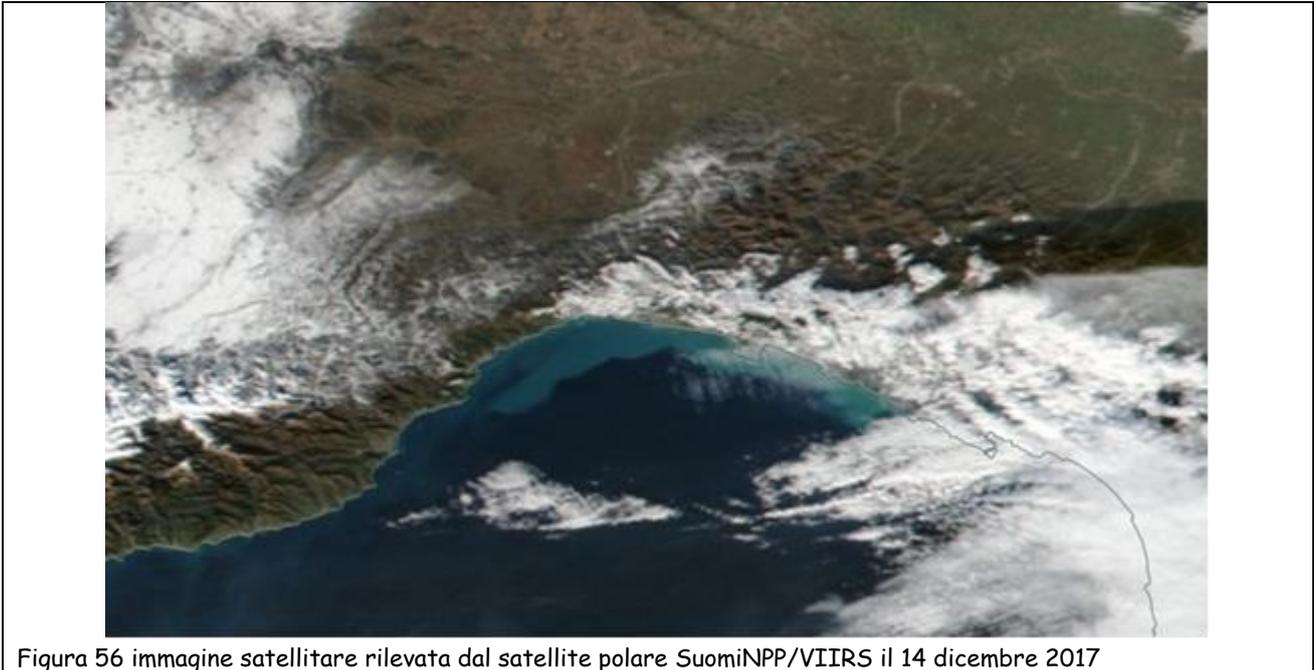


Figura 56 immagine satellitare rilevata dal satellite polare SuomiNPP/VIIRS il 14 dicembre 2017

I risultati ottenuti per ciascuna stazione sono riportati nella Figura 57, dalla quale si evince come il gelicidio abbia colpito gran parte delle zone di allerta nivologica D, E e l'interno di B.

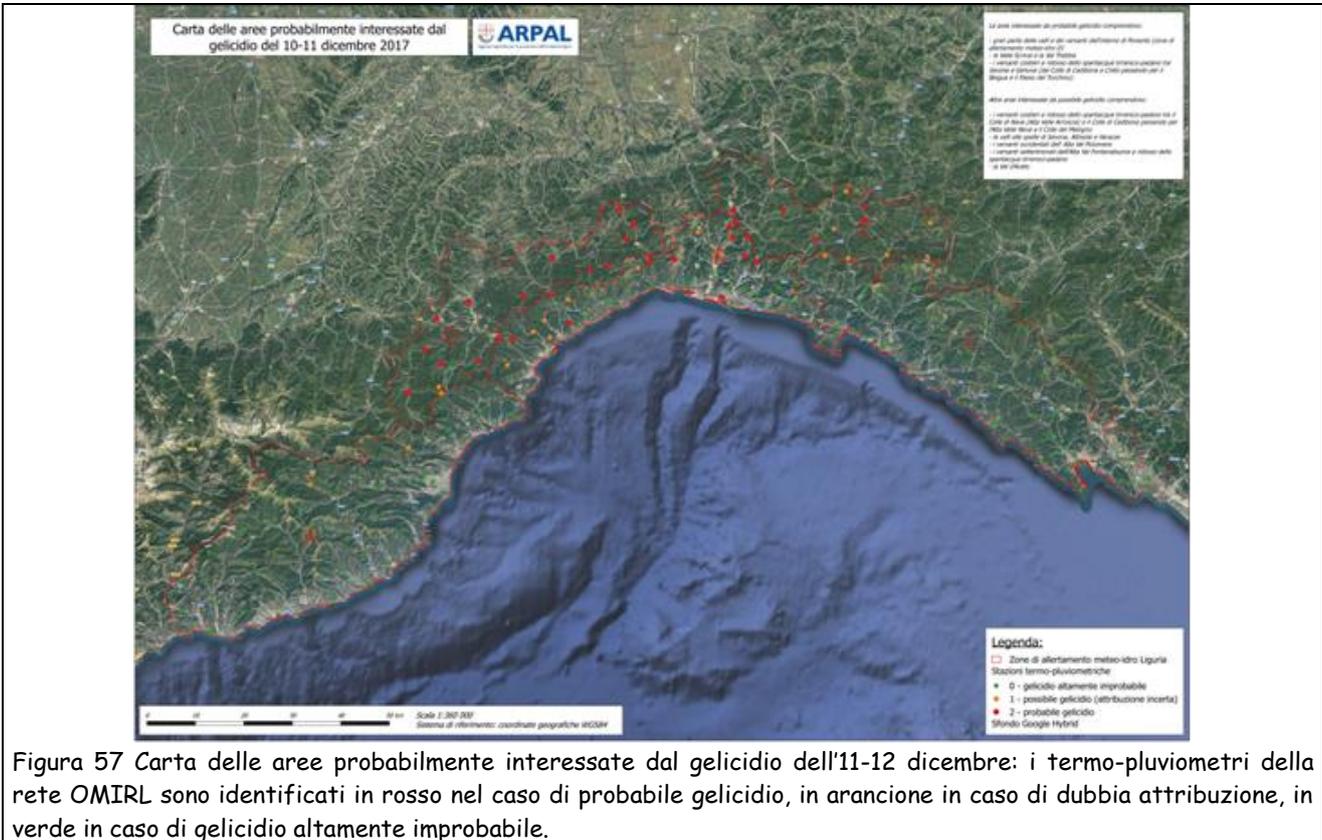


Figura 57 Carta delle aree probabilmente interessate dal gelicidio dell'11-12 dicembre: i termo-pluviometri della rete OMIRL sono identificati in rosso nel caso di probabile gelicidio, in arancione in caso di dubbia attribuzione, in verde in caso di gelicidio altamente improbabile.

2.5 Mare

Come già descritto nell'analisi meteorologica del paragrafo 1, l'approfondirsi della saccatura, che l'11 dicembre si è affacciata sul Mediterraneo Occidentale raggiungendo le coste africane, ha favorito una configurazione di cosiddetto *libeccio lungo*, fondamentale nella formazione di intense mareggiate sulle coste liguri e tirreniche. Infatti a questa configurazione è associato il più esteso tra i possibili *fetch* mediterranei². Inoltre l'instaurarsi di un intenso gradiente barico tra il Golfo del Leone e le coste algerine, per tempi relativamente lunghi, ha favorito la formazione di venti di burrasca a componente meridionale persistenti su tutto il *fetch* (Figura 53). Tale configurazione ha favorito mareggiate intense su tutte le coste liguri, non solo su quelle più tipicamente esposte al libeccio, con stato molto agitato (altezza d'onda significativa 4.7 m, altezza d'onda massima 8.4 m alla boa di Capo Mele) e periodi lunghi (periodo di picco 11.6 s alla boa di Capo Mele), più tipici delle coste oceaniche (Figura 58, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Tabella 7).

Dalla serata del 10 dicembre si è assistito ad un progressivo cospicuo innalzamento del moto ondoso con mare agitato già dalle prime ore dell'11 dicembre fino a raggiungere lo stato di molto agitato in serata. La parte più intensa della mareggiata ha interessato dapprima le coste di Ponente e di Levante e successivamente la costa centrale della regione con altezze d'onda probabilmente più alte di quelle misurate a Capo Mele.

Le mareggiate hanno comportato danni diffusi sulla costa, tra cui anche il crollo di un tratto di 10 m della passeggiata di Vado Ligure.



Figura 58 Altezza d'onda significativa (in blu) e periodo di picco (in arancione) registrata dalla boa di Capo Mele

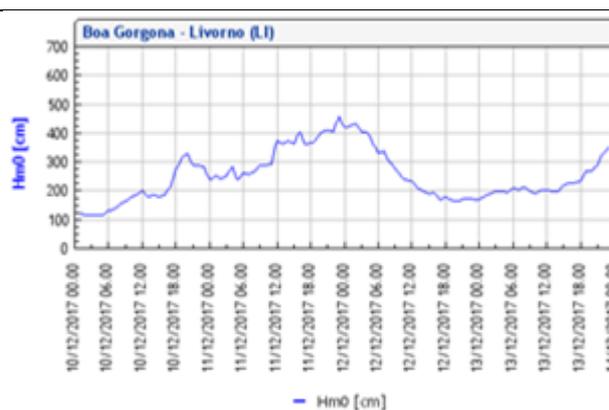


Figura 59 Altezza d'onda significativa registrata dalla boa di Gorgona.

Stazione [zona di allertamento]	Massima altezza d'onda significativa (m)	Data e Ora (UTC)	Direzione prevalente dell'onda	Massima altezza d'onda (m)	Massimo periodo medio di picco (s)	Strumento
Nizza [06 Francia]	4.8	11/12 19:00	-	-	9	boa
Capo Mele [A]	4.7	11/12 21:30	SSW	8.4	11.6	boa
Pezzano [C]	4.6	11/12 22:50	-	-	7.8	accelerometro

² Il fetch è la superficie su cui agisce il vento

Lerici [C]	4.9	11:12 23:20	-	-	8.1	accelerometro
Gorgona [I Toscana]	4.5	11/12 23:30	WSW	-	12	

Tabella 7 Massimi valori registrati dalle stazioni ondametriche installate nel Mar Ligure

2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti

Nella giornata del 10 dicembre i danni maggiori sono stati legati ai fenomeni di gelicidio con difficoltà gravi al servizio ferroviario a causa del ghiaccio sulla linea di alimentazione della stazione di Piano Orizzontale che ha bloccato un treno sul tratto Busalla-Pontedecimo. La giornata dell'11 dicembre ha visto il culmine degli eventi meteo e degli effetti al suolo, con danni alle strutture costiere a causa della mareggiata, difficoltà alla rete di trasporti ferroviaria e autostradale e, nella notte, localizzate esondazioni dei fiumi Entella e Magra. Sono state pertanto sospese le linee ferroviarie Genova-Milano, Genova-Torino, Genova-Acqui Terme, Savona-Cairo, Savona-Ventimiglia e Parma-La Spezia. È stato chiuso il tratto autostradale della A6 nel tratto della Val Bormida, isolata per le molte provinciali anch'esse non percorribili, sulla A7 il ghiaccio ha abbattuto alberi sulla carreggiata. La mareggiata forte ha fatto crollare un tratto di 10 m della passeggiata di Vado Ligure, a causa dell'erosione delle fondamenta. Due traghetti sono stati bloccati nel porto di Genova. In serata, decine di paesi dell'entroterra di Genova e Savona sono rimasti prive di corrente elettrica. Il rallentamento della banda precipitativa ha protratto nella notte l'attesa del passaggio del colmo di piena del Magra, mentre già in serata a Chiavari si è osservato l'innalzamento massimo dell'Entella, che ha causato inondazioni localizzate senza danni rilevanti. Sempre a Chiavari la mareggiata ha fatto crollare la "casetta dei pescatori", di recente costruzione, destinata ad ospitare un punto vendita del pesce e le attrezzature ittiche. Si sono verificate piccole frane in Val Petronio, a Castiglione Chiavarese e Casarza Ligure. Tra le 3 e le 4 del 12 dicembre è stato registrato nei pressi della foce del Magra il massimo innalzamento del livello idrometrico; nella notte si sono verificate inondazioni localizzate nel quartiere basso di Ameglia, a destinazione residenziale, attraversato dal Canale Grande che convoglia le portate dell'entroterra, ma viene chiuso in caso di piena del Magra; il canale è stato controllato con cinque idrovore, che hanno limitato i danni dovuti all'allagamento.

3 Conclusioni

L'evento meteorologico che ha interessato la regione fra il 10 e il 12 dicembre 2017, associato all'approfondimento di una vasta saccatura atlantica estesa fino alla costa marocchina e bloccata nella progressione zonale da un promontorio anticiclonico sui Balcani, ha fatto registrare piogge di intensità principalmente moderata, ma in quantitativi molto elevati, ed un significativo innalzamento dei livelli idrici dei bacini maggiori, in particolare del Vara e del Magra, dell'Entella, dell'Argentina e del Roia.

Le piogge più copiose si sono registrate sull'intero bacino del Magra con cumulate medie areali nelle 12 ore di circa 60 mm su D, 90 mm su A, B e C, fino a 100 mm sul Bacino del Magra e 150 mm su E. Le cumulate puntuali hanno raggiunto localmente 330 mm in 12 ore a Cabanne e 260 mm in 12 ore a Villafranca Lunigiana. Le massime intensità puntuali sono state molto forti sull'area C (85 mm/3h a Villafranca Lunigiana) mentre risultano difficilmente valutabili sulle aree DE e nell'interno di B in quanto ivi i massimi valori puntuali risultano probabilmente affetti dal contributo dovuto alla fusione del ghiaccio e della neve precedentemente depositatisi sullo strumento (si fa riferimento, in particolare, ai dati di 115 mm/3h a Prai e 105 mm/3h a Cabanne).

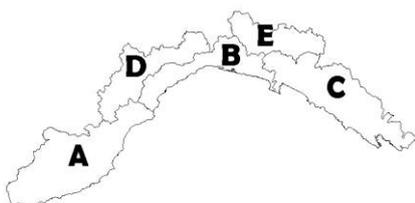
È stato osservato un significativo innalzamento dei livelli idrici dei bacini maggiori, in particolare del Vara e del Magra, dell'Entella, dell'Argentina e del Roia. I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti coerentemente con le precipitazioni osservate. Si sono verificate portate consistenti che hanno condotto a inondazioni localizzate in aree limitrofe all'alveo alla foce del Magra e dell'Entella senza danni rilevanti sul territorio.

I venti più intensi sono stati in prevalenza di ostro con valori tra forti sulla costa e di burrasca forte sui rilievi raggiungendo raffiche fino a 100 km/h sulla costa e 160 km/h sui rilievi. Il mare ha raggiunto lo stato di molto

agitato associato a periodi d'onda particolarmente lunghi, causando mareggiate intense su gran parte della costa, dove sono stati segnalati danni rilevanti.

LEGENDA

a) Definizione dei limiti territoriali delle zone di allertamento:



b) Soglie di precipitazione puntuale:

Durata		INTENSITA' (basata su tempi di ritorno 2-5 anni)			
		deboli	moderate	forti	Molto forti
	mm/1h	<10	10-35	35-50	>50
	mm/3h	<15	15-55	55-75	>75

Durata		QUANTITA' (basata su tempi di ritorno 1-4 anni)			
		scarse	significative	elevate	molto elevate
	mm/6h	<20	20-40	40-85	>85
	mm/12h	<25	25-50	50-110	>110
	mm/24h	<30	30-65	65-145	>145

NB: la precipitazione viene considerata tale se > 0.5 mm/24h (limite minimo)

c) Grafici dei livelli idrometrici:

Le linee verde e rossa riportate sui grafici degli idrogrammi e delle portate indicano rispettivamente:

Linea arancione (PIENA ORDINARIA): la portata transita occupando interamente l'alveo del corso d'acqua con livelli localmente inferiori alla quota degli argini o del piano campagna. Possono instaurarsi i primi fenomeni di erosione delle sponde con inondazioni localizzate in aree limitrofe all'alveo.

Linea rossa (PIENA STRAORDINARIA): la portata non può transitare contenuta nell'alveo determinando fenomeni di inondazione.