

RAPPORTO DI EVENTO METEOIDROLOGICO DEL 09/10/2014

(redatto da L. Onorato, V. Bonati, A. Cavallo, B. Turato)

| | |
|--|----|
| Abstract..... | 1 |
| 1 Analisi meteorologica..... | 2 |
| 1.1 Inquadramento sinottico..... | 2 |
| 1.2 Dinamica dell'evento..... | 5 |
| Fase I - linea di convergenza sul mare e sistema a 'V' (V-shape thunderstorm)..... | 5 |
| Fase II - Formazione del Sistema Convettivo stazionario nell'interno del genovese con 'V' Shape..... | 15 |
| 2 Dati Osservati..... | 23 |
| 2.1 Analisi Pluviometrica..... | 23 |
| 2.1.1 Piogge antecedenti..... | 23 |
| 2.1.2 Le piogge del 9 ottobre: analisi dei dati puntuali..... | 24 |
| 2.1.3 Analisi dei dati a scala areale..... | 31 |
| 2.2 Analisi idrometrica e delle portate..... | 32 |
| 2.2.1 Confronto con i dati più significativi delle alluvioni del 1970 e del 2011..... | 38 |
| 2.3 Analisi anemometrica..... | 39 |
| 2.4 Effetti al suolo e danni rilevanti..... | 39 |
| 3 Conclusioni..... | 40 |

Abstract

La giornata del 9 ottobre è stata caratterizzata da precipitazioni copiose, a tratti di intensità molto forte, che hanno interessato in prevalenza la parte centrale della Liguria (ossia la città di Genova, il suo entroterra e il Tigullio). Il maltempo ha raggiunto il culmine nella serata del 9 ottobre, quando un evento alluvionale ha interessato il capoluogo, ed in particolare il bacino del torrente Bisagno, che è esondato provocando l'inondazione della città. L'evento si è collocato in un contesto meteorologico spiccatamente instabile, caratterizzato da forte attività temporalesca con strutture stazionarie, pur non essendo direttamente riconducibile all'approssimarsi o al transito di un sistema frontale.

Le precipitazioni hanno colpito l'area genovese in due momenti distinti intervallati da una breve tregua di qualche ora: una prima fase temporalesca si è sviluppata tra la mattinata e le prime ore del pomeriggio; una seconda fase, più breve ma più intensa, tra la serata e le prime ore della notte successiva quando le piogge hanno fatto registrare notevoli picchi orari e tri-orari (tra gli altri: Genova Geirato 141 mm/1 ora e 226 mm/3 ore, Vicomorasso 112 mm/1 ora e 230 mm/3 ore, Torriglia 88 mm/1 ora e 212 mm/3 ore).

Le intense precipitazioni della serata hanno portato all'esondazione del rio Carpi nel centro di Montoggio e, pochissime ore dopo, all'esondazione del torrente Bisagno e dei rii Fereggiano, Sturla e Vernazza nella città di Genova.

L'evento ha provocato una vittima, e nel complesso sono stati stimati danni per circa 300 milioni di Euro.

1 Analisi meteorologica

1.1 Inquadramento sinottico

Nella giornata del 7 ottobre lo scenario meteorologico vedeva la presenza di un vortice depressionario sull'Irlanda (con minimo al suolo sui 976 hPa), formatosi tra Groenlandia e Islanda alla fine del mese di settembre e spostatosi lentamente verso Sud-Est. Sull'Europa orientale stazionava invece un solido campo di alta pressione con massimo barico di 1042 hPa sulla Russia settentrionale (nella mattina del 7 ottobre).

Tra il 7 ed il 9 ottobre, mentre il minimo depressionario sopra citato si è spostato lentamente verso il Mare del Nord e la saccatura ad esso associata si è spinta verso sud fino alle Canarie, l'anticiclone, attestatosi intorno ai 1035 hPa e saldamente posizionatosi su una vasta area estesa tra la Russia e la Cina, ha continuato ad esercitare un'azione di blocco all'avanzamento verso Est dell'onda depressionaria. Il gradiente tra l'area di bassa pressione sull'Europa occidentale e l'alta pressione su quella orientale, seppur non particolarmente marcato, è stato sufficiente a convogliare, nei giorni precedenti l'evento e per tutta la durata dello stesso, un flusso di scirocco moderato nei bassi livelli dalla Libia verso il nord-ovest della Penisola, facendo così confluire sul Golfo Ligure una considerevole quantità di umidità, complice anche la stazionarietà della situazione meteorologica.

Come si osserva da Figura 1 e Figura 2, nelle primissime ore della mattina del 9 ottobre il vortice depressionario si è posizionato fra la Scozia e la Penisola Scandinava (minimo al suolo sui 983 hPa), mentre la parte fredda dell'esteso sistema frontale ad esso associato si trovava ancora sulle regioni francesi nord-occidentali.

A causa della particolare configurazione barica si è instaurato un debole flusso da Nord-Est che ha portato aria sensibilmente più fresca e secca dalla pianura Padana verso il ponente Ligure.

La convergenza dei flussi delle due masse d'aria con caratteristiche termodinamiche diverse (caldo-umido dal Tirreno e relativamente freddo e secco dalla Pianura Padana) da una parte, ed il sovrascorrimento nei livelli medi di aria calda umida di origine subtropicale con direzione ancora differente (da Sud-Ovest) dall'altra, hanno determinato una spiccata instabilità per tutta la giornata del 9 ottobre sul Mar Ligure, ed in particolare sull'area genovese. La struttura temporalesca stazionaria venutasi a formare nella serata sul settore centrale della regione, ha riversato notevoli quantitativi di precipitazione in poche ore sulla porzione di territorio compresa fra la città di Genova ed il promontorio di Portofino e sui relativi entroterra.

La precipitazione è stata caratterizzata da intensità, stazionarietà e quantitativi del tutto inusuali per fenomeni non direttamente associabili ad una struttura perturbata a più larga scala, quale il passaggio di un sistema frontale. Va ricordato, infatti, che nella serata del 9 ottobre l'esteso sistema frontale legato alla saccatura stava ancora transitando sulle regioni centrali francesi, rallentato nel suo moto verso Est dell'alta pressione sull'Europa orientale (Figura 4). Le forzanti dell'evento, quindi, non sono da ricercarsi alla scala sinottica (quali la presenza di un *jet* in quota o una significativa caduta di geopotenziale o ancora una rapida diminuzione di pressione) quanto piuttosto ad una locale convergenza dei flussi nei bassi strati, particolarmente persistente sul settore centrale della regione.

La convergenza, inoltre, si è inserita in un contesto molto instabile, caratterizzato da indici temporaleschi elevati (in Figura 7 si riporta quale esempio il campo di CAPE) e dalla presenza di elevati valori di acqua precipitabile lungo la colonna atmosferica (Figura 8), elemento fondamentale per alimentare eventuali sistemi temporaleschi. Il flusso meridionale, proveniente dalle regioni subtropicali, si è infatti arricchito di umidità nella risalita lungo il Tirreno, giungendo così sul Golfo Ligure sostanzialmente saturo ed in un contesto di un profilo atmosferico caldo, umido e instabile.

In Figura 9 si riporta una mappa di rianalisi di anomalia di temperatura dell'aria a 1000 hPa che evidenzia la significativa anomalia termica atmosferica del periodo (anche superiore di circa 3°C rispetto alla climatologia) su tutta l'area europea ed, in particolare, sul Mediterraneo occidentale. Tale aspetto potrebbe avere influito sull'elevato contenuto di umidità in gioco nel corso dell'evento e sulla spiccata instabilità osservata. In Figura 10 è riportato il diagramma Skew-T relativo ad un punto griglia del modello rappresentativo dell'area genovese per le ore 06 UTC del 9 ottobre (previsione a +6 ore del modello Moloch): il grafico evidenzia la significativa rotazione antioraria dei venti nei livelli medio bassi dell'atmosfera (*wind-shear*), configurazione favorevole alla formazione di strutture temporalesche autorigeneranti sull'area.

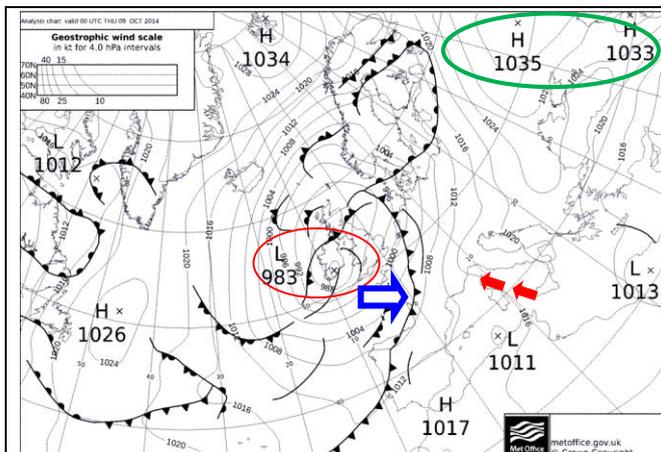


Figura 1 Analisi dei Fronti di Bracknell delle ore 02 locali (00 UTC) del 9/10/2014. In evidenza la depressione localizzata sull'Irlanda (983 hPa) e l'annesso sistema frontale ben esteso dall'Europa occidentale al Mar Baltico (parte fredda freccia blu), il cui moto verso Levante era contrastato dal potente anticiclone russo (1035 hPa) che si estende fino ai Balcani e la nostra penisola. Tra queste due strutture si instaurava un persistente richiamo di aria umida e calda proveniente dal Nord Africa (freccie rosse).

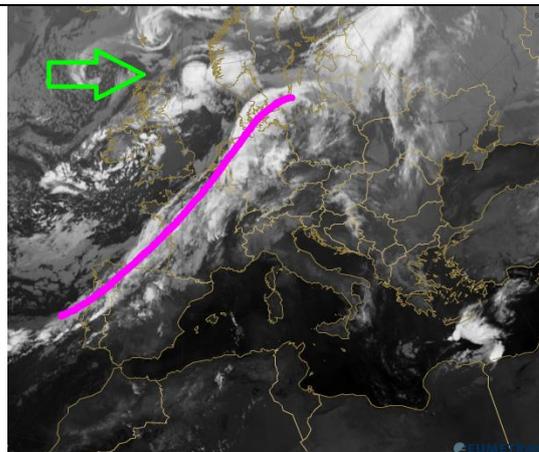


Figura 2 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 02 locali (00 UTC) del 9/10/14 (elaborazione <http://eumetrain.org/eport.html>). Si osservano il Mediterraneo e l'Italia sgombri da nubi consistenti e l'estesa banda nuvolosa (fucsia) ascrivibile al sistema frontale collegato alla circolazione depressionaria centrata tra Irlanda e penisola scandinava (freccia verde). La banda nuvolosa muoveva lentamente verso levante e transitava sulla penisola italiana solo il 13 ottobre.

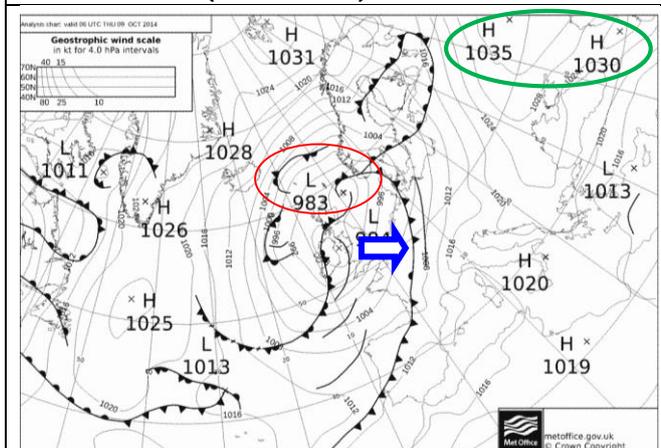


Figura 3 Analisi dei Fronti di Bracknell riferita alle 08 locali (06 UTC) del 09 ottobre 2014 (elaborazione Met Office). Si osserva come la situazione non fosse sostanzialmente cambiata rispetto alle 02 locali ed evolvesse molto lentamente. Si noti inoltre come l'avvezione calda proveniente dall'Africa raggiungesse anche le regioni settentrionali francesi.

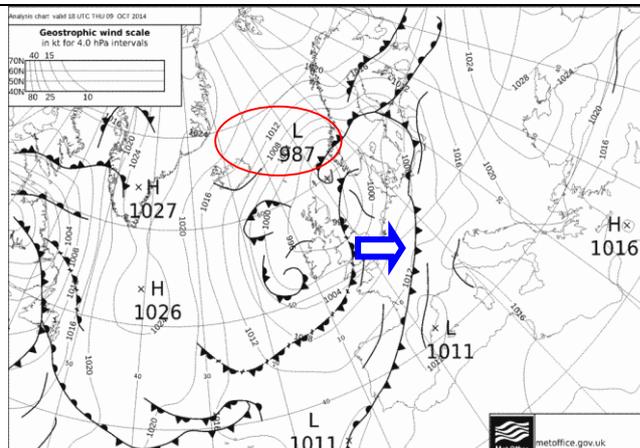


Figura 4 Analisi dei Fronti di Bracknell riferita alle 20 locali (18 UTC) del 09 ottobre 2014 (elaborazione Met Office). Si osservano il vortice depressionario (987 hPa) che ha raggiunto la penisola scandinava e la struttura anticiclonica ritiratasi leggermente a Est. La parte fredda del sistema frontale stava transitando sulle regioni centrali della Francia, ancora lontano dalla nostra regione.

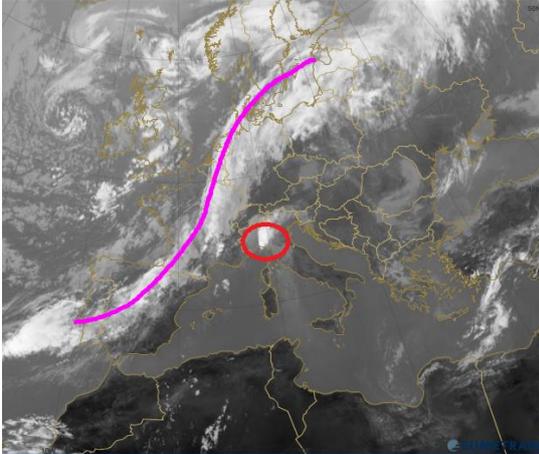


Figura 5 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 14 locali (12 UTC) del 9/10/14 (elaborazione <http://eumetrain.org/eport.html>). L'Italia era nel complesso ancora sgombra da nuvolosità, salvo la presenza dell'intenso sistema temporalesco sul centro della Liguria (cerchio rosso) legato a una convergenza locale delle masse d'aria. La banda nuvolosa (fucsia), ancora lontana dalla Liguria, muoveva lentamente.

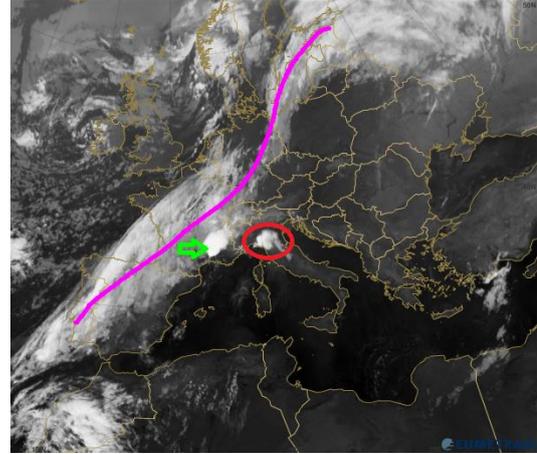


Figura 6 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 02 locali (00 UTC) del 10/10/14 (elaborazione <http://eumetrain.org/eport.html>). Continua a spiccare il sistema temporalesco sulla Liguria (cerchio rosso) mentre il resto della penisola risultava ancora sgombrato da nubi e il sistema frontale si approssimava all'arco alpino (attività temporalesca evidenziata da freccia verde sulla Francia).

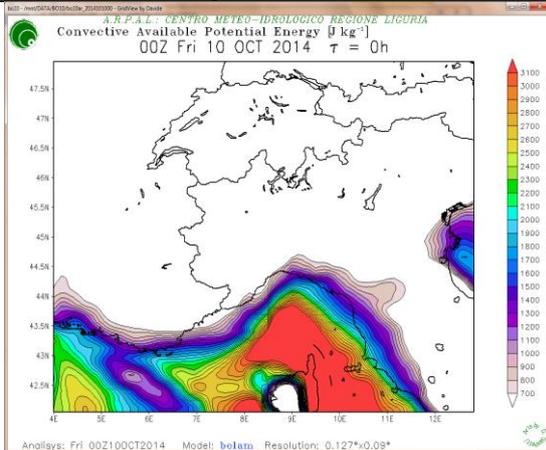


Figura 7 Mappa del contenuto di energia convettiva potenziale disponibile (CAPE) riferita alle 02 locali (00 UTC) del 10 ottobre (analisi del modello Bolam10 inizializzato alle 00 UTC del 10 ottobre). Sul Golfo Ligure si evidenziano elevati valori di energia potenziale, condizione importante per lo sviluppo di convezione intensa.

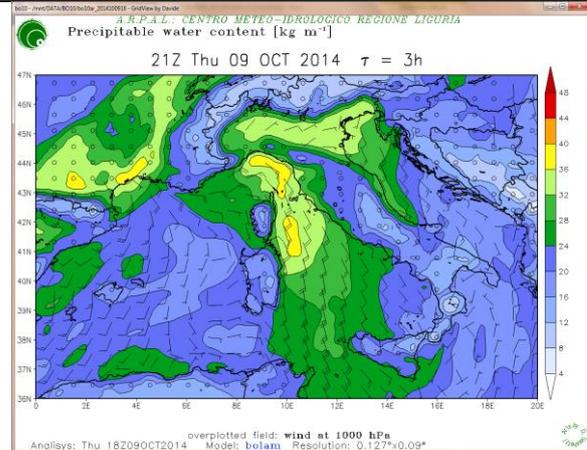


Figura 8 Mappa del contenuto di acqua precipitabile dell'intera colonna d'aria riferito alle 23 locali (21 UTC) del 9 ottobre (previsione a +3 ore del modello Bolam10 inizializzato alle 18 UTC del 9 ottobre). Nella serata il campo evidenziava un alto contenuto di acqua precipitabile sul Tirreno e sul Ligure (valori massimi superiori ai 36 kg/m).

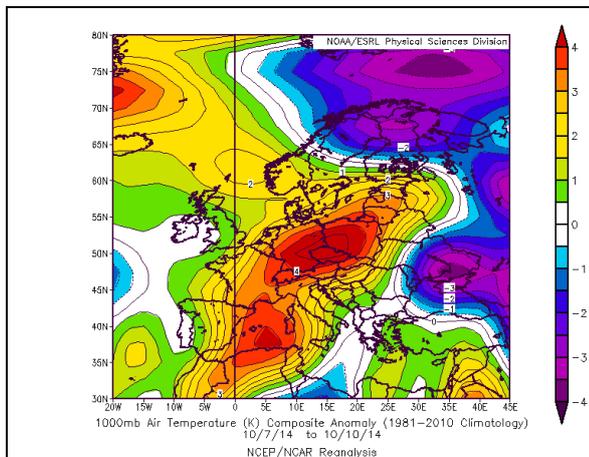


Figura 9 Mappa di anomalia di temperatura a 1000 hPa osservata tra il 7 e 10 ottobre: si evidenziano le zone dei massimi sul Mediterraneo occidentale (scala di rosso) ed in particolare tra le Baleari e la Sardegna (Fonte NOAA da NCEP reanalysis).

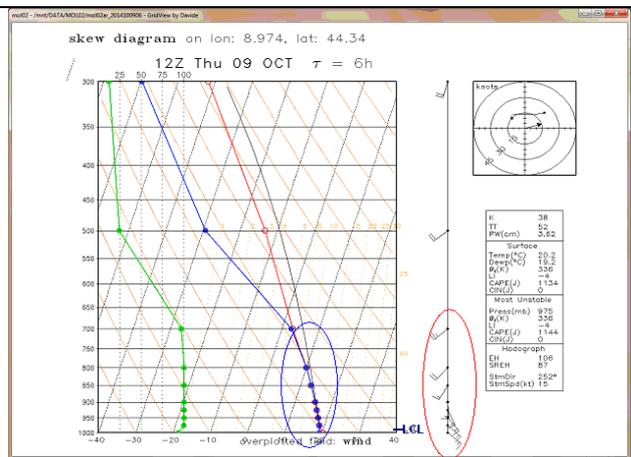


Figura 10 Profilo verticale dell'atmosfera alle 02 locali (12 UTC) sul genovese (previsione a +6 ore del modello Moloch inizializzato alle 06 UTC del 9/10/14). Si osservano: un profilo instabile con un significativo wind shear (rotazione dei venti, cerchio rosso) favorevole alla convezione; condizioni di saturazione dei bassi livelli (cerchio blu); un livello di condensazione (LCL) assai basso a indicare una base delle nubi cumuliformi a basse quote

1.2 Dinamica dell'evento

Per comprendere meglio la genesi e l'evoluzione delle strutture convettive che hanno interessato il territorio ligure nel corso della giornata del 9 ottobre è utile analizzare (anche attraverso le informazioni deducibili dalle corse modellistiche operative del modello Moloch disponibili nei giorni 9 e 10 ottobre¹) i flussi a bassa quota che hanno dato origine a fenomeni di convergenza dei venti associati a masse d'aria differenti.

Attraverso un confronto parallelo tra le mappe di vento da modello ai bassi livelli atmosferici (1000 hPa) e le immagini provenienti da osservazioni (da satellite, da radar, cumulate orarie delle precipitazioni misurate dalla rete pluviometrica, ecc.) vengono analizzati i fenomeni che si sono succeduti nel corso della giornata ed in serata sull'area interessata dalla convergenza.

In primo luogo, sono stati individuati due distinti episodi temporaleschi con caratteristiche differenti, intervallati da una finestra temporale di circa 3-4 ore nella quale le precipitazioni hanno evidenziato una netta attenuazione:

- **la prima fase (fase I)** ha visto la formazione di una linea di convergenza sul mare che è andata ad interessare il centro-levante della regione fino a circa metà pomeriggio; tale struttura è stata caratterizzata da temporali autorigeneranti associati a precipitazioni forti o molto forti;
- **la seconda fase (fase II)**, iniziata in serata, dopo qualche ora di tregua seguita all'attenuazione del sistema temporalesco della fase I, è stata caratterizzata dall'inesco di un nuovo sistema precipitativo nell'entroterra genovese, in successiva estensione verso la costa. Le precipitazioni sono state caratterizzate da stazionarietà e da intensità decisamente maggiori di quanto osservato nella prima fase.

Fase I - linea di convergenza sul mare e sistema a 'V' (V-Shape Thunderstorm)

La fase I (collocabile tra le 7-8 e le 16 locali circa) è stata caratterizzata dallo sviluppo di temporali autorigeneranti sul mare che hanno interessato la zona tra il genovesato ed il Tigullio, sia sulla costa che nell'entroterra. Si è

¹ Nel presente report vengono utilizzate le mappe dei modelli inizializzati alle ore sinottiche principali (00, 06, 12, 18 UTC) e nel seguito si riportano sia le analisi disponibili ai suddetti orari, sia le previsioni a +3 ore per gli orari intermedi (03, 09, 15, 21 UTC), essendo i dati più completi per descrivere la situazione.

osservato un sistema autorigenerante a 'V' che si è progressivamente spostato verso levante dopo aver interessato la val Polcevera e la val Bisagno dalle prime ore della mattina.

Nella tarda mattinata il sistema ha raggiunto il monte di Portofino ed in seguito ha insistito sul Tigullio e sul suo entroterra (Val Fontanabuona) fino a circa metà pomeriggio. Le precipitazioni forti e persistenti hanno portato l'Entella ad una piena pomeridiana che non ha dato luogo a esondazioni.

Nel seguito si analizzano i dettagli della tempistica dell'evento partendo dalle ore antelucane del 9 ottobre.

Situazione ore 2:30 locali (00:30 UTC) del 09 ottobre 2014

Le immagini di riflettività da radar (Figura 11) e quelle da satellite nel canale IR 10.8 (Figura 12) hanno iniziato a evidenziare una contrapposizione di flussi che ha portato alla formazione di una banda nuvolosa stazionaria nei bassi strati, poco consistente e ancora poco estesa verticalmente. La contrapposizione tra le masse d'aria si può osservare anche nella mappa di temperatura equivalente potenziale cui sono stati sovrapposti i venti ai bassi livelli (Figura 13, analisi del modello). Quest'ultimo campo è risultato essere particolarmente importante ai fini dell'identificazione della proprietà delle masse d'aria e delle loro trasformazioni, in quanto tiene conto anche dell'umidità dell'aria, permettendo di distinguere meglio le due differenti masse d'aria in gioco.

Il contenuto di acqua precipitabile (quantità totale di vapore acqueo potenzialmente precipitabile contenuto nella colonna d'aria) attorno alle 00 UTC (ore 2 locali) evidenzia sul settore di Levante e sulle zone interne della Pianura Padana valori elevati, ascrivibili alla prevalenza di flussi umidi sulla parte centro orientale della regione (Figura 14).

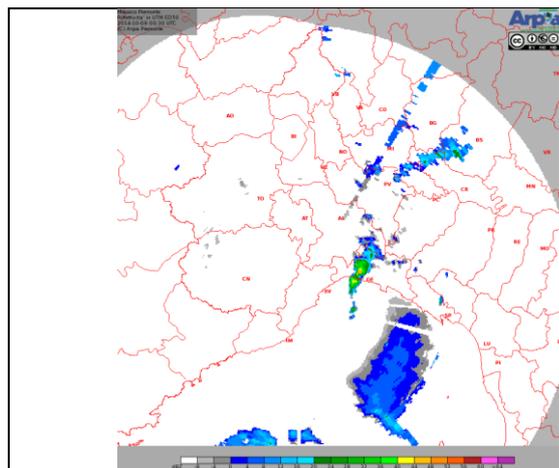


Figura 11 Mappa di riflettività alle 02:30 locali (00:30 UTC) del 9/10/2014 (mosaico radar Monte Settepani - Bric della Croce, elaborazione ARPA Piemonte).

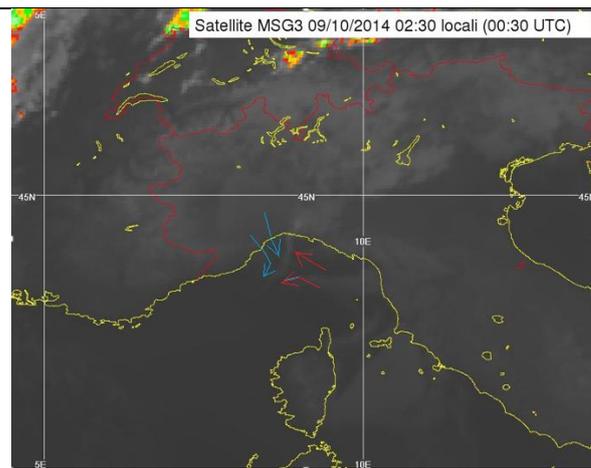


Figura 12 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 02:30 locali del 9/10/2014 (00:30 UTC del 9/10/2014), (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

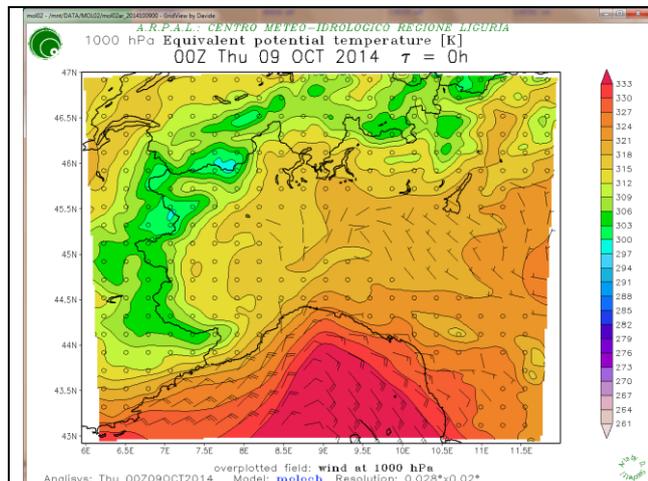


Figura 13 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 02 locali (00 UTC) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 00 UTC del 9/10/2014).

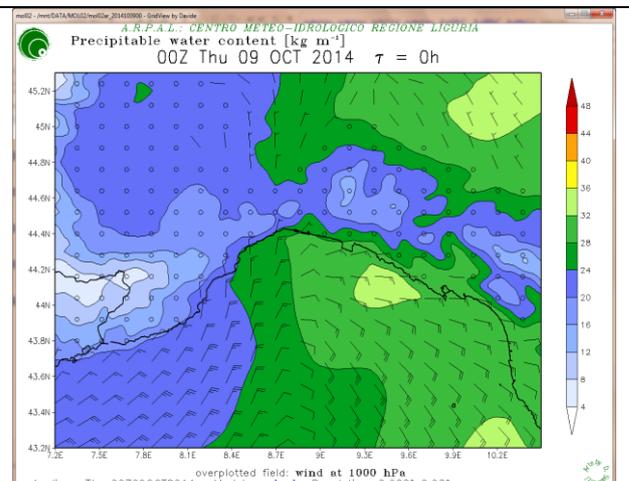


Figura 14 Mappa del contenuto di vapor d'acqua potenzialmente precipitabile nell'intera colonna d'aria alle 02 locali (00 UTC) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 00 UTC del 9/10/2014).

Situazione ore 08:00 locali (06:00 UTC) del 09/10/2014

Lo scenario è stato caratterizzato dall'intensificazione di una linea di convergenza (disposta con asse SudSud-Ovest-NordNord-Est) generatasi al centro del mar Ligure che ha interessato inizialmente il ponente genovese ed il medio Bisagno. L'analisi del modello ad area limitata Moloch evidenziava bene, nella mappa della temperatura potenziale equivalente e dei venti a 1000 hPa (Figura 15), una discontinuità più marcata in mare aperto, ad indicare l'origine della linea d'instabilità (in successiva estensione verso Nord, NordEst).

Proprio l'origine della linea d'instabilità al largo, dove la convergenza era più vivace (Figura 17, aree color arancione) e ha permesso l'insacco della struttura in mare aperto, è stata un fattore determinante ai fini della localizzazione delle precipitazioni più intense tra il mare e i versanti marittimi. Dalle osservazioni anemometriche delle ore 8 locali tra Genova e Savona si sono evidenziate intensità di vento medio generalmente deboli dai quadranti Nord-occidentali (intorno ai 10-15 km/h con raffiche fino 32 km/h a Savona e 30km/h a Genova Punta Vagno), mentre a levante il vento ha fatto registrare intensità generalmente moderate (stazione di Corniolo circa 25-30 km/h di vento medio da Sud-Est) con raffiche forti intorno ai 45 km/h in progressivo rinforzo.

In tale istante si è osservata un'intensificazione delle precipitazioni con quantitativi significativi ed intensità moderate, localmente forti, sul ponente genovese ed in particolare su val Polcevera e media val Bisagno (immagine da radar in Figura 18 e mappa delle precipitazioni in 3 ore in Figura 19). L'immagine da satellite di Figura 16 evidenzia il top della formazione nuvolosa temporalesca sul genovese (colorazione verde-giallo) indicativo dell'interazione del flusso con i rilievi costieri.

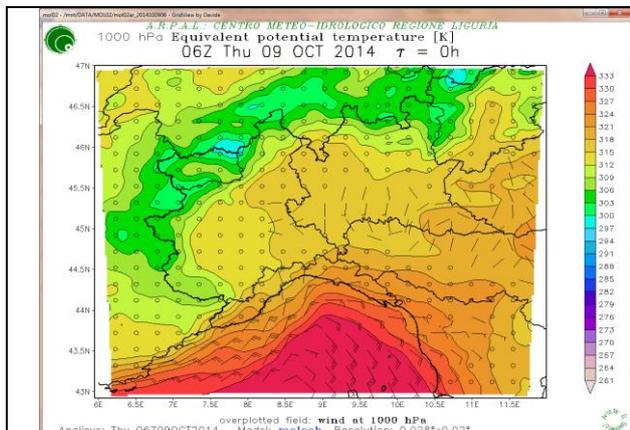


Figura 15 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 08 locali (06 UTC) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 06 UTC del 9/10/2014).

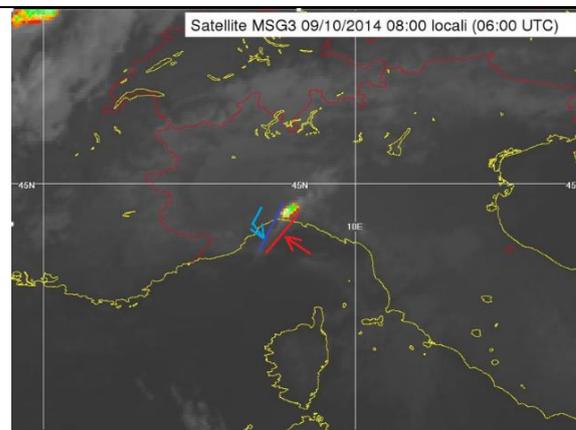


Figura 16 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 08 locali (06 UTC) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

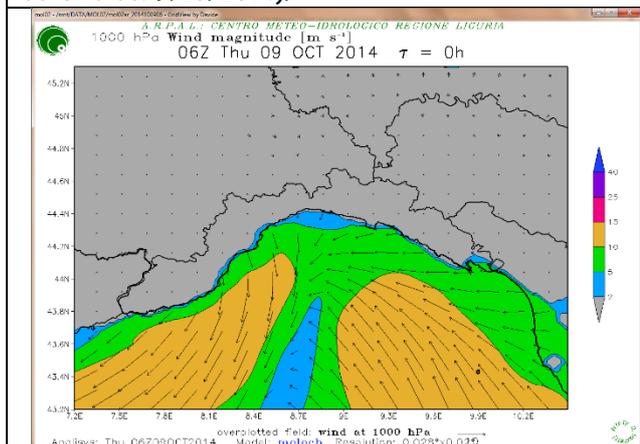


Figura 17 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, alle 08 locali (06 UTC) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 06 UTC del 9/10/2014). La convergenza risultava più vivace al largo (aree color arancio con venti più intensi) rispetto alla costa.

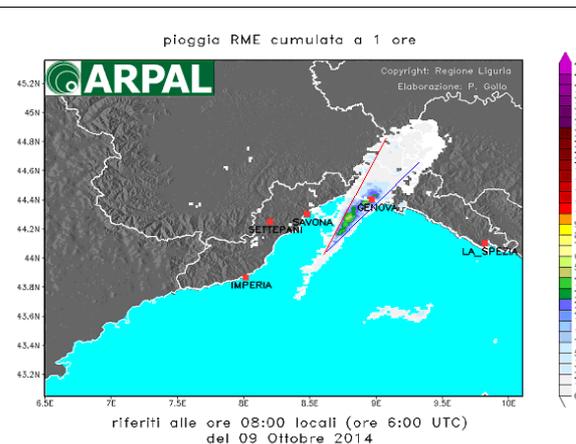
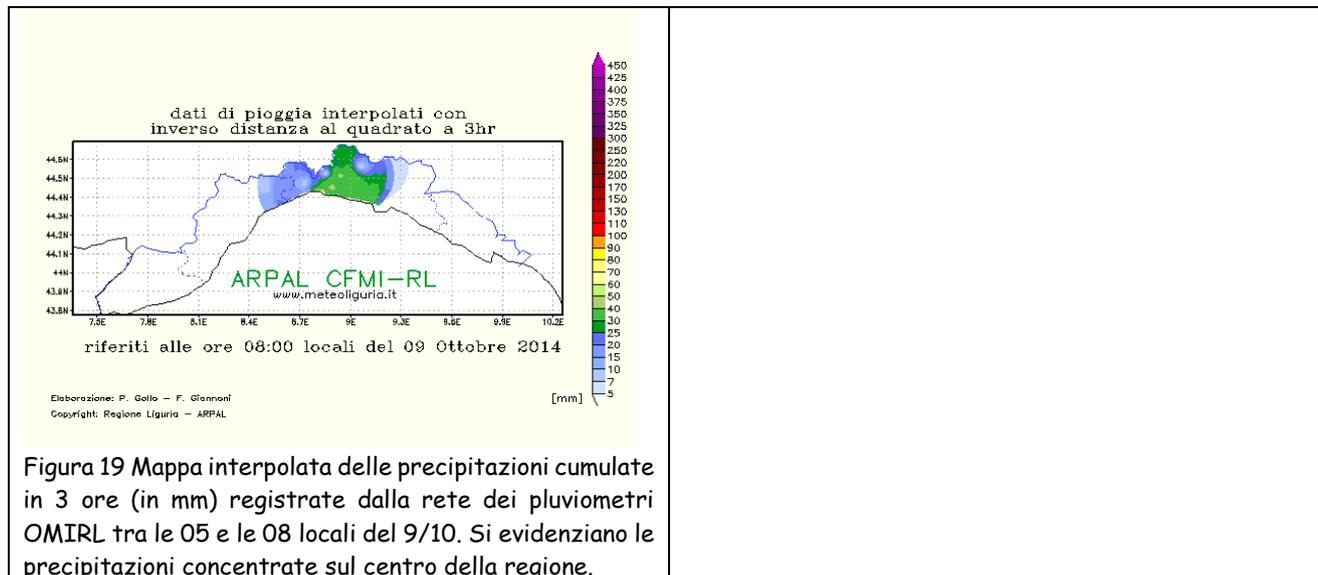


Figura 18 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora riferita alle 08 locali (06 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).



Situazione ore 11:00 locali (09:00 UTC) del 09/10/2014

La linea di convergenza è divenuta più estesa e, disponendosi lungo un asse definito SudOvest-NordEst (Figura 20), ha raggiunto uno stadio di sviluppo maturo (Figura 21, top della nube tendente al bianco ad indicazione di una convezione profonda) associato a precipitazioni significative, insistenti sul genovesato. La parte più alta della nube ha raggiunto la stratosfera e si è estesa ulteriormente verso Nord-Est, guidata dal flusso Sud-occidentale ai medi livelli.

Ai bassi livelli il flusso si è mantenuto settentrionale sul centro-ponente, mostrando un rinforzo più evidente al largo del savonese, e favorendo così una traslazione verso levante del sistema e la sua progressiva estensione verso l'interno del Golfo Paradiso. Parallelamente le osservazioni anemometriche disponibili lungo la costa non hanno mostrato significative variazioni rispetto allo scenario precedente delle 8 locali, se non un parziale rinforzo tra le 9 e 10 locali sul savonese (con 15-17 km/h di vento medio da Nord-Ovest e raffiche fino a 35-40 km/h registrati alla stazione di Savona Istituto Nautico) e sul genovesato (con punte massime di circa 35 km/h da Nord a Punta Vagno). Tale rinforzo, legato all'ingresso di una massa d'aria settentrionale più fresca e secca, è stato registrato anche dalla stazione di Monte Cappellino con venti moderati intorno ai 15-18 km/h da NordNordEst e raffiche intorno ai 30 km/h.

A levante il flusso sciroccale ha mostrato rinforzi più significativi: la stazione di Corniolo ha registrato infatti un vento medio fino a 40 km/h e raffiche fino a circa 57 km/h.

Le precipitazioni in queste ore hanno continuato a insistere sull'area genovese anche se la parte più intensa della banda precipitativa è rimasta localizzata sul mare (area cerchiata in blu nella mappa radar in Figura 23) per spostarsi successivamente nell'immediato entroterra genovese. Dalla mappa delle cumulate tri-orarie registrate alle ore 11 locali (Figura 24), emerge 'l'impronta pluviometrica' della linea di convergenza caratterizzata da una intensificazione delle precipitazioni. Tra le 8 e le 10 locali si sono registrate precipitazioni tra moderate e forti (38 mm/1 ora a Genova Bolzaneto e 50 mm/3 ore a Genova Pegli) che localmente sono divenute molto forti tra le ore 10 e le 12 locali (Geirato 58 mm/1h e 124 mm/3 ore).

Da mezzogiorno il sistema ha traslato verso levante con conseguente attenuazione delle precipitazioni sul capoluogo, decretando la fine di questa prima fase sul genovese.

In Figura 25 è riportata la mappa delle fulminazioni registrate nelle ore precedenti le 12 locali del 9 ottobre nella quale si può osservare l'intensa attività elettrica che ha accompagnato le precipitazioni; anche dall'impronta delle fulminazioni emerge la struttura a 'V' che si apre a ventaglio dal mare verso il settore centrale della Liguria.

Tale struttura si può osservare chiaramente anche nella mappa satellitare nel canale visibile ad alta risoluzione (Figura 26).

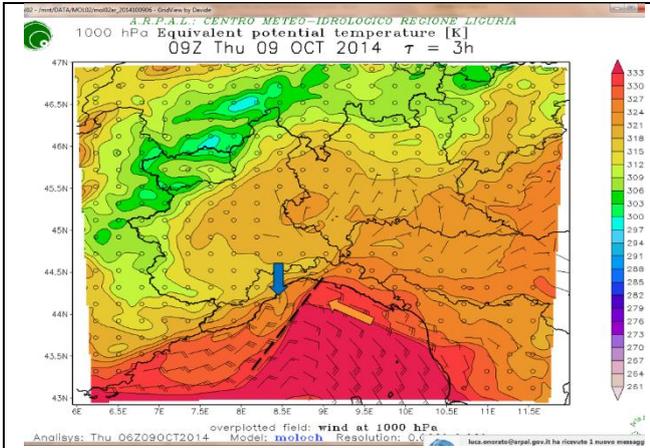


Figura 20 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 11 locali (09 UTC) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 06 UTC del 9/10/2014).

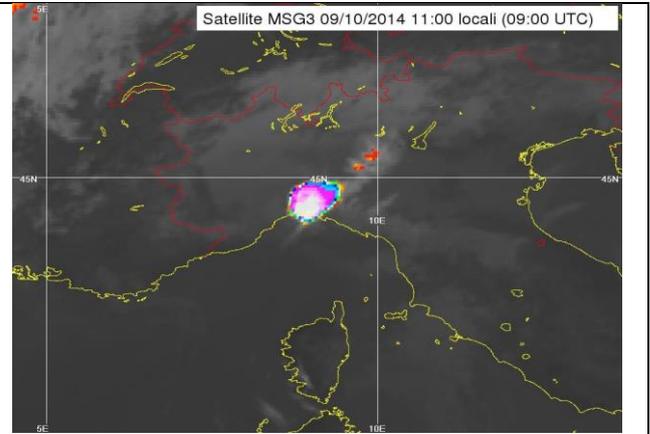


Figura 21 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 alle 11 locali (09 UTC) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

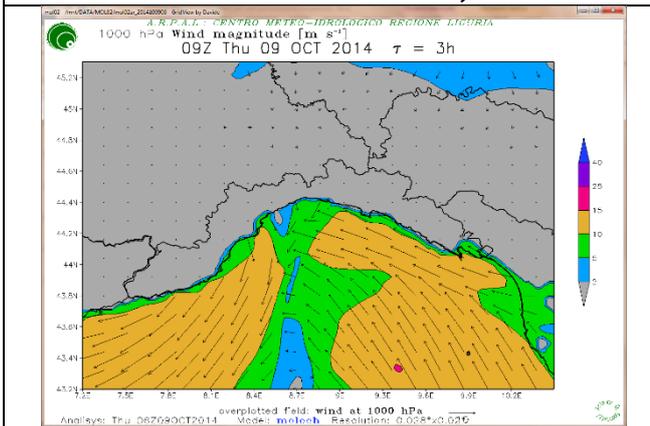


Figura 22 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, alle 11 locali (09 UTC) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 06 UTC del 9/10/2014).

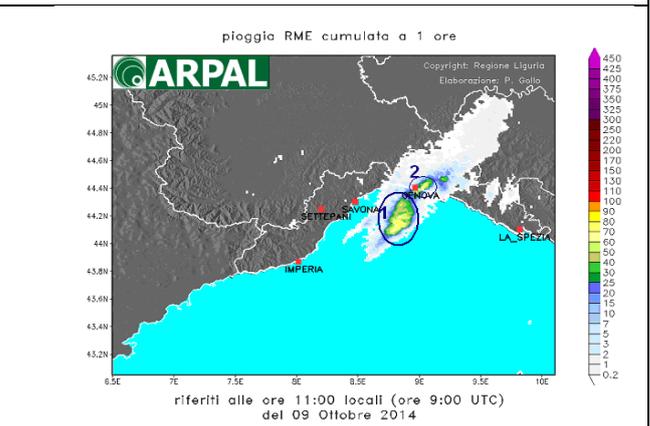


Figura 23 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 11 locali (09 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

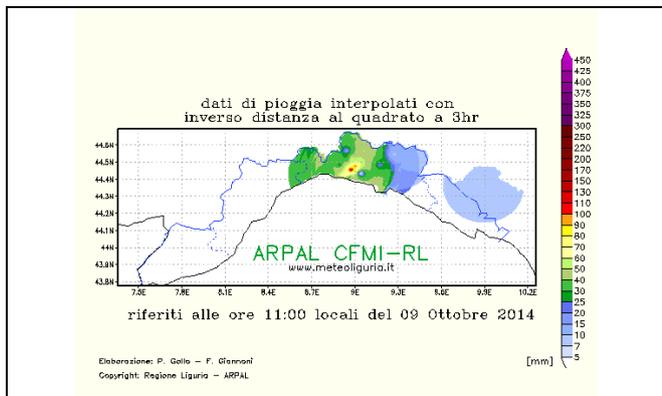


Figura 24 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 08 e le 11 locali del 9/10. Si osserva l'intensificazione delle precipitazioni sul centro della regione.

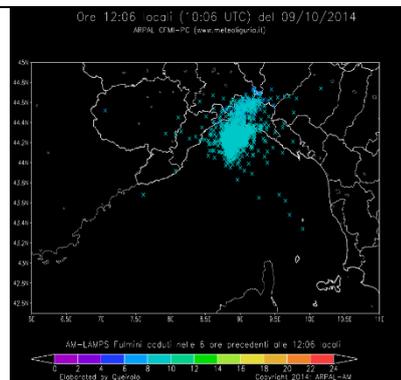


Figura 25 Mappa delle fulminazioni delle 12.05 locali del 9/10 (dati rilevati dalla rete LAMPS dell'Aeronautica Militare). Spicca l'elevato numero di fulminazioni dall'impronta a 'V' che si aprono a ventaglio dal centro del settore Ligure verso il centro-levante della regione.

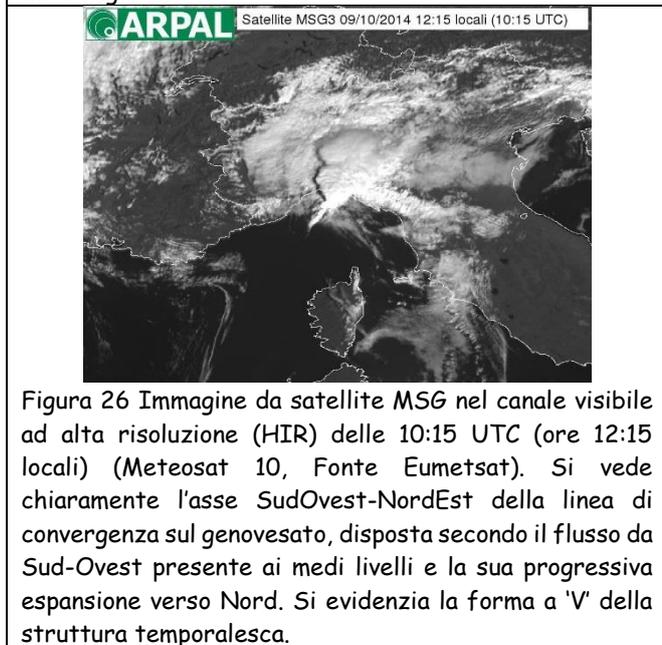


Figura 26 Immagine da satellite MSG nel canale visibile ad alta risoluzione (HIR) delle 10:15 UTC (ore 12:15 locali) (Meteosat 10, Fonte Eumetsat). Si vede chiaramente l'asse SudOvest-NordEst della linea di convergenza sul genovesato, disposta secondo il flusso da Sud-Ovest presente ai medi livelli e la sua progressiva espansione verso Nord. Si evidenzia la forma a 'V' della struttura temporalesca.

Situazione ore 14:00 locali (12:00 UTC) del 09/10/2014

Il flusso settentrionale ha evidenziato un calo d'intensità, più marcato lungo la costa, a causa del graduale spostamento della linea temporalesca verso levante (Figura 29). Tra le 14 e le 15 locali i dati anemometrici hanno confermato infatti, sia sul savonese che sul genovesato, un'attenuazione dei venti fino a deboli con rotazione da Est, NordEst.

Analogamente anche a levante i venti sciroccali hanno mostrato un parziale calo d'intensità media tra le ore 13 e le 14 (passando da circa 25 a 19 km/h), con raffiche ancora localmente forti (47 km/h). Il gradiente di temperatura potenziale equivalente (Figura 27) è risultato infatti meno intenso rispetto all'istante precedente (Figura 20).

La struttura temporalesca, caratterizzata da celle autorigeneranti sul mare e ben sviluppata in quota, ha raggiunto il massimo dell'estensione, interessando anche le zone interne appenniniche e la pianura Padana centrale con asse che gradualmente si è spostato in direzione del promontorio di Portofino. Lo spostamento è mostrato anche dalla mappa delle precipitazioni cumulate tri-orarie registrate tra le 11 e 14 locali (Figura 31).

In queste ore si è rilevata una lenta e parziale attenuazione del sistema che ha dato luogo a precipitazioni ancora tra moderate o localmente forti ma a carattere più localizzato rispetto al mattino. Il radar indicava la zona di precipitazione più intensa ancora al largo sul mar Ligure (Figura 30), dove persisteva l'area di massima convergenza che ha mantenuto attivo il sistema temporalesco a 'V' Shape.

La linea temporalesca ha oltrepassato il promontorio di Portofino intorno alle ore 15 locali dando ancora precipitazioni localmente consistenti sul Tigullio fino alle 16 locali circa.

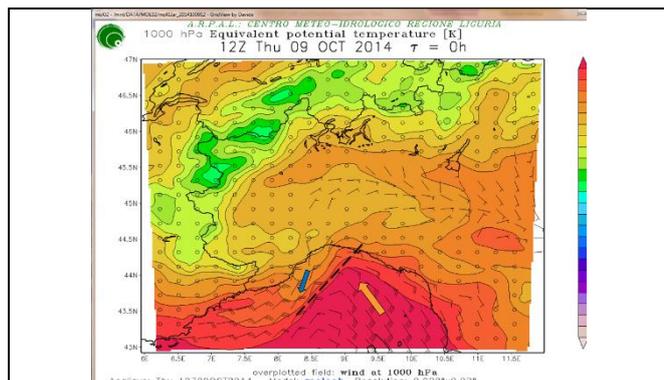


Figura 27 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 12 UTC (14 locali) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 9/10/2014).

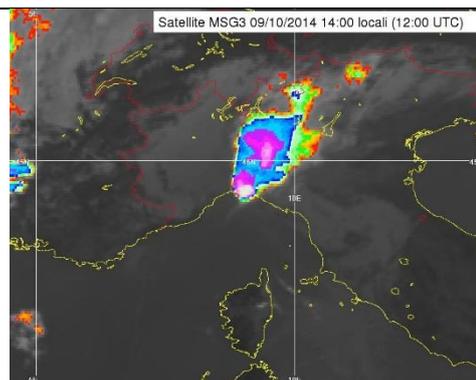


Figura 28 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 osservata alle 12 UTC (14 locali) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

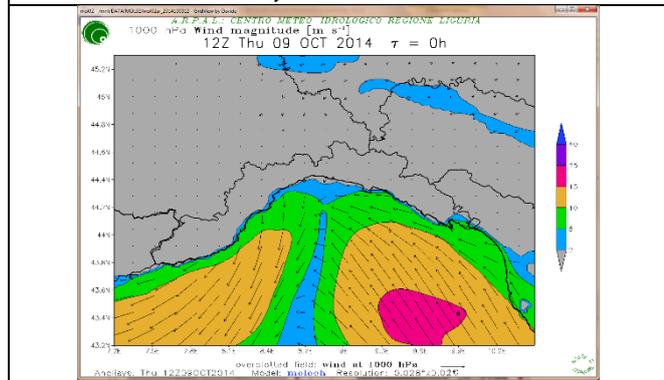


Figura 29 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, alle 12 UTC (14 locali) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 9/10/2014).

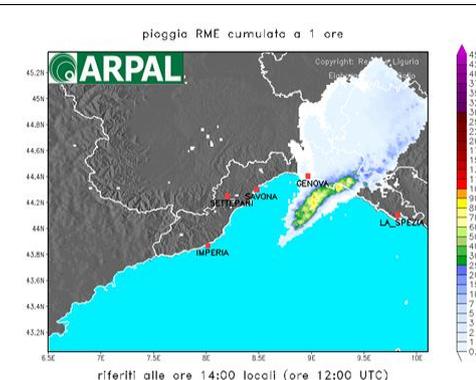


Figura 30 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 14 locali (12 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

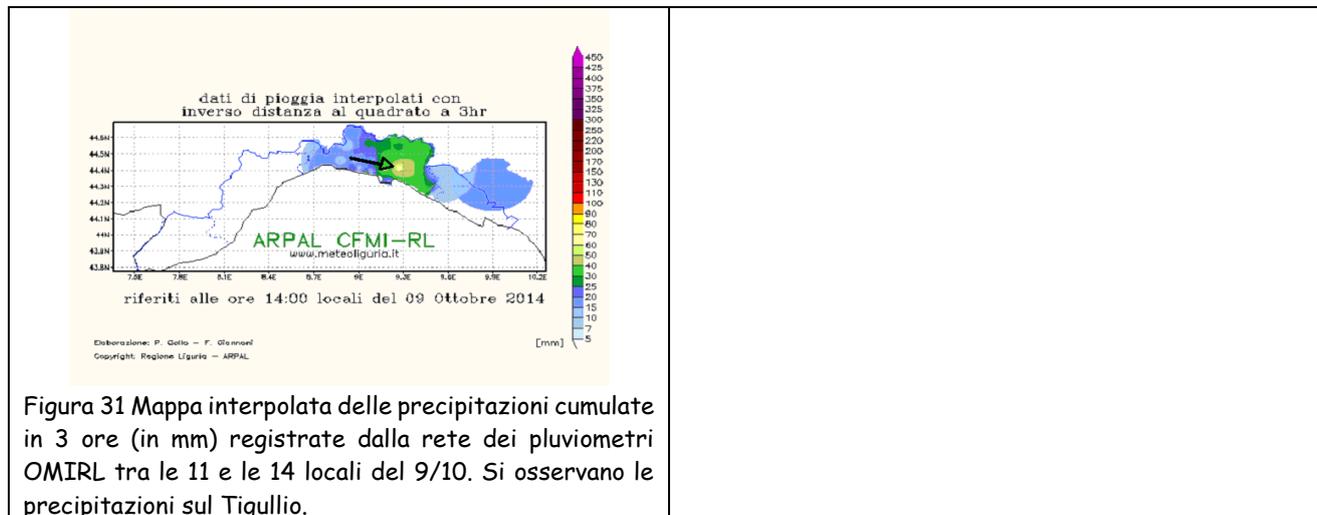


Figura 31 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 11 e le 14 locali del 9/10. Si osservano le precipitazioni sul Tigullio.

Situazione ore 17:00 locali (15:00 UTC) del 09/10/2014

Tra le 16 e 17 locali si è osservata un'attenuazione dei fenomeni temporaleschi e la struttura a 'V' ha perso di intensità mostrando una rotazione oraria dell'asse in direzione OvestSudOvest-EstNordEst. In Figura 33 è riportata l'immagine da satellite delle 17 locali (canale IR 10.8): la struttura principale era ormai meno sviluppata in quota (il colore della temperature del top delle nubi si ferma alla scala di blu/azzurro) e interessava zone molto circoscritte a nord della Liguria, ad eccezione di qualche residua cella poco sviluppata.

L'attenuazione delle precipitazioni si evince anche dalla mappa da radar riferita alla stessa ora (Figura 35), dove si possono osservare residue precipitazioni d'intensità debole sul centro della regione e solo localmente moderata sul Tigullio. Tale fase di attenuazione è risultata accompagnata sia da una riduzione del gradiente di temperatura potenziale equivalente (Figura 32), sia dall'attenuazione dell'intensità dei flussi lungo la costa (Figura 34).

In queste ore le mappe di vento hanno mostrato un'estensione del flusso meridionale che si è spinto fino quasi sul ponente genovese, seppur nel contesto di una parziale attenuazione. Il calo dei venti è risultato più evidente sul ponente ligure soggetto al flusso settentrionale: tra le 15 e le 17 locali gli anemometri disponibili hanno indicato una ventilazione debole con direzione variabile o settentrionale sul savonese mentre il genovesato è stato interessato da un flusso da Nord, NordOvest che non ha superato i 15 km/h di raffica.

Sulla riviera di levante (stazione anemometrica di Corniolo) le intensità di vento registrate sono risultate caratterizzate da una parziale attenuazione, con venti medi in prevalenza deboli da SudEst (vento medio inferiore a 17 km/h con raffiche tra 40 e 44 km/h).

Nel complesso, i dati osservati disponibili hanno evidenziato sia l'attenuazione del sistema precipitativo che dei parametri dinamici e termodinamici favorevoli all'innesco e allo sviluppo dei temporali. La mappa osservata delle cumulate tri-orarie registrate alle ore 17 locali (Figura 36) mostra ancora precipitazioni caratterizzate da intensità moderate, localmente forti solo nell'entroterra del centro-levante, ed intensità più modeste lungo la costa. Per meglio dettagliare la fase di attenuazione si sono riportate le mappe delle cumulate areali orarie dalle 15 alle 17 locali (Figura 37, Figura 38 e Figura 39).

Nell'ora seguente il sistema si è progressivamente dissolto.

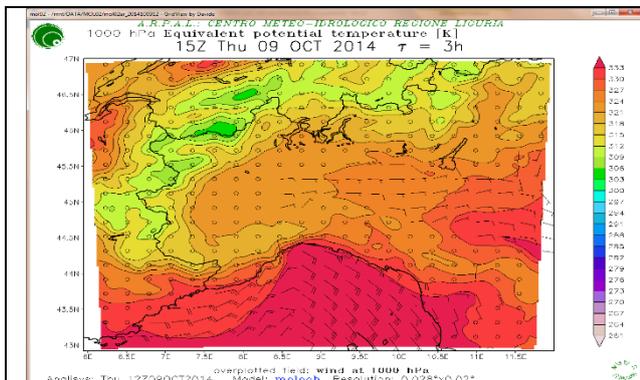


Figura 32 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 15 UTC (17 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 9/10/2014).

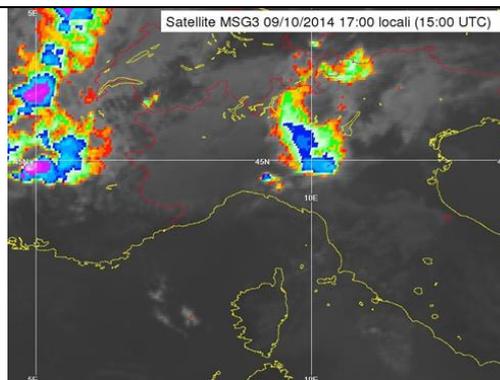


Figura 33 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 riferita alle 15 UTC (17 locali) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

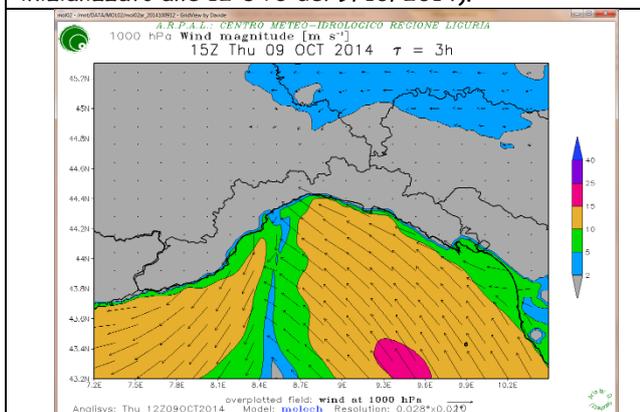


Figura 34 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, alle 15 UTC (17 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 9/10/2014).

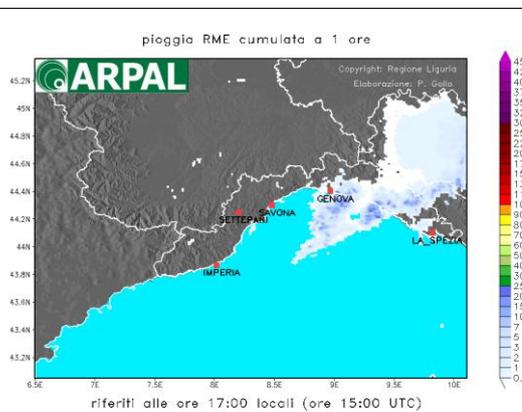


Figura 35 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 17:00 locali (15:00 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

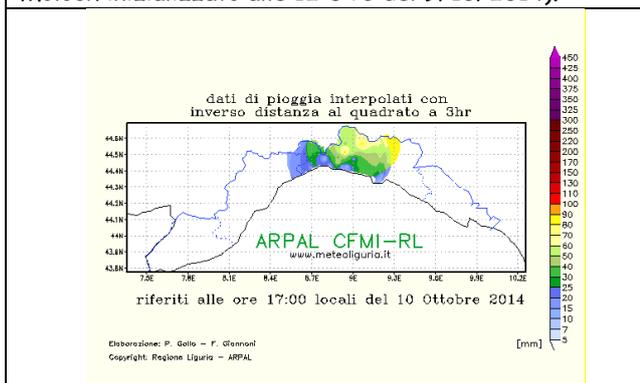


Figura 36 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 14 e le 17 locali del 9/10. Si osservano le precipitazioni sul Tigullio.

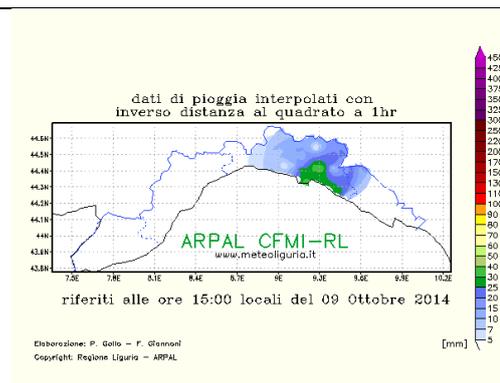
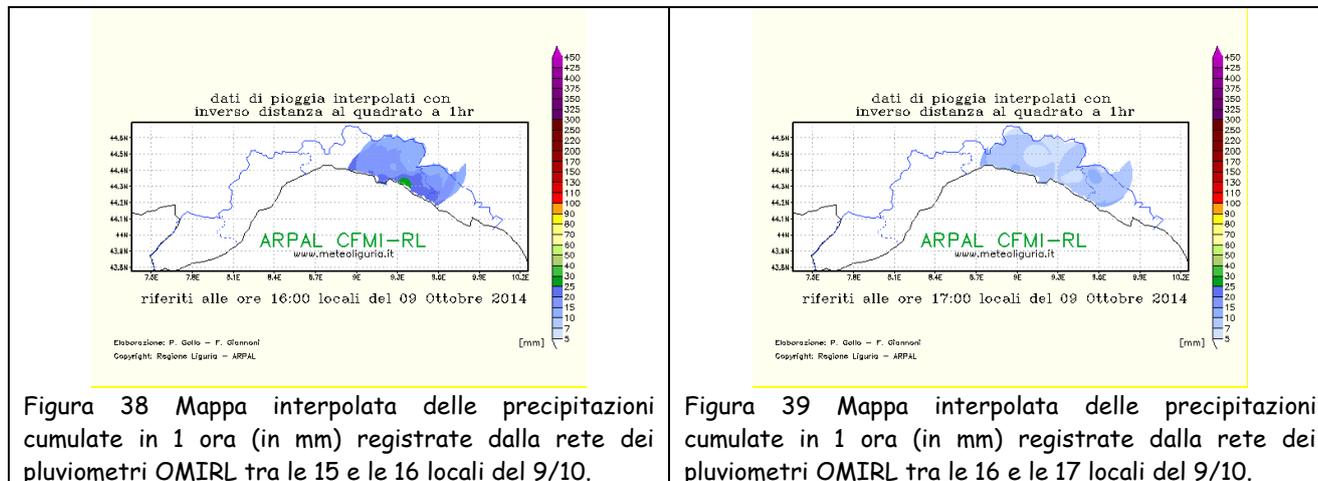


Figura 37 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 14 e le 15 locali del 9/10.



Fase II - Formazione del Sistema Convettivo stazionario nell'interno del genovese con 'V' Shape

L'attenuazione del sistema temporalesco analizzato nella Fase I è stata seguita da una seconda fase caratterizzata da un nuovo evento: intorno alle ore 20:00 locali nell'entroterra genovese si è osservato l'insorgere di una nuova struttura temporalesca.

Tale cella si è evoluta rapidamente in un sistema stazionario autorigenerante caratterizzato da precipitazioni molto intense, in estensione dall'interno verso la costa nel corso della serata. La valle Scrivia e, successivamente, la val Bisagno ed il levante genovese sono state le zone maggiormente interessate dal sistema: le precipitazioni sono risultate di intensità molto forte e le cumulate molto elevate, tali da provocare l'esondazione repentina del Bisagno, del Fereggiano, dello Sturla e del Vernazza nel capoluogo genovese, e del rio Carpi a Montoggio.

Nel dettaglio, si sono osservate precipitazioni molto forti dapprima sulla zona di Montoggio e Torriglia (stazione di Torriglia 88 mm/1 ora e 212 mm/3 ore) e dopo meno di un'ora sull'alta val Polcevera (stazione di Vicomorasso 112 mm/1 ora e 230 mm/3 ore). Le precipitazioni si sono poi rapidamente estese verso la costa raggiungendo il capoluogo, dove i massimi sono stati registrati dalla stazione di Genova Geirato (141 mm/1 ora e 226 mm/6 ore).

Intorno alla mezzanotte la linea temporalesca è andata spostandosi verso Est mantenendo intensità molto forti (Barbagelata 102 mm/1 ora e Sella Giassina 95 mm/1 ora), anche se minori di quelle registrate sul bacino del Bisagno.

Situazione ore 20:00 locali (18:00 UTC) del 09/10/2014

Le mappe al suolo di temperatura potenziale equivalente e dei venti ricostruite modellisticamente (Figura 40 e Figura 42) mostrano uno spostamento verso sud della linea di contrapposizione tra le due masse d'aria distinte, quella padana continentale da Est, NordEst e quella orientale più calda da Est, SudEst, caratterizzata da elevata umidità. Si assiste comunque alla formazione di una struttura temporalesca sulla terraferma, forse riconducibile ad una convergenza locale meglio visibile negli strati atmosferici più alti (a circa 500 metri, Figura 43), dovuta all'interazione tra i venti nord-orientali provenienti dai versanti padani (regime orientale in azzurrino) e le correnti sud-orientali presenti sul levante, che salendo con la quota mostrano dalle ore 20:00 locali un graduale rinforzo penetrando fino al levante genovese.

Si evidenzia quindi come le analisi del Moloch delle 18 UTC per i venti e temperature potenziali a 1000 hPa (rispettivamente in Figura 42 e Figura 40) non colgano correttamente tale convergenza, mentre la mappa della circolazione a quote leggermente superiori (Figura 43) meglio evidenzia la risalita delle correnti meridionali di origine marittima (frecce gialle) verso le zone interne del settore centrale (punto giallo), contemporaneamente al parallelo scorrimento di aria più continentale in pianura padana (frecce blu).

Le osservazioni anemometriche strumentali sembrano confermare un graduale aumento della convergenza: i venti tra Genova e Savona hanno evidenziato tra le ore 19 e le 21 locali una rotazione dei venti dai quadranti occidentali sul savonese con un graduale rinforzo: le intensità medie, inizialmente deboli (circa 15 km/h con raffiche attorno a 30

km/h), sono diventate più sostenute da NordOvest a partire dalle ore 21 locali. Tale regime è stato osservato anche dagli anemometri di Genova Punta Vagno e di Monte Cappellino (quest'ultima situata nell'immediato entroterra): si sono registrati venti medi generalmente deboli, con valori di raffica moderati dell'ordine di 20-30 km/h. Sul levante, attorno alle 20 locali si è osservato un repentino rinforzo intorno ai 20 km/h da Est, SudEst con raffiche di circa 55 km/h (stazione di Corniolo) e lo stesso andamento è stato evidenziato anche dai dati della stazione di Framura con 35 km/h di vento medio orientale e 60 km/h di raffica.

Le precipitazioni tri-orarie registrate alle ore 20 locali hanno evidenziato intensità tra deboli e moderate (Figura 44) che tuttavia sono andate rapidamente intensificandosi nell'ora successiva.

Nella mappa radar sono stati sovrapposti graficamente i flussi che sembrano quindi aver avuto un importante ruolo nella formazione dell'evento temporalesco (Figura 45, le frecce rosse sono legate all'aria marittima, quelle viola all'aria continentale padana).

Nell'innescò della struttura è probabilmente risultato fondamentale il passaggio di un'anomalia in quota (Figura 46) osservabile nelle immagini da satellite del canale del vapore acqueo (WV 6.2).

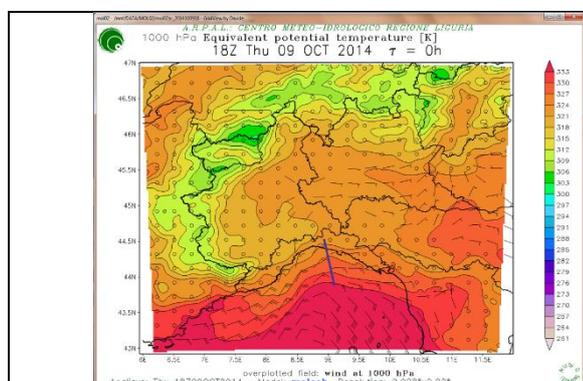


Figura 40 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 18 UTC (20 locali) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

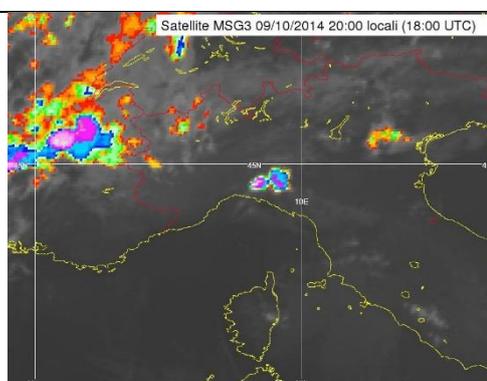


Figura 41 Immagine MSG nel canale Infrarosso 10.8 osservata alle 18 UTC (20 locali) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

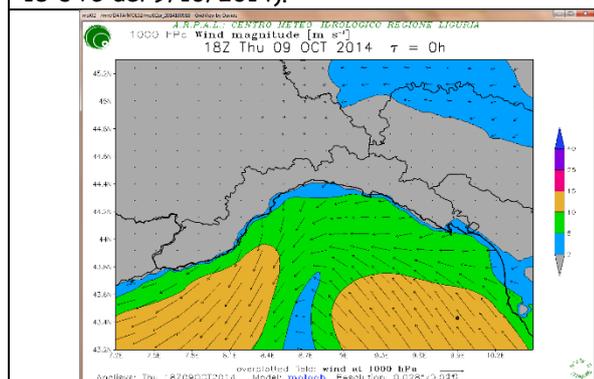


Figura 42 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, riferito alle 18 UTC (20 locali) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

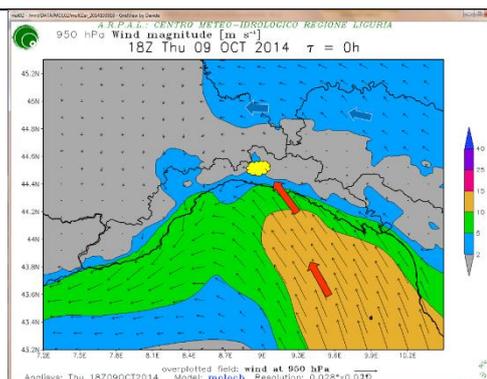


Figura 43 Mappa del campo di vento a 950 hPa (circa 500 metri di quota), colorato secondo intervalli di intensità, riferito alle 18 UTC (20 locali) del 9/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

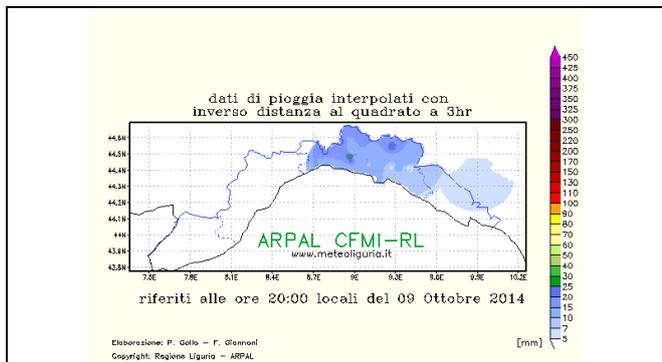


Figura 44 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 17 e le 20 locali del 9/10.



Figura 45 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 20 locali (18 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

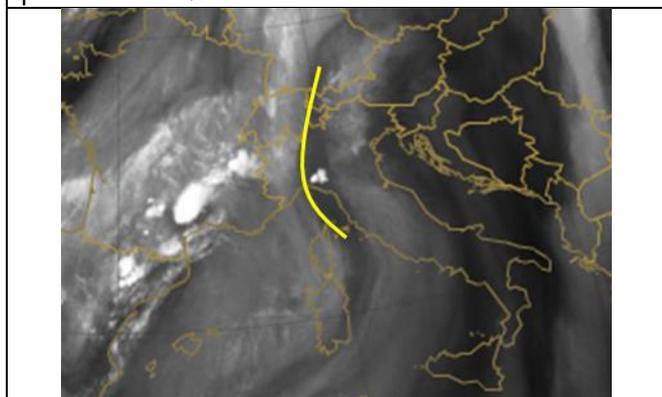


Figura 46 Immagine MSG nel canale del vapore acqueo (WV 6.2) delle 20:00 locali (18:00 UTC) del 9/10/2014, (Meteosat 10, Fonte Eumetsat): si evidenzia (linea gialla) il passaggio di un'anomalia in quota che ha probabilmente contribuito a innescare il sistema temporalesco che tra le 20 e le 21 ha colpito Montoggio e si è successivamente esteso alla costa.

Situazione ore 23:00 locali (21:00 UTC) del 09/10/2014

Mentre il flusso settentrionale è andato lentamente attenuandosi, le correnti più calde sciroccali hanno mostrato un netto rinforzo per la presenza di un *low level jet* da SudEst e sono andate ad interessare la costa del settore centrale, convergendo nell'entroterra con il flusso di aria padana (Figura 47 e Figura 49). Si ipotizza che l'ingresso di aria padana possa essere riconducibile al raffreddamento della bassa atmosfera con conseguente aumento della pressione sulla Pianura Padana di qualche hPa: ciò avrebbe comportato un aumento del gradiente barico a cavallo dello spartiacque con il conseguente ingresso e rinforzo di correnti nord-occidentali dal savonese e settentrionali dal Turchino. Per meglio evidenziare il gradiente tra le due masse d'aria e le convergenze presenti nell'interno, bisogna analizzare la configurazione a quote lievemente superiori, in particolare l'avvezione di umidità a 950 hPa (quota di circa 500 metri, Figura 51): solo quest'ultimo parametro alle 23 locali mette in luce una debole convergenza dei flussi nell'interno, condizione necessaria per lo sviluppo dell'intensa struttura temporalesca nell'entroterra genovese. Alle 23 locali il sistema ha raggiunto ormai la fase più matura come evidenziato dalle osservazioni; il temporale, dapprima molto localizzato, si è evoluto in un sistema più ampio (Figura 48) associato a precipitazioni intense e persistenti in estensione dall'interno verso la costa genovese. Tale struttura è divenuta presto autorigenerante, anche per effetto della dinamica al suo interno (*down-draft* che interessano la parte occidentale), evidenziando una forma a 'V'.

Dall'analisi della mappa radar (Figura 56) e dalle cumulate di precipitazione osservate ai pluviometri (da Figura 52 a Figura 55) si evince come la struttura sia stata in grado di rilasciare localmente e ripetutamente ingenti quantitativi di precipitazione, questa volta non sul mare (come era accaduto in mattinata e nelle ore centrali della giornata) ma sulla terraferma, ossia in prossimità del punto di origine del cono della struttura a V, con sconfinamenti anche tra Piemonte, Emilia e Lombardia.

In Figura 57 viene riportata la mappa del contenuto di vapor d'acqua potenzialmente precipitabile: la significativa quantità presente ancora alle 23:00 locali tra il mare e la costa della Liguria ha permesso al sistema di essere in grado di rilasciare precipitazioni estremamente intense e abbondanti.

Sul genovesato si sono osservati venti da Nord, NordOvest sui 15 km/h (vento medio) con raffiche di circa 40 km/h. I rinforzi settentrionali hanno interessato sia l'area costiera che l'interno con raffiche di oltre 30 km/h a Genova Punta Vagno e sui 35 km/h al Monte Cappellino. Per contro, sul levante i venti sono risultati moderati sud-orientali con oltre 25 km/h di vento medio e raffiche di 45 km/h a Corniolo.

Dalle mappa delle precipitazioni registrate prima dell'esonazione del torrente Bisagno (cumulate tri-orarie in Figura 52 e orarie in Figura 55) è evidente il carattere locale del sistema (cromatismi rossi).

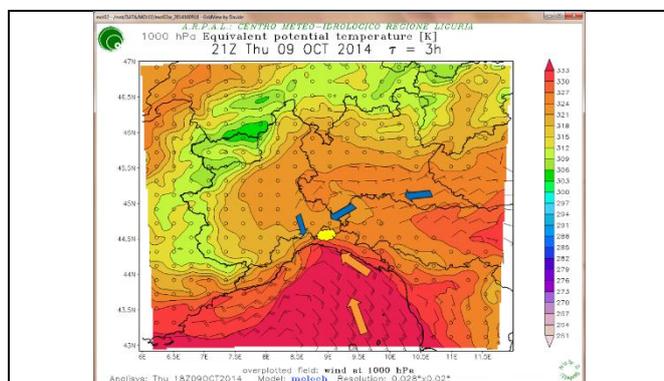


Figura 47 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 21 UTC (23 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

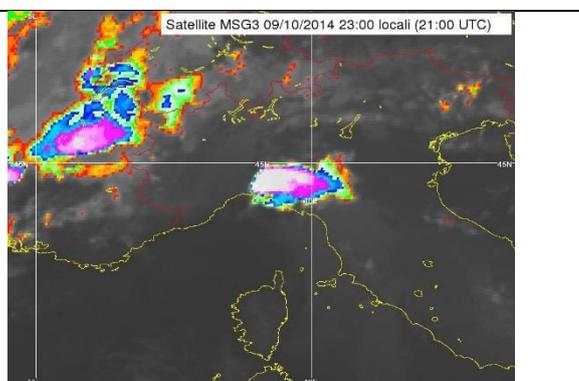


Figura 48 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 osservata alle 23 locali (21 UTC) del 9/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

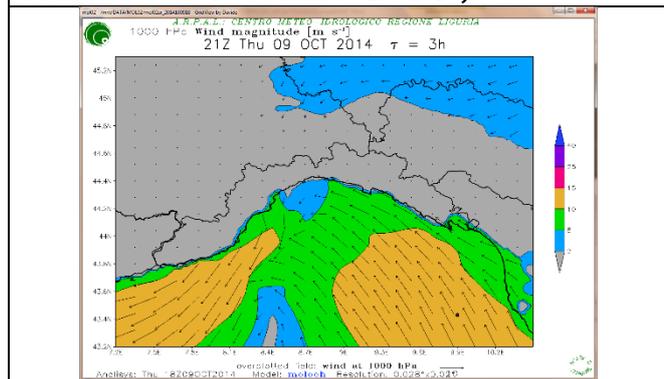


Figura 49 Mappa del campo di vento nei bassi livelli (1000 hPa), colorato secondo intervalli di intensità, alle 21 UTC (23 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

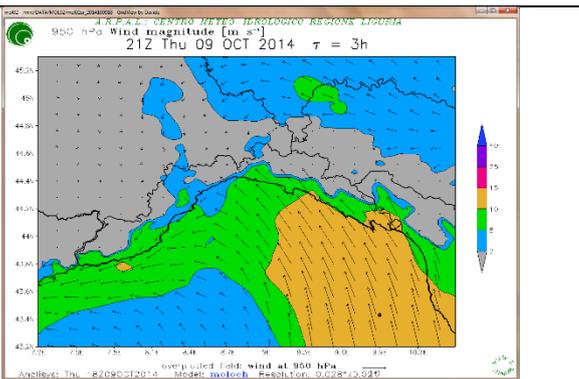


Figura 50 Mappa del campo di vento a 950 hPa (circa 500 metri di quota), colorato secondo intervalli di intensità, alle 21 UTC (23 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

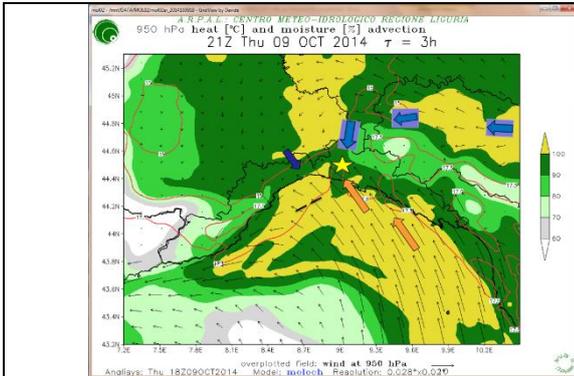


Figura 51 Mappa di umidità (campo colorato verde-giallo), temperatura (isolinee rosse e blu) e venti in quota (barbette nere) a 950 hPa (circa 500 metri di quota) alle 21 UTC (23 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

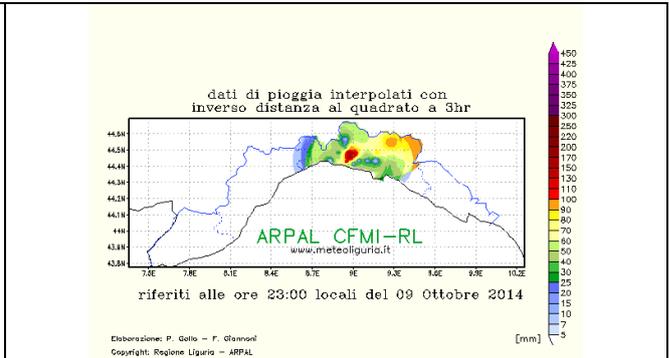


Figura 52 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 20 e le 23 locali del 9/10.

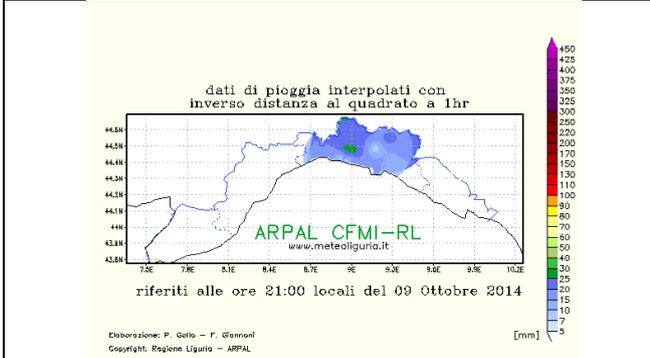


Figura 53 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 20 e le 21 locali del 9/10.

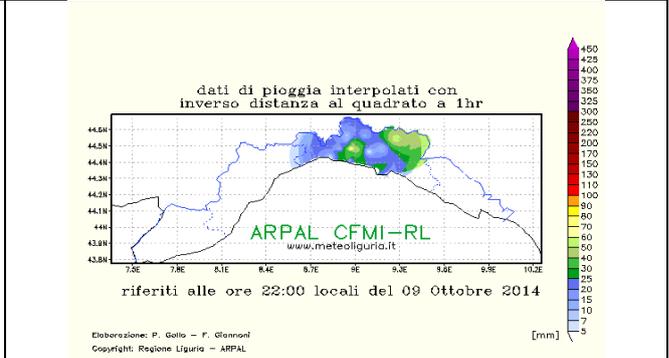


Figura 54 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 21 e le 22 locali del 9/10.

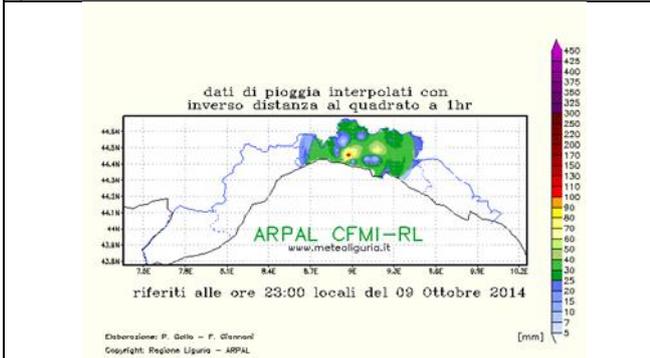


Figura 55 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 22 e le 23 locali del 9/10.

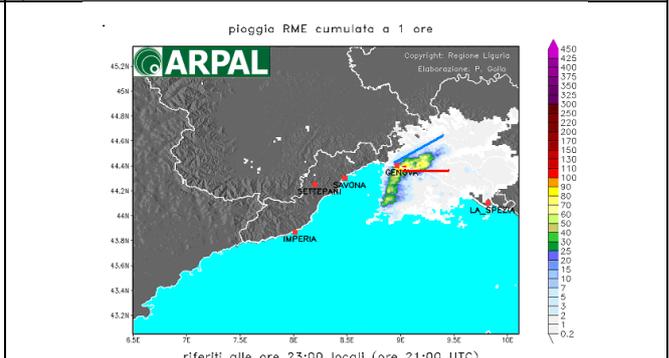


Figura 56 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 23 locali (21 UTC) del 9/10/2014 (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

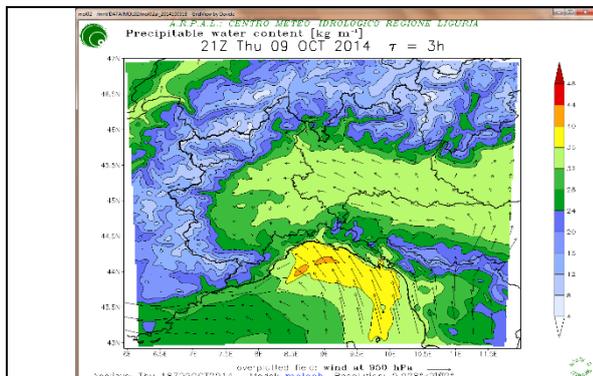


Figura 57 Mappa del contenuto di vapor d'acqua precipitabile nell'intera colonna verticale alle 21 UTC (23 locali) del 9/10/2014 (previsione a +3 ore del modello Moloch inizializzato alle 18 UTC del 9/10/2014).

Situazione ore 02:00 locali (00:00 UTC) del 10/10/2014

Il flusso da Nord è andato attenuandosi e la struttura ha perso gradualmente la sua forma a 'V' (Figura 59), spostandosi verso levante nelle prime ore del 10 ottobre. Dall'analisi delle mappe di vento emerge come la zona di convergenza tra le correnti sciroccali e quelle settentrionali fosse ormai in spostamento verso il golfo Paradiso, la Val Fontanabuona e l'entroterra del promontorio di Portofino. Su tali aree si sono verificati i massimi di precipitazione oraria, con intensità fra forti e molto forti; tuttavia i valori sono risultati meno intensi di quelli osservati sul genovesato nelle ore precedenti.

La mappa dei venti a 950 hPa (circa 500 m di quota) evidenzia due regimi contrapposti (Nord e SudEst) legati al sistema temporalesco (aree color arancio di Figura 60). I venti osservati sul levante in concomitanza con lo spostamento del sistema verso il Tigullio, hanno mostrato picchi massimi a Corniolo con un vento medio moderato, localmente forte (33 km/h da SudEst) e raffiche di burrasca (55 km/h).

Tra Savona e Genova è stato registrato un vento debole settentrionale, rispettivamente attorno 15 km/h (Istituto Nautico di Savona) e 20 km/h (Genova Punta Vagno), mentre nell'entroterra genovese il flusso è risultato orientale, con raffiche di circa 30 km/h (Monte Cappellino).

Sul genovesato, a partire dalle 00 locali del 10 ottobre, si è assistito ad un'attenuazione dei fenomeni che ha decretato la fine della Fase II (Figura 64).

Infine, in Figura 66, si riporta la mappa delle fulminazioni nella quale appare evidente l'intensa attività elettrica che ha accompagnato le precipitazioni serali e notturne.

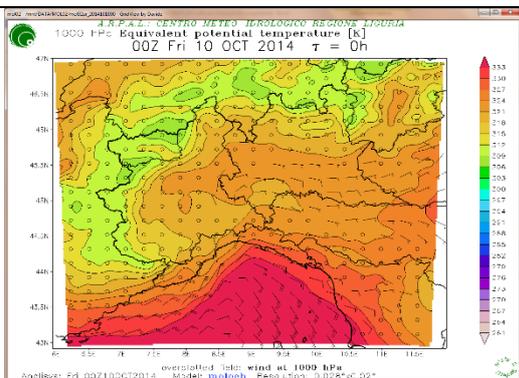


Figura 58 Mappa della temperatura potenziale equivalente a 1000 hPa alle 00 UTC (02 locali) del 10/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 00 UTC del 10/10/2014).

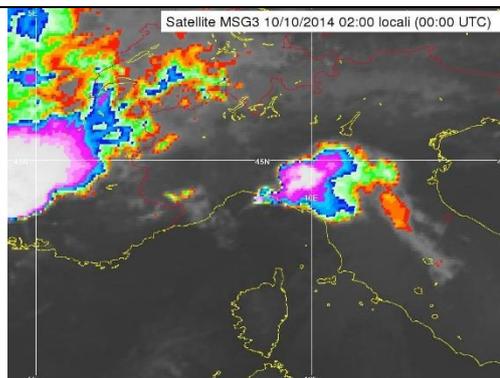


Figura 59 Immagine da satellite MSG nel canale infrarosso 10.8 osservata alle 00 UTC (02 locali) del 10/10/2014 (Meteosat 10, Fonte Eumetsat).

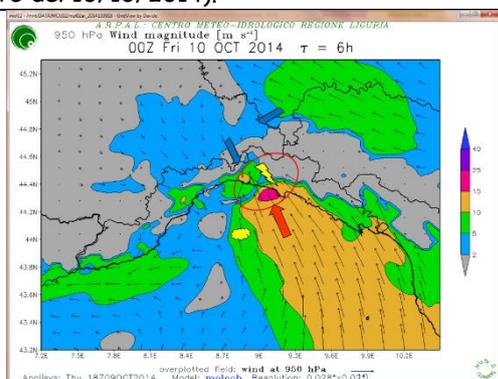


Figura 60 Mappa del campo di vento a 950 hPa, colorato secondo intervalli di intensità, alle 00 UTC (02 locali) del 10/10/2014 (analisi del modello Moloch inizializzato alle 00 UTC del 10/10/2014).

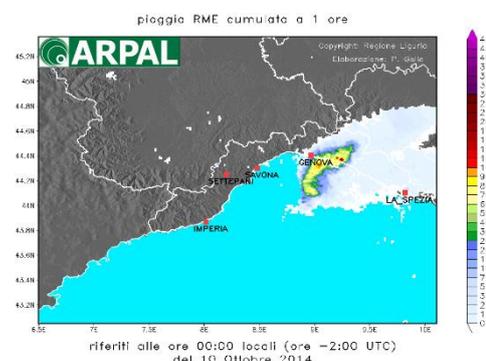


Figura 61 Mappa di pioggia RME cumulata in 1 ora delle 00 locali del 10/10/2014 (22 UTC del 09/10/14) (radar Monte Settepani, elaborazione ARPAL).

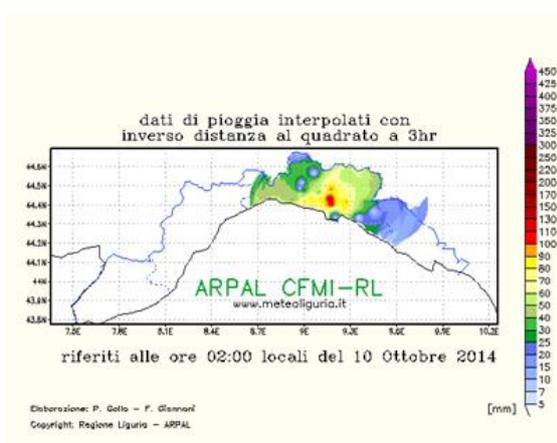


Figura 62 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 3 ore (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 23 locali del 9/10 e le 02 locali del 10/10.

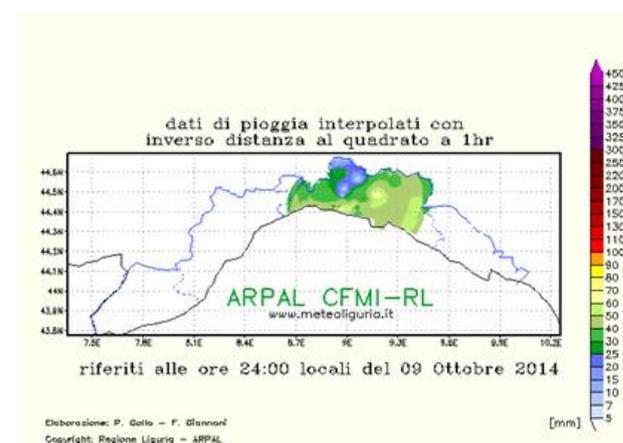


Figura 63 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 23 e le 24 locali del 9/10.

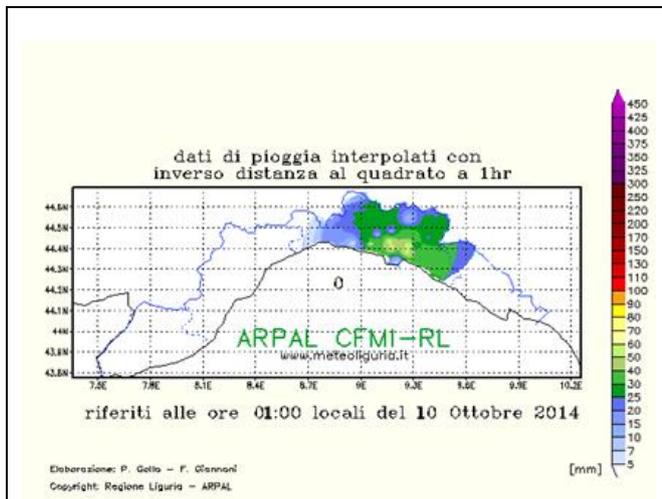


Figura 64 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 00 e le 01 locali del 10/10.

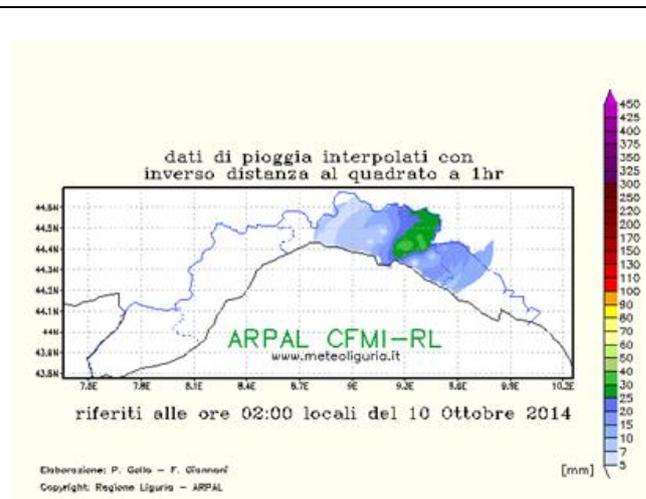


Figura 65 Mappa interpolata delle precipitazioni cumulate in 1 ora (in mm) registrate dalla rete dei pluviometri OMIRL tra le 01 e le 02 locali del 10/10.

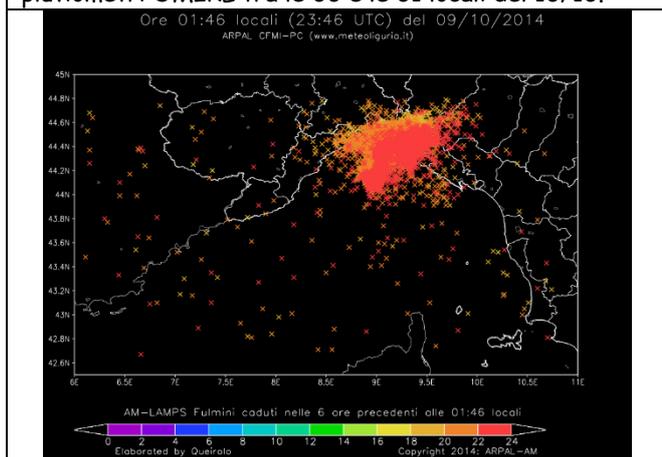


Figura 66 Mappa di fulminazione relativa alle 01:45 locali del 10/10 (dati rilevati dalla rete LAMPS dell'Aeronautica Militare) nella quale sono riportate le fulminazioni delle 6 ore precedenti. Si può osservare l'intensa attività elettrica sul genovesato associata alla struttura temporalesca.

2 Dati Osservati

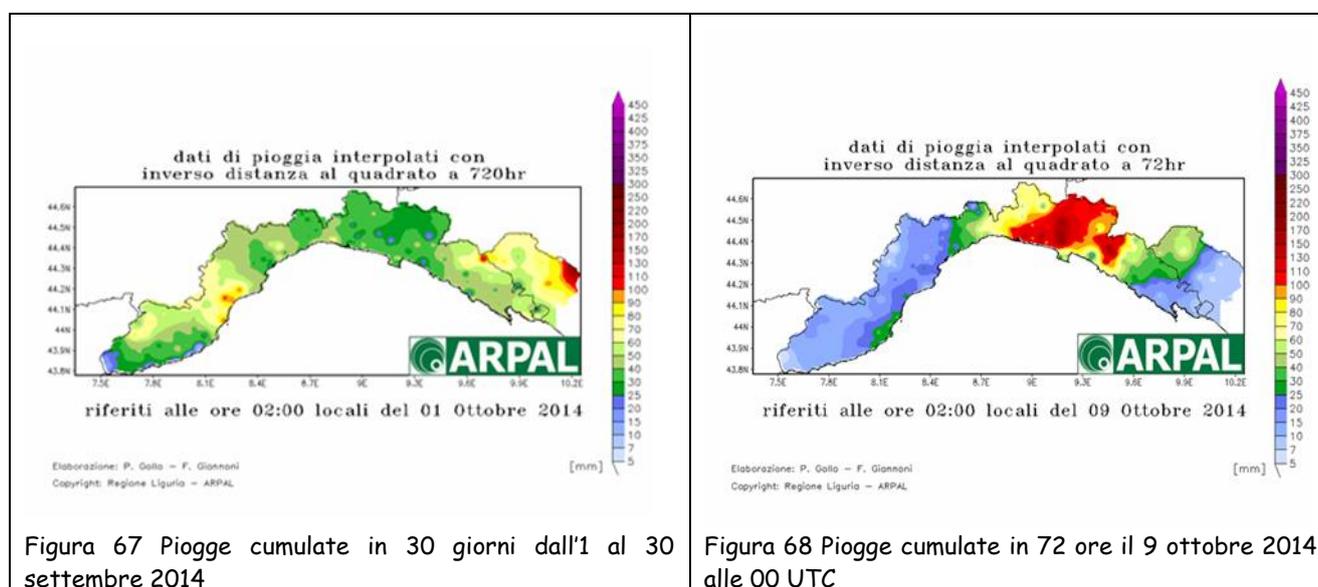
2.1 Analisi Pluviometrica

2.1.1 Piogge antecedenti

Il territorio ligure, nel mese antecedente l'alluvione del 9 ottobre, non è stato interessato da precipitazioni di particolare rilevanza. Si può anzi affermare che settembre 2014 sia stato generalmente un mese più secco della media, con cumulate complessive che solo in pochissimi casi hanno superato, e di poco, i 100 mm. Gli episodi piovosi di settembre sono stati caratterizzati, come spesso accade nella stagione tardo estiva, da piogge di tipo temporalesco, spesso circoscritte ad aree con estensione territoriale limitata.

Il giorno più piovoso del mese è stato il 30, quando piogge più diffuse hanno interessato il ponente della Liguria, con massimo giornaliero di 85,4 mm nell'albenganese, in un quadro di piogge attestatesi in media intorno ai 15-20 mm.

In Figura 67 si riporta la mappa della precipitazione complessiva mensile di settembre sulla regione.



Nella prima settimana di ottobre si sono registrate ancora piogge diffuse il giorno 1, poi tempo più stabile fino al giorno 7, a partire dal quale le condizioni meteo sulla regione hanno avuto un graduale e deciso peggioramento, durato nel complesso circa una settimana.

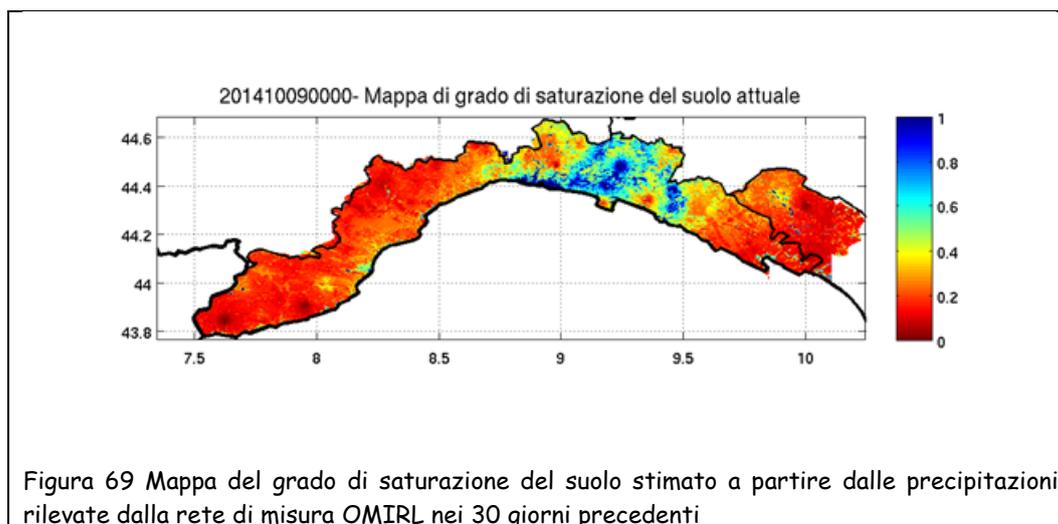
Nella Tabella 1 si riportano i massimi valori giornalieri delle precipitazioni osservate nei giorni 6, 7 ed 8 ottobre su una selezione significativa delle stazioni pluviometriche liguri mentre in Figura 69 si può osservare la distribuzione sul territorio ligure delle piogge cumulate nei tre giorni sopra indicati.

| Zona Allerta | Stazione | Bacino | 06/10/2014 | 07/10/2014 | 08/10/2014 |
|--------------|-----------------|------------------------|------------|------------|------------|
| E | Barbagelata | Trebbia | 3.2 | 87.6 | 199 |
| E | Torriglia | Scivia | 0 | 55.2 | 114.2 |
| C | Ognio | Entella | 4.2 | 73.6 | 105.4 |
| B | Colonia Arnaldi | fra Bisagno ed Entella | 2.6 | 88.6 | 103.4 |

| | | | | | |
|---|-------------------|------------------------|-----|-------|------|
| C | Sella Giassina | Entella | 5.6 | 70 | 98.2 |
| B | Genova - S.Ilario | fra Bisagno ed Entella | 6.4 | 103.6 | 93 |
| C | Reppia | Entella | 0 | 89.4 | 82.6 |
| E | Cabanne | Aveto | 3.8 | 57.8 | 82.4 |
| C | Statale | Entella | 0 | 77.6 | 76 |
| B | Genova - Gavette | Bisagno | 0 | 68 | 75.8 |
| B | Genova - Geirato | Bisagno | 2.6 | 53.8 | 72.8 |

Tabella 1 Valori massimi di precipitazione giornaliera registrati nei giorni 6, 7 e 8 ottobre su una selezione di stazioni pluviometriche liguri significative

Anche a seguito di tali piogge, le prime di una certa consistenza dopo un mese di settembre poco piovoso, lo stato di bagnamento del suolo si è mantenuto in condizioni generalmente secche, ad eccezione di quelle aree sulle quali la pioggia dei giorni 7-8 aveva contribuito ad aumentare il grado di saturazione fino a raggiungere condizioni di imbibimento medio (sul levante genovese, nei comuni del Golfo Paradiso, oltre che nelle valli interne di Fontanabuona, Graveglia e Trebbia). In Figura 69 si riporta la distribuzione del grado di saturazione θ , stimato alle ore 00 UTC del giorno 9 ottobre.



2.1.2 Le piogge del 9 ottobre: analisi dei dati puntuali

Come descritto in maniera molto dettagliata nei paragrafi precedenti (Paragrafo 1.2) nelle prime ore del 9 ottobre ha preso forma sul mare prospiciente la città di Genova un sistema temporalesco che ha assunto caratteristiche di stazionarietà a causa di una linea di convergenza tra il vento da Sud-Est, in risalita dal Tirreno, a levante e quello da Nord che scavalcava l'Appennino alle spalle di Genova.

La struttura, temporalesca, ha interessato nella mattinata il territorio genovese, spostandosi dalla Val Polcevera verso levante con piogge di forte intensità. Le precipitazioni hanno provocato locali allagamenti nelle strade e moderati innalzamenti del livello nei corsi d'acqua.

Per tutta la mattinata, fino alle ore 12 circa, la struttura ha mantenuto caratteristiche auto-rigeneranti ed è rimasta attiva investendo, sulla costa, l'area compresa tra il centro di Genova, il Golfo Paradiso ed i relativi entroterra.

Dopo le 12 il sistema si è spostato più decisamente verso levante oltrepassando il promontorio di Portofino ed insistendo, a causa di una nuova condizione di equilibrio tra i venti, sul Golfo del Tigullio fino all'altezza di Chiavari, mentre sono cessate le piogge sul genovesato.

Intorno alle 17 il sistema ha iniziato ad indebolirsi e, per quasi tre ore, le piogge sul territorio regionale sono risultate scarse o al più deboli.

Intorno alle ore 20 si è formato un nuovo sistema temporalesco, il cui fulcro si è posizionato questa volta nell'entroterra genovese. Una nuova fase piovosa ha insistito quindi sulle medesime aree interessate dalle piogge della mattinata, e per circa 90 minuti le intensità hanno raggiunto valori elevatissimi, giungendo al parossismo tra le 22.10 e le 23.10, quando è stato osservato il massimo valore cumulato orario che ha raggiunto i 141.2 mm al pluviometro di Genova - Geirato.

Le piogge cadute in serata hanno provocato dapprima l'esondazione del rio Carpi, nell'abitato di Montoggio (Valle Scrivia) e poi quella del Bisagno, a Genova.

Nelle figure seguenti, dalla Figura 70 alla Figura 94, sono riportati gli ietogrammi più significativi, a scansione oraria, per il periodo dal 7 al 9 ottobre compresi.

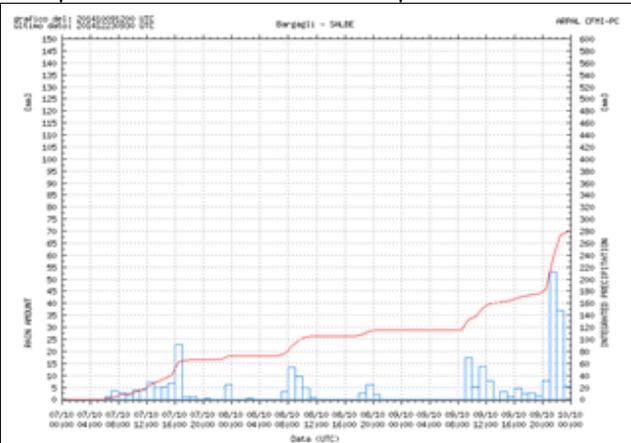


Figura 70 Bacino t. Bisagno - stazione S. Alberto di Bargagli
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

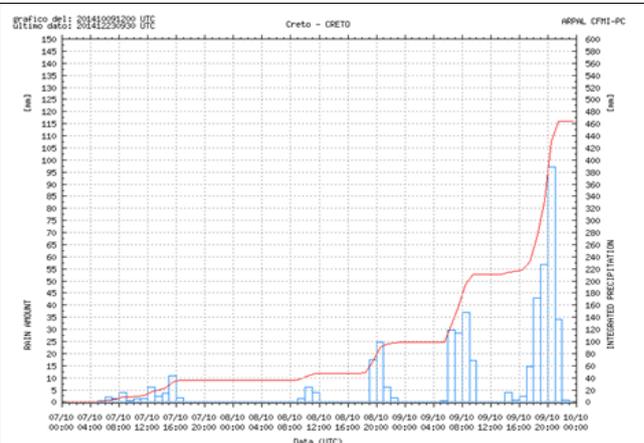


Figura 71 Bacino t. Bisagno - stazione Creto
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

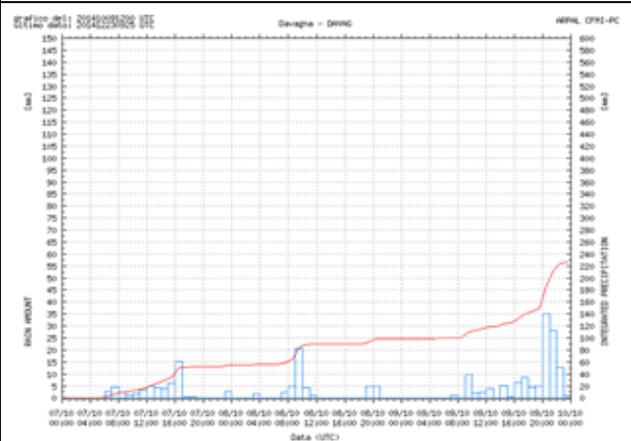


Figura 72 Bacino t. Bisagno - stazione Davagna
INTENSITA': (mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h) molto elevata

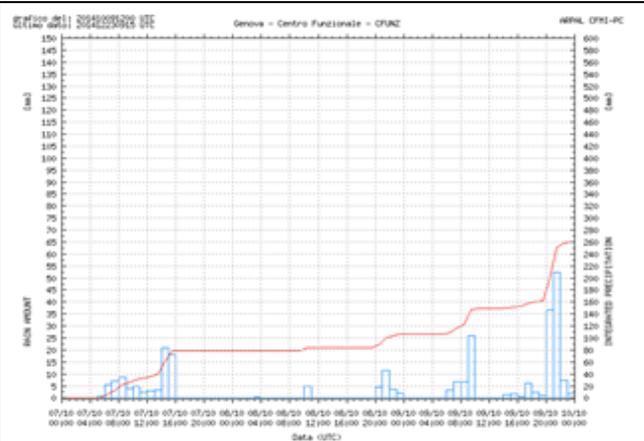


Figura 73 Bacino t. Bisagno - stazione Genova Centro Funzionale
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

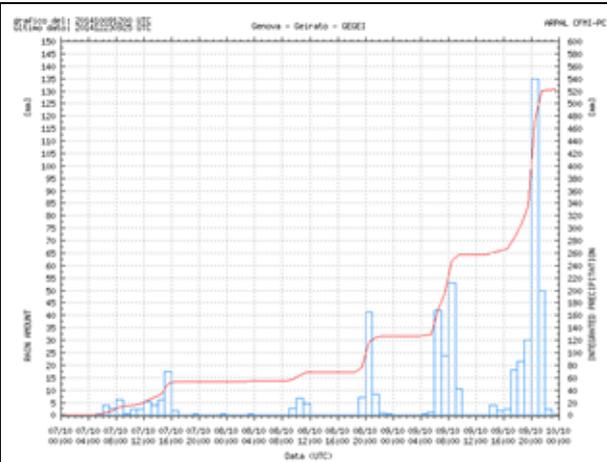


Figura 74 Bacino t. Bisagno - stazione Genova Geirato
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

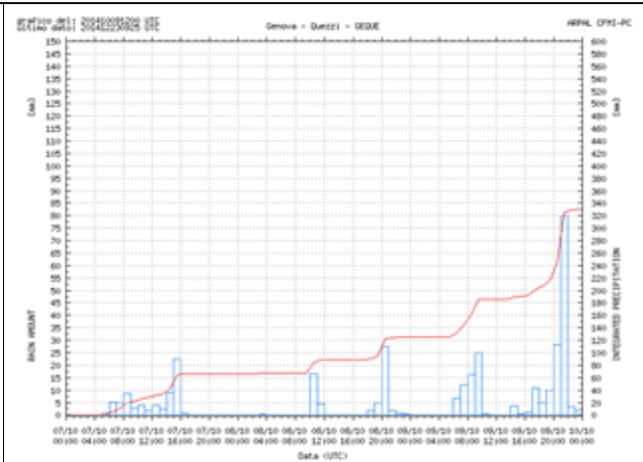


Figura 75 Bacino t. Bisagno - stazione Genova Quezzi
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

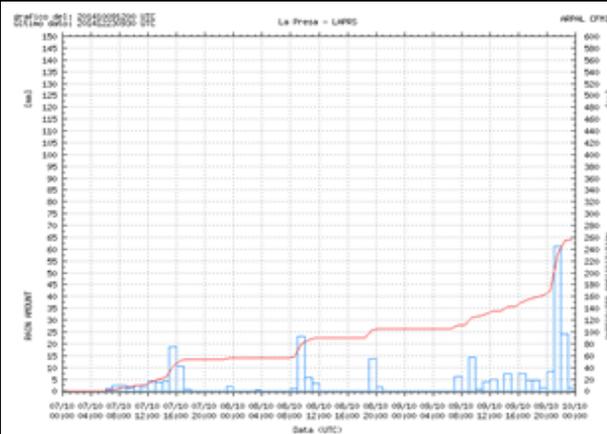


Figura 76 Bacino t. Bisagno - stazione La Presa
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

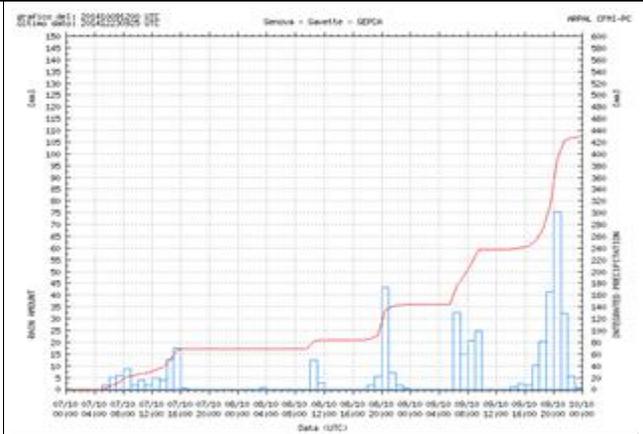


Figura 77 Bacino t. Bisagno - stazione Genova Pontecarrega
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

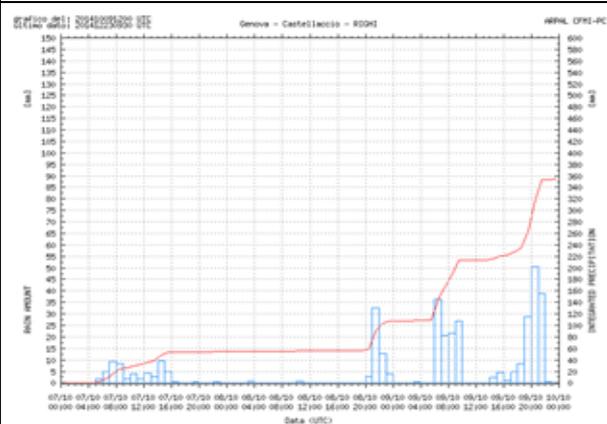


Figura 78 Bacino t. Bisagno - stazione Genova Castellaccio
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

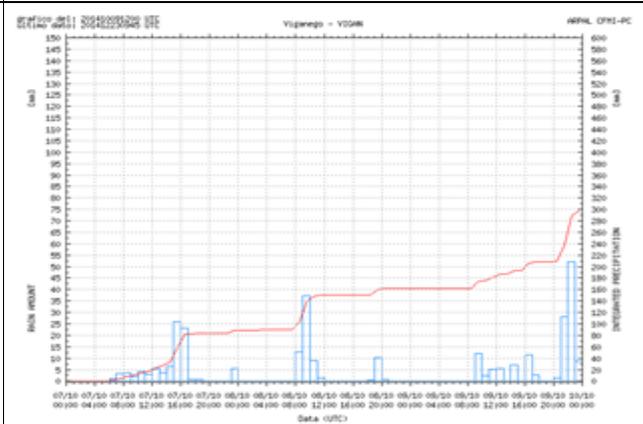


Figura 79 Bacino t. Bisagno - stazione Viganego
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h) molto elevata

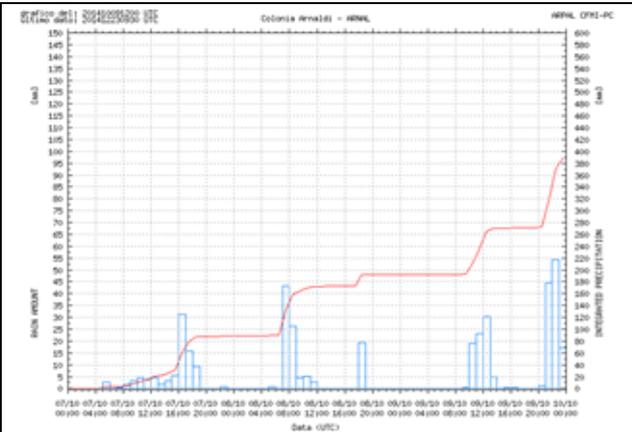


Figura 80 Bacini levante genovese (Recco) - stazione Colonia Arnaldi
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

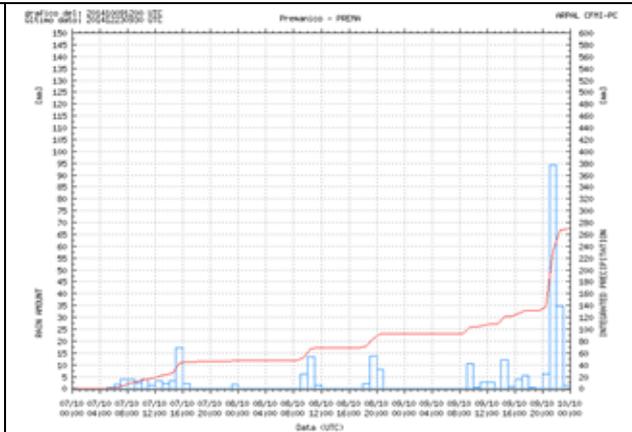


Figura 81 Bacini levante genovese (Sturla) - stazione Premanico
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

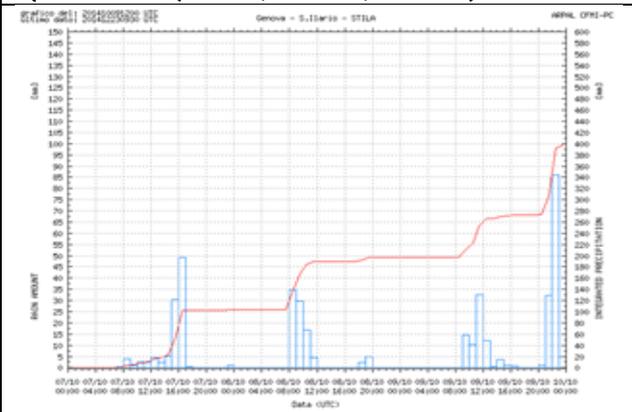


Figura 82 Bacini levante genovese - stazione Sant'Ilario
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

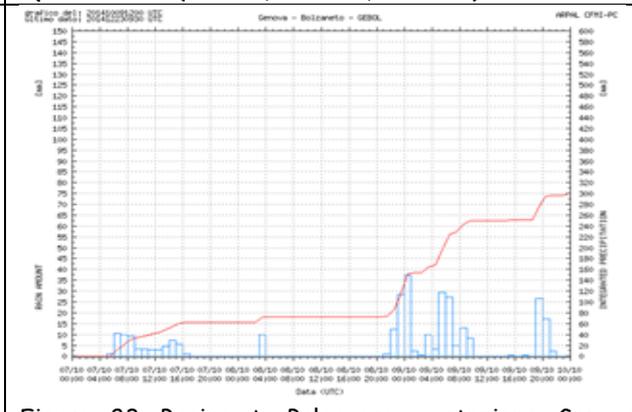


Figura 83 Bacino t. Polcevera - stazione Genova Bolzaneto
INTENSITA': (mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

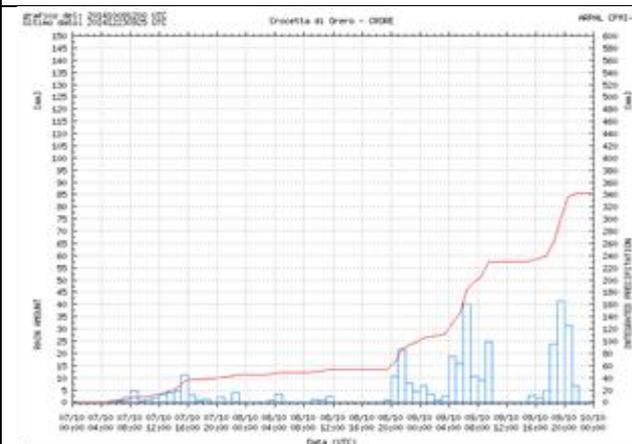


Figura 84 Bacino t. Polcevera - stazione Crocetta d'Orero
INTENSITA': (mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata



Figura 85 Bacino t. Polcevera - stazione Vicomorasso (ripristinata il 9 mattina dopo alcuni giorni di malfunzionamento)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

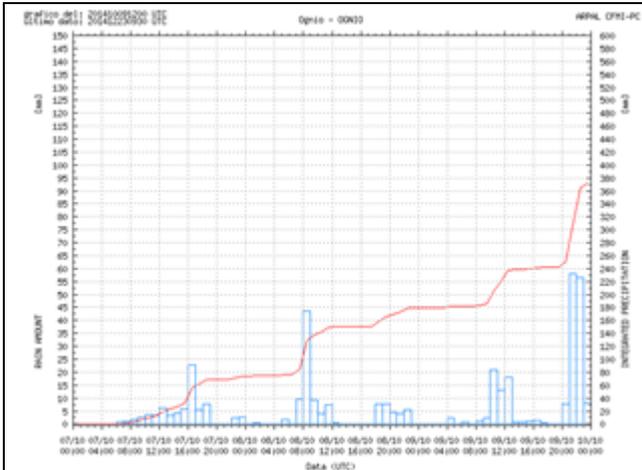


Figura 86 Bacino t. Entella (Lavagna) - stazione Ognio
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

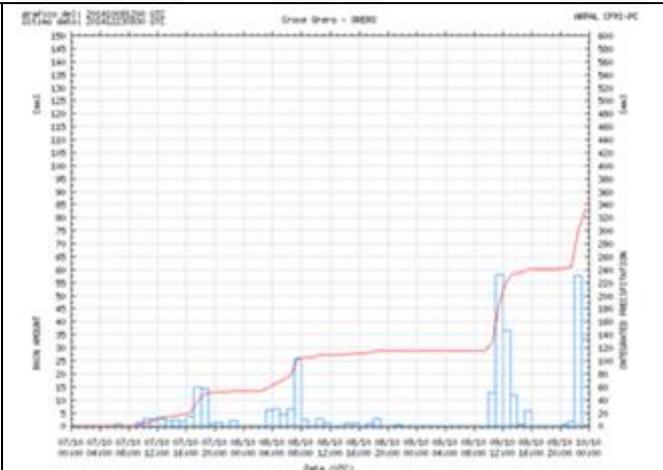


Figura 87 Bacino t. Entella (Lavagna) - stazione Croce di Orero
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

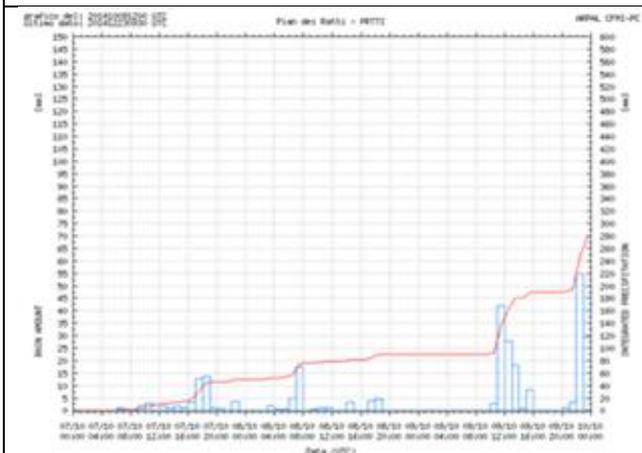


Figura 88 Bacino t. Entella (Lavagna) - stazione Pian dei Ratti
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

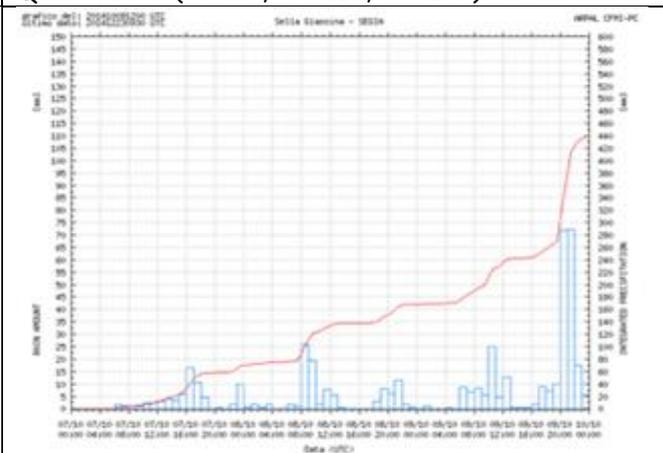


Figura 89 Bacino t. Entella (Lavagna) - stazione Sella Giassina
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

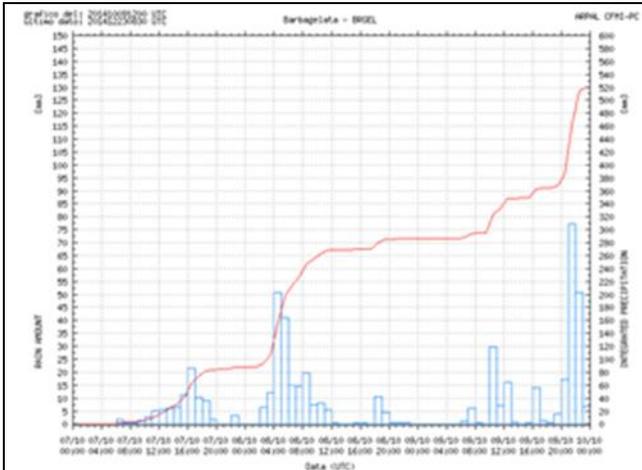


Figura 90 Bacini f. Trebbia/Aveto/Scriveria - stazione
 Barbagelata
 INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

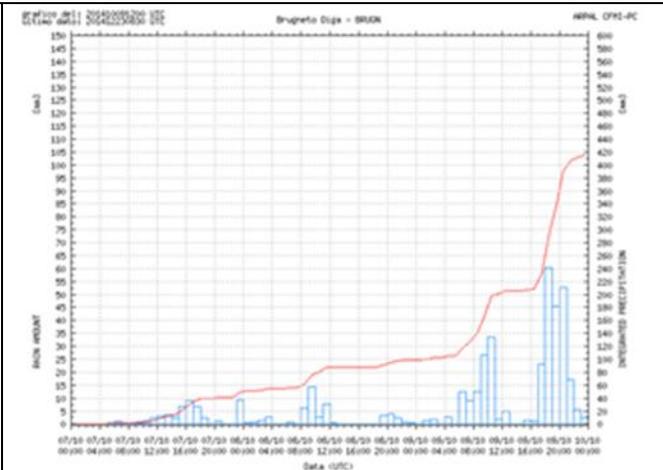


Figura 91 Bacini f. Trebbia/Aveto/Scriveria - stazione
 Brugnato Diga
 INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

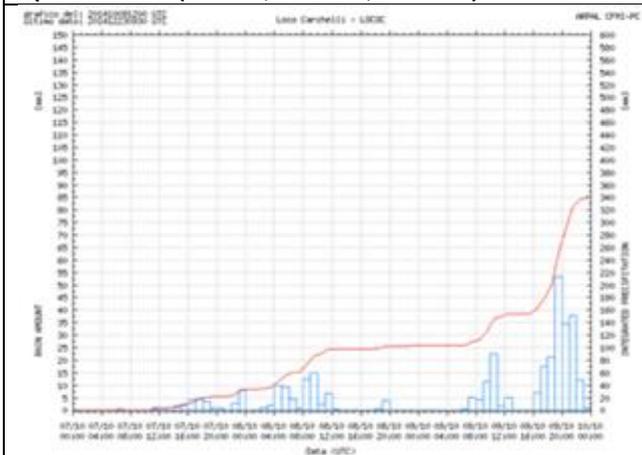


Figura 92 Bacini f. Trebbia/Aveto/Scriveria - stazione
 Loco Carchelli
 INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

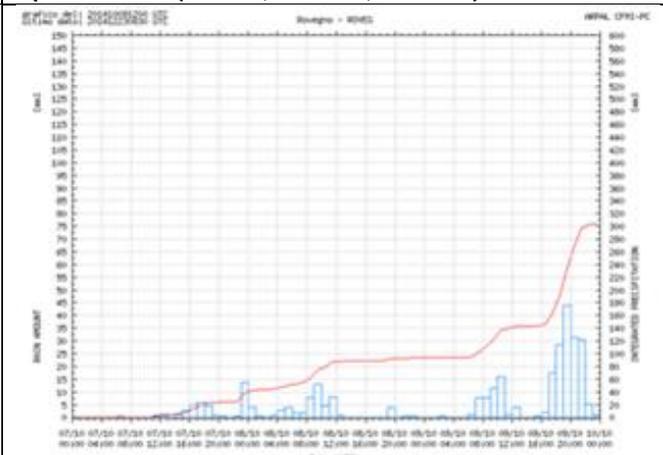


Figura 93 Bacini f. Trebbia/Aveto/Scriveria - stazione
 Rovigno
 INTENSITA': (mm/3h) molto forte
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

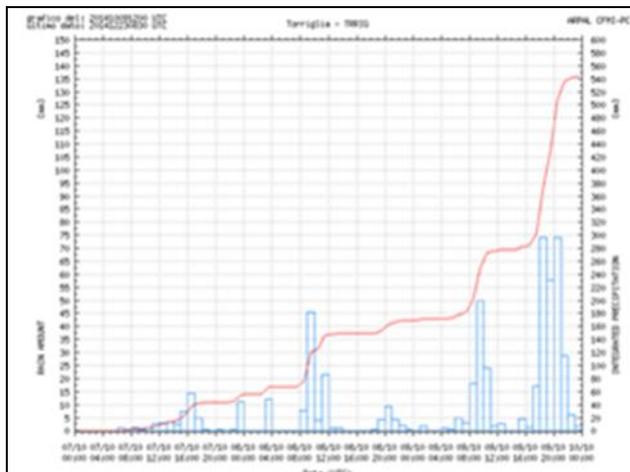


Figura 94 Bacini f. Trebbia/Aveto/Scriveria - stazione Torriglia
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevata

Dopo la mezzanotte il sistema temporalesco (analogamente a quanto accaduto nella mattinata) ha traslato verso levante dove è rimasto attivo ancora per poche ore, per poi dissolversi.

Nella Tabella 2 si riportano i massimi valori orari e sub-orari registrati ai principali pluviometri nella giornata del 9 ottobre 2014. Il massimo sulle 24 ore corrisponde alla pioggia totale cumulata nel medesimo giorno.

| Stazione [Area di allertamento] | (mm/10 min) | (mm/30 min) | (mm/01 h) | (mm/3 h) | (mm/06 h) | (mm/12 h) | (mm/24 h) |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Genova Geirato [B] | 29.4 | 81.0 | 141.2 | 226.2 | 256.8 | 264.8 | 396.6 |
| Torriglia [E] | 19.8 | 51.0 | 88.4 | 212.2 | 257.4 | 307.8 | 374.2 |
| Creto | 22.2 | 59.4 | 103.2 | 212.0 | 247.6 | 253.8 | 368.2 |
| Brugneto Diga [E] | 20.6 | 48.8 | 72.8 | 165.6 | 204.2 | 254.2 | 315.8 |
| Genova Gavette [B] | 21.4 | 56.6 | 84.8 | 160.8 | 185.8 | 192.0 | 285.2 |
| Genova Castellaccio [B] | 22.4 | 40.6 | 66.8 | 118.6 | 132.6 | 141.8 | 273.4 |
| Vicomorasso [B] ² | 30.0 | 72.0 | 111.6 | 230.2 | 263.2 | 272.0 | 272.0 |
| Crocetta di Orero [B] | 18.8 | 37.0 | 49.0 | 100.0 | 118.8 | 144.4 | 271.8 |
| Sella Giassina [C] | 20.8 | 51.0 | 94.8 | 164.2 | 190.4 | 216.4 | 269.6 |
| Loco Carchelli [E] | 16.8 | 35.4 | 56.0 | 132.4 | 178.8 | 204.0 | 235.8 |
| Barbagelata [E] | 23.2 | 65.4 | 101.8 | 147.6 | 156.2 | 203.8 | 234.2 |
| Croce di Orero [C] | 19.0 | 40.4 | 69.6 | 119.0 | 125.6 | 187.4 | 219.2 |
| Rovegno [E] | 13.8 | 29.4 | 48.0 | 118.0 | 157.2 | 175.0 | 210.4 |

² La stazione di Vicomorasso presenta dati incompleti (in particolare il dato delle 24 ore) in quanto ripristinata il 9 mattina dopo alcuni giorni di malfunzionamento.

| | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Genova Quezzi [B] | 22.4 | 56.2 | 91.2 | 119.6 | 137.4 | 144.2 | 204.8 |
| Genova Sant'Ilario [B] | 27.4 | 60.6 | 93.8 | 123.4 | 124.8 | 171.0 | 200.4 |

Tabella 2 Massimi valori di precipitazione per durate sub-orarie, orarie e superiori all'ora, registrati ai principali pluviometri nella giornata del 9 ottobre 2014. Il massimo sulle 24 ore corrisponde alla pioggia totale cumulata tra le 00 e le 24 UTC del 9 ottobre.

Si tratta pertanto di un evento nel quale, sui numerosi punti monitorati da pluviometri situati sulla zona investita, le precipitazioni cumulate sono state MOLTO ELEVATE e la relativa intensità è stata MOLTO FORTE.

2.1.3 Analisi dei dati a scala areale

Considerando come riferimento l'intera Liguria, l'alluvione del 9 ottobre 2014 è stata il frutto di un evento precipitativo piuttosto localizzato nello spazio. L'impronta al suolo delle piogge copre infatti una porzione limitata di territorio.

In questo tipo di eventi gli effetti al suolo possono essere catastrofici in un bacino idrografico mentre i bacini limitrofi sono investiti marginalmente o addirittura non interessati da alcuna precipitazione.

Nell'analisi delle piogge areali del 9 ottobre, sono 9 i bacini che nel loro complesso hanno avuto una precipitazione media superiore ai 100 mm. Tutti sono localizzati nell'area centrale o nel medio levante della regione. Nella Tabella 3 sono riportati i valori di precipitazione areale più significativi, a scala di bacino.

| Bacino idrografico | Area [km ²] ³ | (mm/01 h) | (mm/03 h) | (mm/06 h) | (mm/12 h) | (mm/24 h) |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Trebbia al confine regionale | 142 | 36 | 102 | 161 | 186 | 243 |
| Bisagno alla foce | 103 | 43 | 103 | 139 | 160 | 218 |
| Recco alla foce | 26 | 39 | 92 | 100 | 135 | 174 |
| Scivia a Mereta | 294 | 24 | 60 | 84 | 93 | 163 |
| Polcevera alla foce | 148 | 26 | 56 | 67 | 78 | 149 |
| Boate alla foce | 29 | 27 | 64 | 78 | 109 | 133 |
| Entella a Panesi | 371 | 23 | 55 | 65 | 99 | 126 |
| Aveto al confine regionale | 162 | 22 | 49 | 65 | 95 | 124 |
| Varenna alla foce | 26 | 12 | 32 | 48 | 65 | 87 |

Tabella 3 Valori di precipitazioni media areale a scala di bacino (massimo per diverse durate) su alcuni dei bacini più significativi dell'area colpita dall'evento.

I valori riportati sono stati ottenuti attraverso la spazializzazione dei dati puntuali osservati ai pluviometri della rete regionale OMIRL. Il metodo di spazializzazione utilizzato è quello dell'inverso del quadrato della distanza, assai noto in letteratura, con raggio di influenza del singolo pluviometro pari a 15 km.

Anche alla scala delle **Zone di allertamento** le piogge hanno mostrato una forte concentrazione in particolare su B ed E, nonché su C, interessata soltanto nella parte più occidentale. I massimi valori medi areali per diverse durate, sempre riferiti al giorno 9 ottobre, sono riportati nella Tabella 4. In ogni casella sono riportati il valore in millimetri e l'istante finale dell'intervallo nel quale tale valore si è verificato, in ora locale:

³ Il valore dell'area dei bacini indicato in tabella proviene dall'analisi di un Digital Elevation Model a risoluzione non molto spinta (250 metri): possono quindi esserci scostamenti anche significativi con i valori comunemente pubblicati sugli Annali Idrologici

| Zona | Area [km ²] | (mm/01 h) | (mm/03 h) | (mm/06 h) | (mm/12 h) | (mm/24 h) |
|------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A | 1686 | 0 - | 0 - | 0 - | 0 - | 0 - |
| B | 793 | 12 09/10/2014 21:00 | 31 09/10/2014 22:00 | 43 10/10/2014 00:00 | 50 10/10/2014 00:00 | 83 10/10/2014 00:00 |
| C | 1460 | 7 09/10/2014 23:00 | 17 10/10/2014 00:00 | 20 10/10/2014 00:00 | 32 10/10/2014 00:00 | 41 10/10/2014 00:00 |
| D | 859 | 0 - | 1 09/10/2014 06:00 | 1 09/10/2014 09:00 | 1 09/10/2014 12:00 | 1 10/10/2014 00:00 |
| E | 616 | 23 09/10/2014 21:00 | 59 09/10/2014 21:00 | 94 09/10/2014 23:00 | 114 10/10/2014 00:00 | 174 10/10/2014 00:00 |

Tabella 4 Massimi valori areali della cumulata di pioggia registrata per diverse durate sulle zone di allertamento tra le 00 UTC del 09/10/2014 e le 00 UTC del 10/10/2014

A conferma della limitata estensione della pioggia, nella Figura 95 si riporta l'impronta al suolo della pioggia cumulata del giorno 9 ottobre 2014.

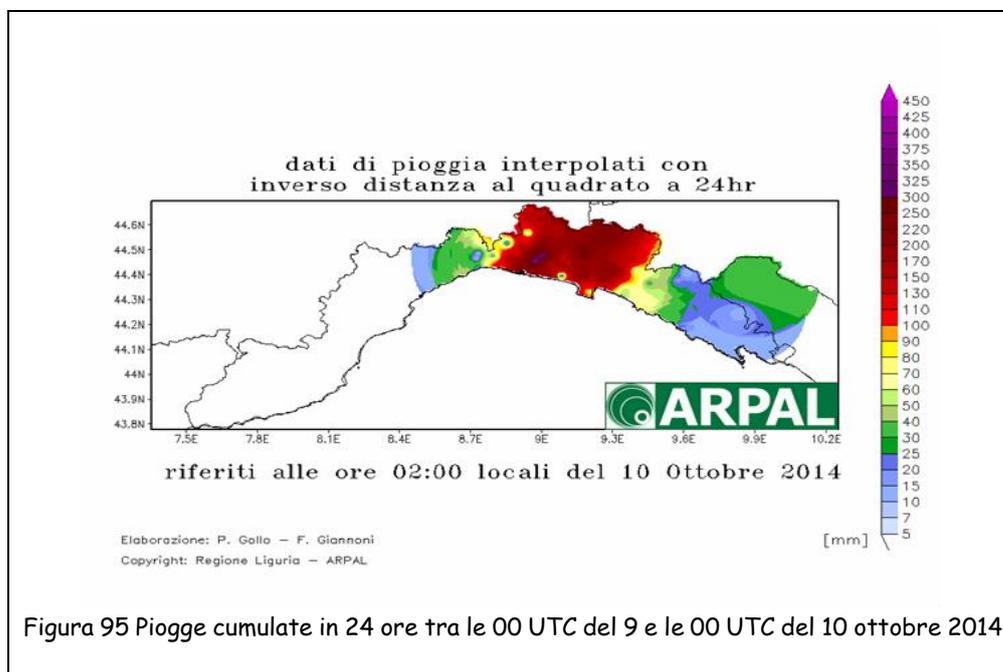


Figura 95 Piogge cumulate in 24 ore tra le 00 UTC del 9 e le 00 UTC del 10 ottobre 2014

2.2 Analisi idrometrica e delle portate

Le forti precipitazioni hanno prodotto una generale risposta dei corsi d'acqua interessati dalla pioggia, con innalzamenti significativi di tutti i torrenti compresi tra il Polcevera e l'Entella sulla costa, nonché di Scrivia, Trebbia ed Aveto nell'entroterra. Naturalmente gli effetti sono risultati diversi da bacino a bacino e, all'interno di uno stesso bacino, le piene hanno interessato in misura maggiore o minore diverse porzioni dello stesso e dei suoi sottobacini.

L'analisi idrometrica pertanto si limita alla pubblicazione ed al commento dei dati osservati alle stazioni di monitoraggio, ubicate su Polcevera, Bisagno, Sturla ed Entella tra i bacini costieri, e su Aveto e Vobbia (tributario dello Scrivia) tra quelli interni. Non sono presenti stazioni idrometriche sui torrenti Nervi, Poggio, Sori, Recco, Boate, Rupinaro e sui rivi minori, né sul Trebbia e su altri tratti dello Scrivia.

Nella Tabella 5 sono riportati i livelli idrometrici massimi rilevati dagli idrometri ricadenti nella porzione di Liguria interessata dall'evento ed il relativo orario di transito del colmo di piena. Si riporta inoltre, nell'ultima colonna, l'incremento rispetto al livello "indisturbato" precedente il passaggio della piena stessa.

Di seguito, gli idrogrammi registrati dalle stazioni di rilevamento nei giorni compresi tra il 7 e il 10 ottobre 2014.

| Bacino e sezione | Livello idrometrico ⁴ massimo osservato [m] | Orario del livello massimo (ora locale) | Incremento di livello massimo osservato [m] |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Polcevera a Pontedecimo | 1.34 | 09.00 del 09/10/2014 | 1.20 |
| Polcevera a Genova Rivarolo | 2.35 | 23.15 del 09/10/2014 | 1.60 |
| Bisagno a Passerella Firpo | 5.60 | 23.45 del 09/10/2014 | 4.80 |
| Fereggiano a Genova (Largo Merlo) | 1.96 | 23.45 del 09/10/2014 | 1.75 |
| Geirato a Genova Molassana | 2.68 | 23.00 del 09/10/2014 | 2.50 |
| Bisagno a Genova Molassana | 3.04 | 00.45 del 10/10/2014 | 2.70 |
| Bisagno a La Presa | 3.30 | 01.00 del 10/10/2014 | 2.40 |
| Sturla a Genova Sturla | 0.83 | 00.30 del 10/10/2014 | 0.80 |
| Lavagna a Carasco | 6.92 | 03.15 del 10/10/2014 | 5.50 |
| Entella a Panesi | 4.68 | 03.15 del 10/10/2014 | 5.30 |
| Vobbia a Vobbietta | 3.29 | 18.00 del 10/10/2014 | 2.30 |
| Aveto a Cabanne | 2.86 | 01.50 del 10/10/2014 | 2.90 |

Tabella 5 Livelli idrometrici registrati agli idrometri di una selezione significativa dei più importanti corsi d'acqua monitorati

Osservando con attenzione i valori misurati dagli idrometri posizionati nel bacino idrografico del Bisagno, si evidenzia come la piena si sia sviluppata nella parte medio-bassa: infatti il colmo della piena (quella che ha provocato l'inondazione del centro città) è transitato alle 23.00 sul Geirato ed alle 23.45 sia sul Fereggiano che a Passerella Firpo, mentre nella parte alta del bacino i massimi valori di livello sono stati misurati più tardi, e l'entità della portata ad essi associata non ha provocato ulteriori criticità a valle.

Va ancora sottolineato che l'esondazione del Bisagno è iniziata intorno alle 23.15, cioè circa 30 minuti prima del manifestarsi della massima portata prodotta dall'evento.

⁴ Il livello idrometrico è un valore convenzionale che può assumere valori negativi; pertanto assume maggior significato il valore dell'incremento di livello osservato (rispetto ad una quota standard definita "zero idrometrico")

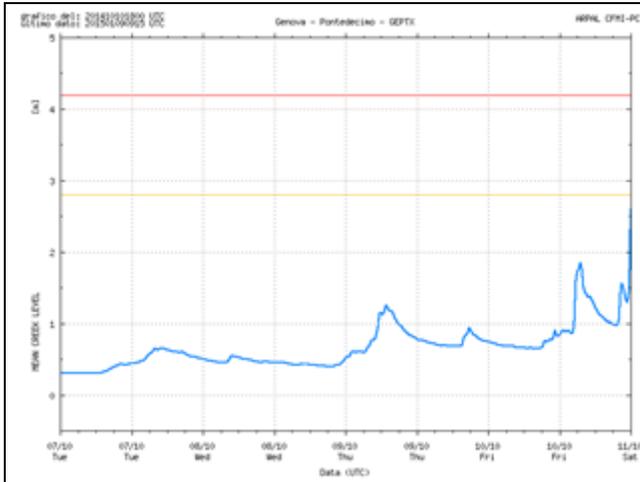


Figura 96 Polcevera a Genova Pontedecimo

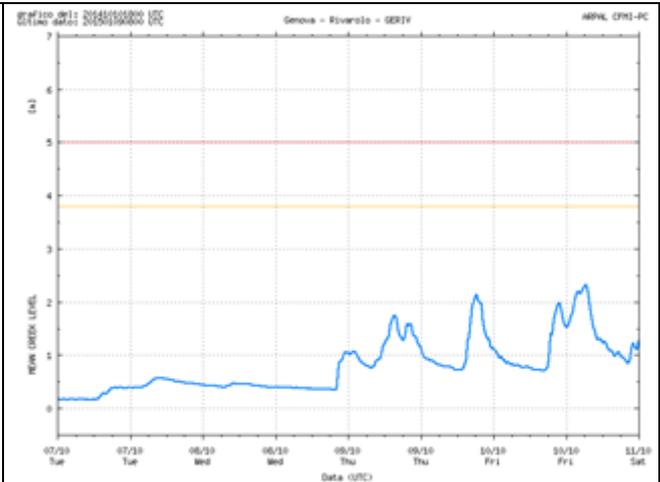


Figura 97 Polcevera a Genova Rivarolo

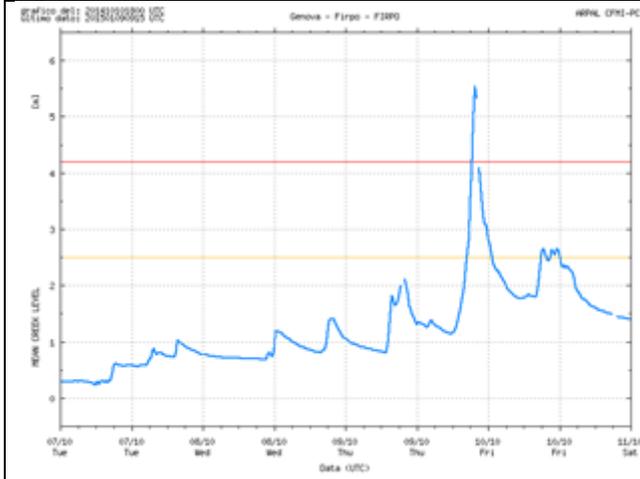


Figura 98 Bisagno a Passerella Firpo

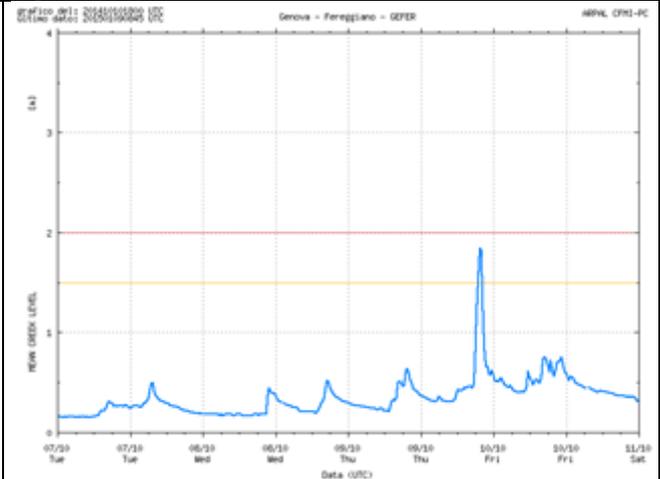


Figura 99 Fereggiano a Genova Largo Merlo

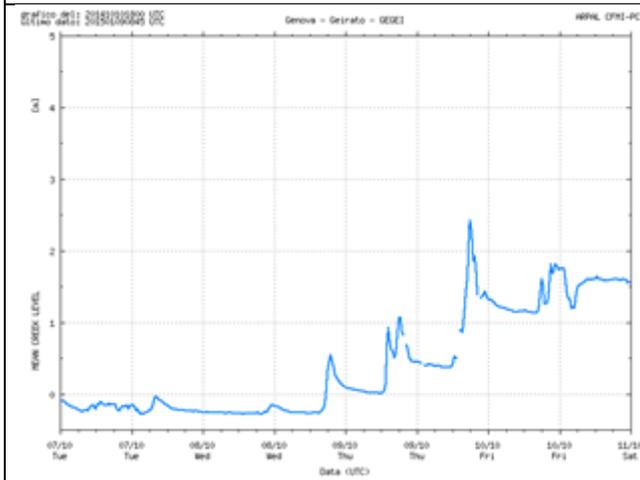


Figura 100 Geirato a Genova Molassana

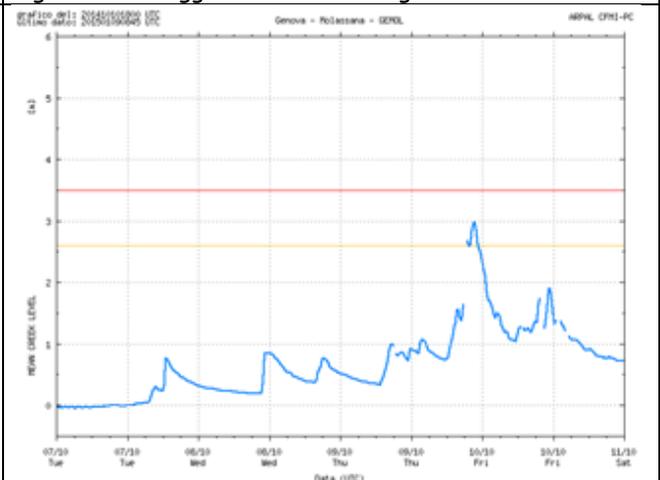


Figura 101 Bisagno a Genova Molassana

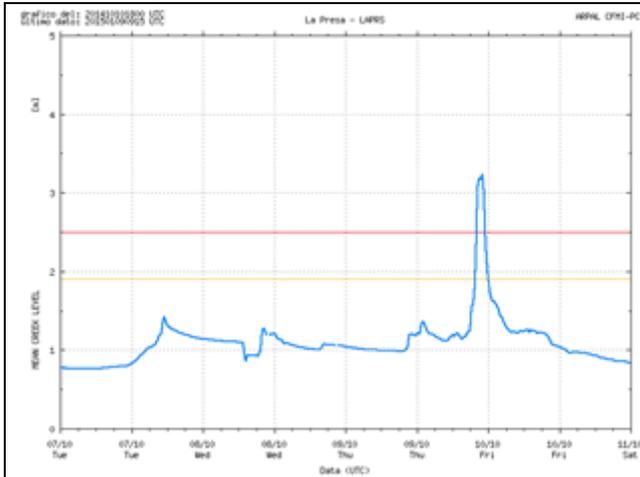


Figura 102 Bisagno a La Presa

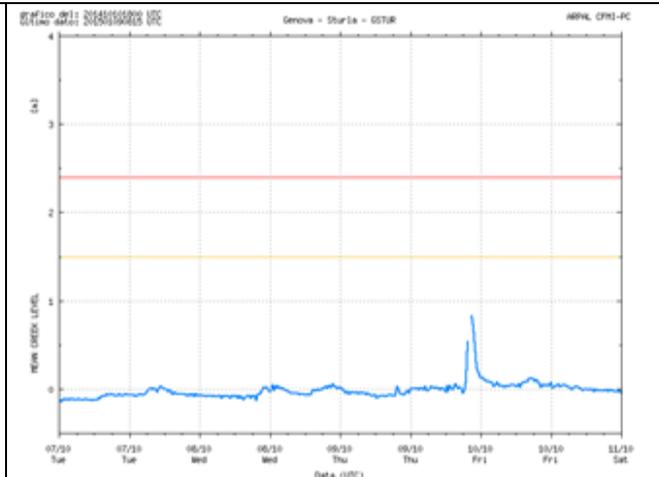


Figura 103 Sturla a Genova Sturla

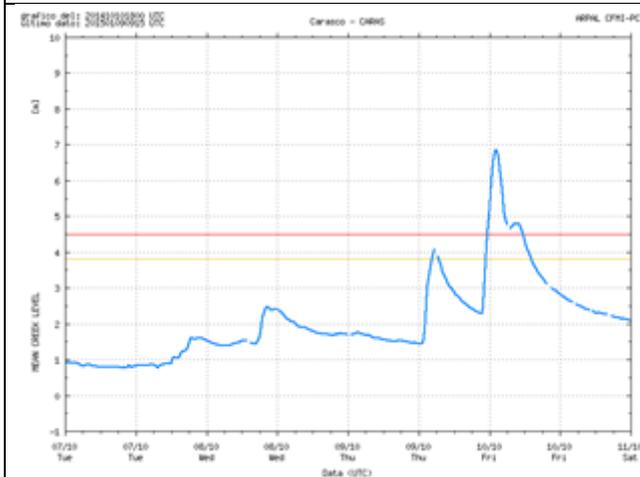


Figura 104 Lavagna a Carasco

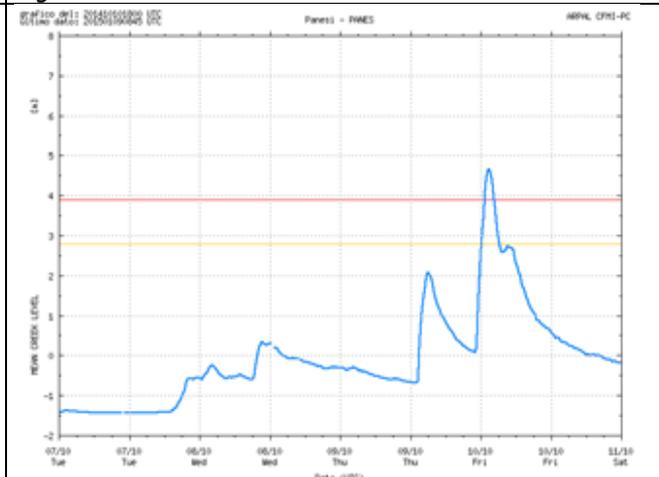


Figura 105 Entella a Panesi

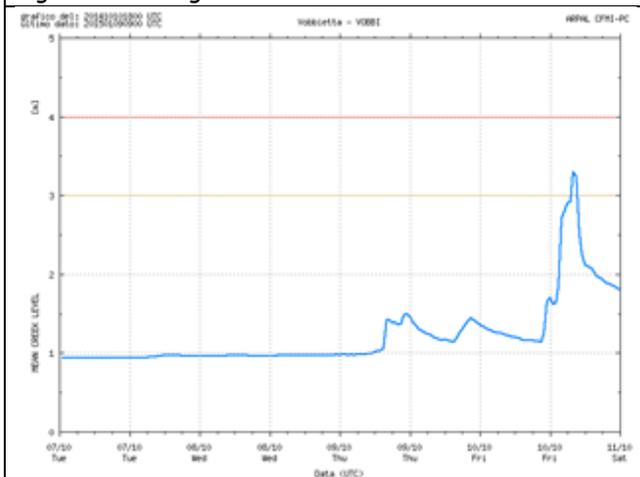


Figura 106 Vobbia a Vobbietta

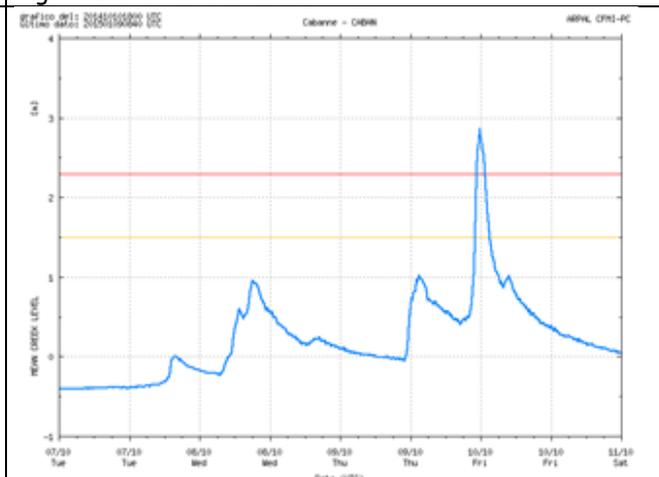


Figura 107 Aveto a Cabanne

Dall'analisi degli idrogrammi scaturiscono una serie di considerazioni.

La prima è che, a seguito delle 3 giornate consecutive di pioggia (7, 8, 9 ottobre) la condizione di bagnamento del territorio, via via crescente, ha portato alla ovvia diminuzione della capacità di assorbimento dell'acqua piovana da parte dei versanti.

Le piogge del giorno 7 ottobre (comprese tra circa 50 ed oltre 100 mm in alcune zone) hanno provocato infatti nei corsi d'acqua principali innalzamenti del livello impercettibili o molto modesti, essendo state assorbite in buona percentuale dai versanti.

Il giorno successivo (con piogge cumulate leggermente superiori a quelle del 7, comprese quindi tra i 60 ed i 120 mm circa (con qualche eccezione nei bacini dell'entroterra: alto Scrivia, Trebbia, Aveto dove sono state superiori) alcuni corsi d'acqua hanno iniziato a mostrare contenuti innalzamenti del livello, dovuti alla minore quantità di acqua trattenuta dai versanti per infiltrazione/evapotraspirazione e quindi ad una maggiore portata in alveo.

La nuova acqua accumulata nel terreno ha portato ad una ulteriore diminuzione della capacità di infiltrazione il giorno 9.

La **seconda** considerazione riguarda la quantità di pioggia caduta il giorno 9 ottobre, ma soprattutto le caratteristiche della pioggia. Si è trattato infatti di un fenomeno temporalesco con spiccate caratteristiche di stazionarietà; fino al tardo pomeriggio il territorio, pur "provato" dalla terza giornata consecutiva di pioggia con cumulate elevate, non ha dato particolari segnali di sofferenza. La mattina del 9 alcuni allagamenti sulle strade della Val Polcevera e della Val Bisagno sono stati dovuti essenzialmente all'insufficienza delle reti di smaltimento dell'acqua piovana e limitati ai sottopassi stradali o alle aree depresse. Il tutto ha portato a locali criticità sui piccoli rivi e smottamenti superficiali, "tipici" degli episodi temporaleschi più intensi.

Alla sera invece, dopo alcune ore di pausa, si è assistito ad **una seconda fase**, nel corso della quale l'intensità della pioggia è **triplicata** rispetto alla mattina (dai 20-60 mm/h si è passati infatti ai 50-140 mm/h).

Le piogge della sera, pur generate nello stesso contesto generale (rimasto peraltro invariato fino al 13 ottobre), hanno presentato per pochissime ore connotati di intensità localmente davvero straordinaria; i bacini investiti da piogge di tale violenza sono sempre destinati a subire fortissime criticità. In questo caso l'"epicentro" degli scrosci ha interessato dapprima l'abitato di Montoggio e poi una porzione del Bisagno, **limitata alla parte occidentale media e bassa del bacino, fino al Geirato compreso**.

Le parti orientale e di monte del bacino idrografico hanno contribuito molto meno alla formazione della piena.

Gli idrogrammi rendono evidente il carattere "impulsivo" della piena sul Bisagno sul quale, nonostante si consideri comunemente un tempo di corrivazione superiore alle 3 ore, il tempo di risposta è stato questa volta dell'ordine dei **75-90 minuti**, tipico di un bacino esteso per meno della metà.

Come di consueto, la piena del Bisagno non è stata contenuta nella parte terminale dell'alveo, caratterizzata dalla copertura che inizia con il sottopasso ferroviario e termina a mare.

Le acque del torrente in piena, fuoriuscite intorno alle 23.15 all'altezza del Ponte di S. Agata (Ponte Castelfidardo) dapprima in sponda destra (Borgo Incrociati) e poco dopo in sponda sinistra, hanno quindi oltrepassato il rilevato ferroviario attraverso i sottopassi pedonali e carrabili di Borgo Incrociati, Via Canevari, Via Archimede e Corso Torino. Il centro della città, dalla zona di Brignole, è stato invaso dall'acqua e dal materiale trasportato. L'inondazione ha interessato gran parte del quartiere della Foce con tiranti massimi dell'ordine di 2-3 metri nelle parti più depresse a piano strada, e con tiranti evidentemente maggiori nei cortili e nei locali interrati o seminterrati. Il culmine della piena è transitato all'idrometro di Passerella Firpo (posizionato 500 metri a monte dell'imbocco della copertura) intorno alle 23.45, ed il livello presso tale stazione di rilevamento si è mantenuto al di sopra della soglia di esondazione per circa un'ora. Per tutto questo tempo il volume d'acqua defluente eccedente la capacità di smaltimento della copertura stessa ha trovato sfogo all'esterno dell'alveo.

Un ulteriore contributo all'inondazione del centro città, oltre che a quella dell'area di Via Fereggiano, Corso Sardegna, bassa San Fruttuoso e Corso Torino, è stato dato dall'esondazione del rio Fereggiano; il rio, pur apportando un volume complessivo di acqua decisamente inferiore rispetto all'alluvione del 4 novembre 2011, è infatti nuovamente esondato in corrispondenza dell'imbocco della tombinatura terminale. L'esondazione del Fereggiano si è prodotta questa volta mentre era già in atto quella del Bisagno, iniziata intorno alle 23.15. Dal punto di imbocco della copertura terminale del Fereggiano, la portata eccedente la capacità di smaltimento della galleria è defluita lungo Via Fereggiano, Piazza Galileo Ferraris e Corso Sardegna, mescolandosi con quella del Bisagno (che già aveva prodotto l'inondazione delle aree) e contribuendo ad aumentare i tiranti idrici nella zona orientale della Foce (Corso Torino, Via Casaregis, Via Invrea, Corso Buenos Aires, Piazza Paolo da Novi).

L'inondazione si è estesa, a levante, fino a Piazza Tommaseo e Piazza Palermo; a sud l'acqua è arrivata lungo le direttrici di Via Casaregis e Corso Torino, a lambire Piazza Rossetti; a ponente l'acqua ha raggiunto i limiti della zona inondabile, costituiti da Via Diaz, Via Fiasella, la parte bassa di Via XX Settembre, Via Colombo, Via Galata, Via San Vincenzo e Via Tollot.

Nella Figura 108 si riporta una mappa dell'area inondata, frutto dell'accoppiamento tra il risultato di una modellazione 2D e di misure di tirante effettuate in campo nei giorni immediatamente successivi all'evento. Modellazione e sopralluoghi sono stati effettuati da Fondazione CIMA.

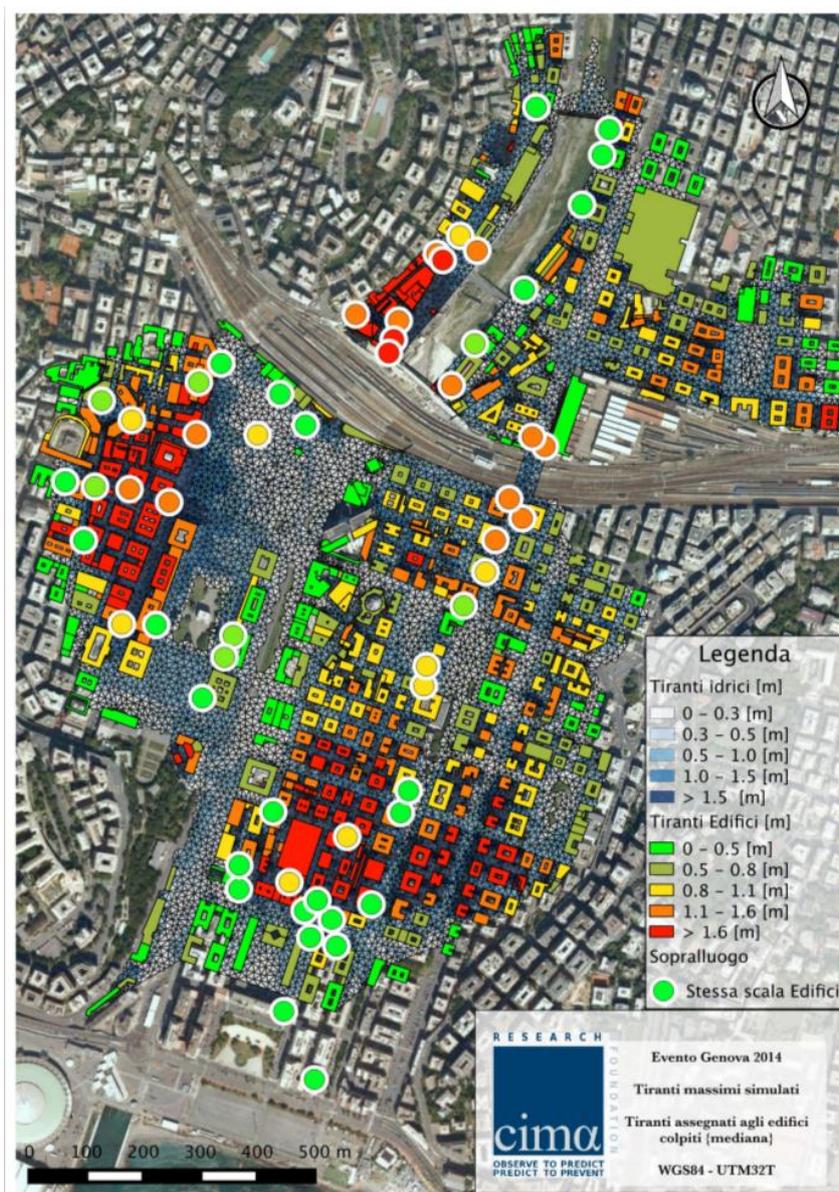


Figura 108 Mappatura dell'area inondata a Genova con misura dei tiranti idrici osservati (elaborazione Fondazione CIMA)

I danni in città sono stati dovuti prevalentemente all'inondazione dei piani terreni o seminterrati (attività commerciali, officine, magazzini), di autorimesse e garages sotterranei anche molto sviluppati nel sottosuolo (come ad esempio quello del complesso di Corte Lambruschini) e, più in generale, all'inondazione dei fondi della maggior parte degli edifici ricadenti nell'area.

Fuori dal centro città, in forte analogia con l'evento dell'8 ottobre 1970, sono stati maggiormente interessati i sottobacini del rio Veilino e del rio Geirato. In quest'ultimo, all'altezza della stazione idrometrica attiva, l'acqua ha depositato materiale (in prevalenza di pezzatura medio-grande) per circa 1,50 metri di spessore. Il fenomeno è molto evidente se si osserva con attenzione la Figura 108.

L'alluvione ha causato una vittima, sorpresa dalle acque fuoriuscite dal Bisagno all'altezza del sottopasso pedonale di Borgo Incrociati.

Poche ore prima dell'esondazione del Bisagno, anche il Comune di Montoggio (media Valle Scrivia, sul versante padano dell'Appennino) era stato interessato da una inondazione dovuta alla fuoriuscita delle acque del rio Carpi, un piccolo affluente dello Scrivia che attraversa il paese.

2.2.1 Confronto con i dati più significativi delle alluvioni del 1970 e del 2011

Si tratta di un evento che, per caratteristiche della pioggia e per tipologia degli effetti al suolo, merita di essere confrontato con gli eventi del 2011 e del 1970.

A livello sinottico, si ricorda che l'evento alluvionale del 9 ottobre 2014, benché inserito in un contesto di spiccata instabilità, non è tuttavia riconducibile al passaggio di una struttura perturbata più ampia (quale un sistema frontale), come invece era accaduto nel 2011, quando il transito di una profonda saccatura portò precipitazioni intense e abbondanti su tutta la regione per circa 6-7 giorni.

Anche nel 1970, complessivamente, l'evento precipitativo interessò un territorio più esteso rispetto al 2014. Una saccatura piuttosto stretta e molto profonda in avvicinamento dall'Atlantico fece risalire dall'Africa centro-settentrionale una notevole massa d'aria caldo-umida sulla nostra regione, portando precipitazioni sul ponente e sul centro della Liguria per una durata complessiva fra le 36 e le 48 ore: oltre al ponente e al levante cittadino furono registrate cumulate elevate (fra i 100 e i 200 mm/24 ore) anche sul savonese e picchi fino a circa 200 mm/24 ore sul bacino dell'Entella.

Occorre ricordare che nel 1970, dopo un settembre particolarmente secco, ci furono oltre 30 ore pressoché consecutive di pioggia, con cumulate molto elevate ed intensità orarie fino a 120 mm/h.

Le piogge iniziarono alle 17 del 7 ottobre e proseguirono fino alle 24 dell'8 ottobre, a partire dal ponente genovese (bacino del Leira) per spostarsi lievemente a levante (bacino del Polcevera) di lì a poco.

Il campo di pioggia assunse una forma allungata in direzione SudOvest-NordEst, molto simile a quella verificatasi nel caso in esame. Anche i valori cumulati sulle durate "classiche" sono simili, almeno fino alla durata di 6 ore.

Nella Tabella 6 si riporta un confronto tra le piogge della durata di 1, 3 e 6 ore per alcune stazioni del comprensorio Polcevera/Bisagno relative agli eventi alluvionali del 1970, del 2011 e del 2014.

| | Max 01h | | | Max 03h | | | Max 06h | | |
|---------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 1970 | 2011 | 2014 | 1970 | 2011 | 2014 | 1970 | 2011 | 2014 |
| Valleregia | 80.0 | 39.8 | 30.2 | 168.0 | 100.8 | 61.0 | 335.0 | 135.4 | 86.4 |
| Vicomorasso | - | 181.0 | 111.6 | - | 336.6 | 230.2 | - | 385.6 | 263.2 |
| Genova Castellaccio | - | 34.2 | 66.8 | - | 51.8 | 118.6 | - | 74.6 | 132.6 |
| Genova Pontecarrega | 89.0 | 124.2 | 84.8 | 139.0 | 230.4 | 160.8 | 171.8 | 277.6 | 185.8 |
| Creto | - | 71.8 | 103.2 | - | 182.2 | 212.0 | - | 240.6 | 247.6 |
| Viganego | 24.8 | 36.2 | 70.0 | 31.4 | 75.0 | 90.0 | 40.4 | 117.4 | 93.0 |

Tabella 6 Valori massimi di pioggia per diverse durate osservati su alcune stazioni significative negli eventi alluvionali del 1970, 2011 e 2014

Dall'analisi dei dati e delle mappe pubblicate sull'Annale Idrologico Parte II del 1970 si evince come la distribuzione della pioggia nei tre eventi indicati presenti molte similarità ma anche differenze.

Nel 1970 la "linea" di massima precipitazione era traslata verso ponente di qualche km (si vedano i valori su Valleregia, tra 2 e 3 volte maggiori nel 1970 rispetto al 2011 e al 2014): infatti il giorno 7 ottobre furono investiti Leira e Polcevera. Tuttavia sia la forma allungata SW-NE sia il rapido decremento delle altezze di pioggia lateralmente all'asse di pioggia massima, risultano identici.

Invece, per ciò che riguarda il Bisagno, gli effetti al suolo dell'alluvione e l'estensione dell'area urbana coinvolta appaiono molto simili. D'altra parte la dinamica dell'esondazione, non essendo variate in modo significativo le condizioni idrauliche, è rimasta identica ed avviene per l'insufficiente capacità di smaltimento della tombinatura terminale al cui interno, quando si ha transizione tra il moto a pelo libero ed il moto in pressione, la velocità dell'acqua subisce un rapido decremento, con conseguente innalzamento del livello a monte dell'imboccatura del sottopasso.

L'innalzamento del livello si evidenzia verso monte fino oltre alla Passerella Firpo, e raggiunge all'incirca l'altezza della confluenza del Fereggiano.

Rispetto al 1970 si sottolinea inoltre che l'inondazione del 2014 ha avuto anche il contributo da parte del Fereggiano, la cui tombinatura terminale è anch'essa andata in pressione con conseguente allagamento di Via Fereggiano e Corso Sardegna. Il contributo del Fereggiano è tuttavia stato inferiore rispetto al 2011.

2.3 Analisi anemometrica

L'evento ha visto la presenza di due differenti regimi anemometrici che hanno dato luogo a condizioni di convergenza di flussi di masse d'aria con caratteristiche diverse: a levante si sono registrati venti da Est o SudEst mentre il centro-ponente è stato interessato da venti settentrionali.

I venti meridionali sono stati più sostenuti con raffiche che puntualmente e per breve tempo hanno raggiunto intensità di burrasca forte, in particolare in presenza di temporali intensi.

Nel complesso l'evento è stato caratterizzato da ventilazione con intensità media fino a moderata, localmente forte, e raffiche fino a forti o di burrasca.

In Tabella 7 si riportano i valori più significativi registrati il 9 ottobre e nelle prime ore del 10:

| Stazione [zona di allertamento] | Vento medio massimo (km/h) | Ora e data (locali) | Direzione prevalente del vento medio massimo | Raffica massima (km/h) (direzione) |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| Marina Loano [A] | 37 | Ore 15:30 del 9/10/2014 | NE | 47 |
| Monte Portofino [B] | 35 | Ore 11:30 del 9/10/2014 | SE | 82 |
| Fontana Fresca [B] | 46 | Ore 11:30 del 9/10/2014 | SSE | 70 |
| Casoni di Suvero [C] | 45 | Ore 18:40 del 9/10/2014 | SE | 66 |
| Framura [C] | 42 | Ore 11:40 e ore 21:30 del 9/10/2014 | ENE | 66 |
| Corniolo [C] | 40 | Ore 11:20 del 9/10/2014 | SE | 57 |
| Corniolo [C] | 30 | Ore 01:30 del 9/10/2014 | SE | 53 |

Tabella 7 Vento medio massimo e raffica massima osservati su alcune stazioni anemometriche significative

2.4 Effetti al suolo e danni rilevanti

L'evento alluvionale della sera del 9 ottobre 2014 ha lasciato il territorio del comune di Genova ed il suo entroterra devastato da danni molto ingenti e dalla perdita di una vita umana.

Già nella mattinata si sono registrati allagamenti sul ponente cittadino, causati dal forte temporale autorigerante che dalle prime ore della giornata ha insistito su Genova per poi spostarsi verso levante, raggiungendo il Tigullio nelle

prime ore del pomeriggio. Le precipitazioni persistenti e forti sul Tigullio hanno portato l'Entella a una piena pomeridiana che non ha dato luogo ad esondazioni ma soltanto a qualche locale allagamento nella parte terminale che non ha provocato danni.

Dopo una tregua di circa 3-4 ore (da metà pomeriggio fino alle ore serali), in seguito alla formazione di una nuova struttura temporalesca nell'entroterra genovese, le precipitazioni hanno ripreso copiose e battenti; tali piogge, di intensità molto forte, hanno portato all'esondazione del rio Carpi a Montoggio.

Il paese è stato fortemente danneggiato non solo dall'esondazione del rio (le acque hanno raggiunto il primo piano delle abitazioni) ma anche da una frana che ha scaricato una grande quantità di materiale nell'abitato, invadendo esercizi commerciali, cantine e piani terra. Tre persone sono rimaste intrappolate in un'auto portata via dalla corrente ed è stato necessario l'intervento dei sommozzatori dei Vigili del Fuoco per il salvataggio. Inoltre il maltempo, associato a forte attività elettrica, ha causato temporanei black-out.

La viabilità è stata localmente interrotta e numerose strade hanno subito danni anche consistenti per smottamenti e frane, non solo nel territorio comunale di Montoggio, ma anche a Torriglia, Casella e nel resto della valle Scrivia, dove l'omonimo corso d'acqua ha raggiunto livelli di guardia.

La struttura temporalesca si è quindi estesa verso costa interessando il centro cittadino, ed in particolare la val Bisagno, con precipitazioni molto forti e persistenti che hanno portato all'esondazione del torrente Bisagno e dei rii Fereggiano, Sturla e Vernazza.

Il Bisagno è esondato a Borgo Incrociati e le acque ed il fango hanno invaso la zona di Brignole, il quadrilatero (parte bassa di Via XX Settembre e le vie adiacenti) e il quartiere della Foce. Contemporaneamente c'è stata l'esondazione del Fereggiano e successivamente del Vernazza e dello Sturla. I danni nelle zone interessate sono stati decisamente ingenti, in particolare nella val Bisagno: un numero molto elevato di esercizi commerciali è stato danneggiato anche in maniera grave, centinaia di macchine sono state distrutte o rese inservibili dalla piena o dagli allagamenti dei parcheggi/box sotto il piano strada. Si sono inoltre registrati danni e allagamenti ai piani terra o rialzati delle abitazioni nonché a strutture pubbliche (ASL, ecc.) poste ai piani terra delle zone alluvionate.

In tarda sera è stata la piena del Bisagno a Borgo Incrociati a causare la morte di una persona che si trovava nelle vicinanze del corso d'acqua.

A Sturla, la piena del rio Vernazza ha riaperto in via Pontetti una voragine (come già nel 2011) che ha inghiottito alcune macchine.

In val Bisagno i quartieri di Molassana e Staglieno hanno registrato esondazioni di piccoli rii che hanno provocato disagi e allagamenti nel corso della serata. Anche nella parte bassa di S. Fruttuoso la piena del Bisagno ha portato ingenti danni agli esercizi commerciali, in particolare a quelli ubicati sotto il piano strada.

A Nervi l'omonimo corso d'acqua ha raggiunto il livello di guardia e si sono osservate esondazioni localizzate che hanno portato ad allagamenti di cantine e piani terra.

Anche a Genova le numerose fulminazioni associate al temporale hanno portato ad un black out elettrico che in alcune zone si è protratto per qualche ora.

3 Conclusioni

L'evento meteorologico che ha interessato il settore centrale della regione, ed in particolare il capoluogo genovese e il suo entroterra nella giornata del 9 ottobre, è riconducibile al verificarsi di una convergenza locale fra flussi con caratteristiche e temperature diverse (meridionali caldo-umidi a levante, settentrionali continentali sul centro-ponente) in condizioni di spiccata instabilità.

In tale configurazione meteorologica sul mar Ligure si è innescata nelle prime ore della mattina una prima struttura temporalesca che ha fatto registrare precipitazioni forti, localmente molto forti sul capoluogo fino a metà giornata. La struttura si è poi spostata verso il levante andando a esaurirsi nel primo pomeriggio dopo avere insistito ancora sul Tigullio. In questa prima fase si sono registrati allagamenti nel capoluogo genovese, in particolare a ponente, e l'Entella nel pomeriggio ha toccato il livello di guardia.

Si è quindi osservata una tregua di qualche ora per il dissolvimento della struttura temporalesca nel corso del pomeriggio.

In serata, ancora con flussi convergenti, un nuovo sistema temporalesco si è originato nell'entroterra genovese (zona fra Torriglia e Montoggio) e si è allungato verso la costa interessando la città: le precipitazioni hanno assunto carattere di stazionarietà e sono state decisamente più intense di quelle del mattino.

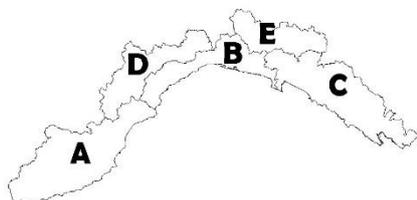
Le precipitazioni più copiose sono state osservate sul bacino del Bisagno, in particolare nella parte destra idrografica e limitatamente alla porzione medio-bassa del bacino, in straordinaria analogia con quanto accaduto l'8 Ottobre 1970. Nei momenti più critici sono stati misurati valori estremi di intensità di precipitazione, con massimo osservato al pluviometro di Genova Geirato pari a 141.2 mm/ora.

L'intensità e la persistenza delle piogge ha portato all'esondazione del torrente Bisagno e dei rii Fereggiano, Sturla e Vernazza, nonché a numerosi allagamenti e frane o smottamenti; il forte maltempo ha provocato una vittima per l'esondazione del Bisagno e ingenti danni sul territorio genovese.

I venti hanno raggiunto intensità medie moderate, localmente forti con raffiche fino a burrasca.

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