

a cura della Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione

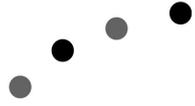
Rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000



Analisi meteoidrologica

Indice

Rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000.....	1
Indice	2
Indice delle figure	3
Indice delle tabelle.....	8
Principali terminologie	10
Premessa	13
Introduzione	14
Analisi meteorologica	16
Mercoledì 11 Ottobre	16
Giovedì 12 Ottobre	17
Venerdì 13 Ottobre.....	20
Sabato 14 Ottobre	23
Domenica 15 Ottobre.....	27
Lunedì 16 Ottobre.....	30
Considerazioni generali sull'evento	32
Analisi pluviometrica.....	34
Introduzione.....	34
Piogge medie areali	35
Piogge puntuali.....	40
Analisi statistica	47
Piogge medie areali.....	47
Piogge puntuali	50
Confronto delle misure pluviometriche registrate in siti limitrofi in valle Orco	55
Analisi idrometrica	58
Introduzione.....	58
L'evento di piena lungo la rete idrografica principale.....	59
Analisi statistica delle portate al colmo di piena	68
Volumi di piena e coefficienti di deflusso.....	71
Confronto con eventi precedenti.....	74
Meteorologia.....	74
Pluviometria	77
Idrometria	86
Attività di previsione e monitoraggio.....	90
Attività operative della Sala Situazione Rischi Naturali	90
Andamento previsioni.....	94



Previsioni dei modelli numerici.....	94
Circolazione generale.....	94
Precipitazioni.....	96
Previsioni di precipitazione sulle zone del sistema di allertamento regionale.....	100
Confronto con i modelli meteorologici.....	108

Indice delle figure

Figura 1. Altezza di geopotenziale a 500 hPa, 11 Ottobre 2000 ore 12 UTC.....	16
Figura 2. Analisi dei fronti e della pressione al suolo elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK).	17
Figura 3. Vento a 500 hPa, 12 Ottobre 2000 ore 12 UTC.....	18
Figura 4. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 12:30 UTC del 12 Ottobre 2000.....	19
Figura 5. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 12 Ottobre alle 00 UTC del 13 Ottobre 2000.....	19
Figura 6. Altezza di geopotenziale a 500, 700, 850 e 925 hPa alle ore 12 UTC del 13 Ottobre 2000.....	20
Figura 7. Pressione al livello del mare, ore 6 UTC del 13 Ottobre 2000.	21
Figura 8. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00 e 12:30 UTC del 13 Ottobre 2000.....	21
Figura 9 Radiosondaggio registrato a Milano Linate il 13 Ottobre 2000 ore 00 UTC.....	22
Figura 10. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 13 Ottobre 2000.....	22
Figura 11. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 13 Ottobre 2000 alle 00 UTC del 14 Ottobre 2000.....	23
Figura 12. Altezza di geopotenziale a 500, 700, 850 e 925 hPa alle 12 UTC del 14 Ottobre.....	23
Figura 13. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00 e 12:30 UTC del 14 Ottobre 2000.....	24
Figura 14. Evoluzione dell'andamento della pressione al livello del mare ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.....	24
Figura 15. Variazione della pressione registrata dalla stazione tra le 21 UTC del 14 Ottobre e le 00 UTC del 15 Ottobre.....	25

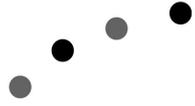


Figura 16: Evoluzione dell'andamento del vento a 925 hPa ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.	25
Figura 17: Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 15 Ottobre alle 00 UTC.	26
Figura 18: Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 00 e le 12 UTC del 15 Ottobre.....	26
Figura 19: Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 12 UTC del 15 Ottobre e le 00 UTC del 16 Ottobre.....	27
Figura 20: Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00, 3:00 e 12:30 UTC del 15 Ottobre 2000.....	27
Figura 21: Analisi dei fronti e della pressione al livello del mare alle ore 00 UTC del 15 Ottobre elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK)	28
Figura 22: Evoluzione di temperatura, umidità relativa e vento ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del 16 Ottobre.....	28
Figura 23: Andamento dell'umidità relativa nel punto di coordinate 45.12° in latitudine e 7.28° in longitudine, tra l'11 ed il 16 Ottobre	29
Figura 24: Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 16 Ottobre alle ore 00 UTC.	29
Figura 25 Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 15 Ottobre.....	30
Figura 26 Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del 16 Ottobre	30
Figura 27: Altezza di geopotenziale a 500 hPa alle 12 Utc del 16 Ottobre.....	31
Figura 28: Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 16 Ottobre alle ore 12 UTC	31
Figura 29: Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 16 Ottobre.....	32
Figura 30 Precipitazioni cumulate in 96 ore da venerdì 13/10 ore 0:00 a Martedì 17/10 ore 0:00 con ubicazione delle stazioni meteopluviometriche regionali.....	35
Figura 31 Aree d'allertamento del territorio regionale	36
Figura 32 Ietogramma di pioggia a diverse aggregazioni temporali per alcune stazioni significative	36

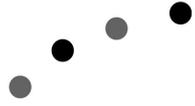


Figura 33 – Ietogrammi di pioggia ragguagliata a diverse aggregazioni temporali per le zone d'allertamento regionale	37
Figura 34 Ietogrammi delle stazioni significative.....	43
Figura 35 Confronto delle altezze di pioggia media areale dell'evento con le curve di possibilit� pluviometrica relative a tempi di ritorno di 5 e 20 anni	48
Figura 36 Confronto delle altezze di pioggia dell'evento con le curve di possibilit� pluviometrica relative a tempi di ritorno di 5, 10, 20 e 50 anni	53
Figura 37 Andamento dei tempi di ritorno relativi alle precipitazioni di 6 e 24 ore	55
Figura 38 Confronto fra le registrazioni pluviometriche in siti limitrofi in valle Orco	56
Figura 39 Rete idrografica con l'ubicazione delle stazioni idrometriche	58
Figura 40 Idrogrammi dei livelli registrati.....	62
Figura 41 La piena del Verbano	65
Figura 42 Traslazione dell'onda di piena lungo il Po	68
Figura 43 Traslazione dell'onda di piena lungo il Tanaro	68
Figura 44 Geopotenziale a 500 hPa all'inizio dell'evento del 1993 (analisi ECMWF del 22/9/1993, ore 00 UTC) e all'inizio dell'evento del 1994 (analisi ECMWF del 4/11/1994, ore 00 UTC)	74
Figura 45 Geopotenziale a 500 hPa all'inizio dell'evento del 2000 (analisi ECMWF del 12/10/2000, ore 00 UTC)	75
Figura 46 Pressione al livello del mare nella fase centrale dell'evento del 1993 (analisi ECMWF del 24/9/1993, ore 00 UTC) e nella fase centrale dell'evento del 1994 (analisi ECMWF del 5/11/1994, ore 00 UTC)	76
Figura 47 Pressione al livello del mare nella fase centrale dell'evento del 2000 (analisi ECMWF del 15/10/2000, ore 00 UTC)	77
Figura 48 Totali pluviometrici negli eventi dell'Ottobre 2000, Settembre 1993 e Novembre 1994.....	78
Figura 49 Differenze tra le cumulate di pioggia dell'evento dell'Ottobre 2000 e degli eventi del Settembre 1993 (A) e del Novembre 1994 (B)	80
Figura 50 Ietogrammi relativi all'evento del Settembre 1993	80
Figura 51 Ietogrammi relativi all'evento del Settembre 1994	82

Figura 52 Distribuzione delle precipitazioni totali degli eventi degli anni 1949, 1951, 1962 e 1977	86
Figura 53 Confronti idrometrici con gli eventi del settembre 1993 e del novembre 1994.....	88
Figura 54 Livelli idrometrici a Torino – Murazzi nell'Ottobre e nel Giugno 2000.....	89
Figura 55 modello ECMWF - confronto tra pressione al suolo prevista, nelle corse dal 12 al 16 Ottobre 2000 alle scadenze +12, +24, +36 e +48 ore, e pressione al suolo osservata nelle analisi relative ai giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000.....	95
Figura 56 Confronto delle precipitazioni cumulate in 24 ore alle h 12 UTC, tra i valori previsti dalle corse del modello ECMWF dal 12 al 15 Ottobre 2000, alle scadenze +24, +36 e +48 ore, per i giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000, ed i valori osservati dalla rete meteopluviometrica regionale nei giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000.....	97
Figura 57 Precipitazioni cumulate in 24 ore, previste dal modello MEPHISTO ad alta risoluzione, nelle corse del 14 e 15 Ottobre 2000 alle scadenze +36 ore, relative alle giornate del 15 e 16 Ottobre 2000.....	98
Figura 58 Precipitazioni cumulate in 24 ore, previste dal modello Lokal Modell, nelle corse del 14 e 15 Ottobre 2000 alle scadenze +36 ore, relative alle giornate del 15 e 16 Ottobre 2000	99
Figura 59 Precipitazione media giornaliera (cumulata in 24 ore, dalle h00 alle h24) osservata e prevista; la previsione è ogni volta quella emessa il giorno precedente con il Bollettino di allertamento: figura A - andamento giornaliero (mm/24h) della media regionale su tutto il Piemonte (è anche riportata la differenza tra valore previsto e valore osservato); figura B - totale cumulato sull'intero evento (dal 12 al 16 Ottobre 2000) sulle singole aree di allertamento	102
Figura 60 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Venerdì 13 Ottobre h 12 UTC a Sabato 14 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice.....	102

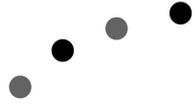


Figura 61 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 00 UTC a Sabato 14 Ottobre h 24 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice 103

Figura 62 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 12 UTC a Domenica 15 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice..... 103

Figura 63 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 12 UTC a Domenica 15 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice 104

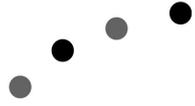
Figura 64 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Domenica 15 Ottobre h 00 UTC a Domenica 15 Ottobre h 24 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice 104

Figura 65 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Domenica 15 Ottobre h 12 UTC a Lunedì 16 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice 105

Figura 66 Precipitazione areale media giornaliera (cumulata in 24 ore, dalle h00 alle h24) osservata e prevista; la previsione è ogni volta quella emessa il giorno precedente con il Bollettino di Allertamento sulle singole aree (previsione quindi emessa alle h 12 UTC, a +12/36 ore); sono anche riportate le rispettive soglie da codice e la differenza tra valore previsto e valore osservato 106

Figura 67 Precipitazione osservata: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 109

Figura 68 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello ECMWF, nelle 4 corse consecutive delle h12 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +24/48 ore, relative alle



giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12

UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12

Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 109

Figura 69 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello Lokal Modell (DWD), nelle 4 corse consecutive delle h12 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +24/48 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000

h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 109

Figura 70 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello LAMI, nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 110

Figura 71 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello LAMBO, nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 111

Figura 72 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello BOLAM (risoluzione 21 km), nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC) 111

Indice delle tabelle

Tabella 1 Valori massimi dell'altezza di pioggia media areale relativa alle zone del sistema di Allertamento Regionale per diverso intervallo di aggregazione	39
Tabella 2: Altezza di pioggia giornaliera registrata nei giorni 13 – 16 Ottobre nelle diverse aree interessate.....	41
Tabella 3 Massime altezze di precipitazione per differenti durate registrata nei giorni 13– 16 Ottobre.	46
Tabella 4 Tempi di ritorno relativi alla precipitazione registrata per differenti durate	51

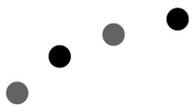
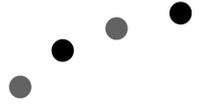


Tabella 5 Risultati prove di taratura.....	56
Tabella 6 Correzione misure pluviometriche per l'evento.....	57
Tabella 7 Dati di sintesi relativi agli idrogrammi più significativi registrati nei giorni 13-16 Ottobre 2000.....	65
Tabella 8 Portate al colmo di piena	69
Tabella 9 Campagna di misura del 15-16 /10/2000 Quadro riassuntivo dei risultati	70
Tabella 10 Volumi affluiti, volumi di piena e coefficienti di deflusso....	72
Tabella 11 Precipitazioni giornaliere e totali sull'evento del 1993 e differenze dall'evento del 2000.....	83
Tabella 12 Precipitazioni giornaliere e totali sull'evento del 1994 e differenze dall'evento del 2000.....	83
Tabella 13 Confronto con le massime intensità di precipitazione degli eventi del Settembre 1993 e del Novembre 1994.....	85
Tabella 14 Confronto con eventi storici	88
Tabella 15 SINTESI DE BOLLETTINI E AGGIORNAMENTI EMESSI DURANTE L'EVENTO DEL 13-16 OTTOBRE 2000.....	93
Tabella 16 Elenco utenti allertamento.....	93
Tabella 17 Confronto fra valori critici e previsioni della precipitazione cumulata sulle 48 ore (mm)	101
Tabella 18 Confronto fra valori critici e previsioni della precipitazione cumulata sulle 24 ore (mm)	101



Principali terminologie

Altezza di geopotenziale. altezza dello strato atmosferico compreso tra il livello del mare ed una determinata superficie isobarica.

Avvezione: si riferisce allo spostamento in senso orizzontale di una grandezza meteorologica: umidità (avvezione umida o secca), temperatura (avvezione calda o fredda), ecc...

Baroclinico e baroclinicità: indica una depressione in cui i minimi ai vari livelli isobarici non sono coassiali e danno alla depressione la tipica configurazione verticale inclinata.

Depressione o area ciclonica o circolazione chiusa depressionaria: area di bassa pressione costituita da isobare chiuse, nella quale i valori della pressione decrescono verso il centro e la circolazione avviene in senso antiorario nel nostro emisfero.

Cutoff: sinonimo di circolazione chiusa depressionaria.

Fronte: zona di transizione tra differenti masse d'aria in cui variano orizzontalmente gli elementi meteorologici (temperatura, vento, umidità).

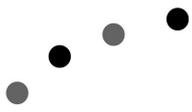
Destabilizzazione: condizione per cui l'atmosfera diventa instabile, ossia i moti verticali delle masse d'aria vengono amplificati per cui un eventuale stato di equilibrio iniziale non può essere mantenuto.

Ensemble Forecast: è una tecnica elaborata dal Centro Europeo di Reading (GB) per predire la probabilità di una situazione meteorologica prevista. Vengono realizzate 50 previsioni aventi condizioni iniziali leggermente diverse ed una minore risoluzione rispetto al modello operativo e si guarda come sono distribuite rispetto alla previsione operativa. Se sono molto simili questo indica una buona affidabilità nella situazione meteorologica prevista a grande scala.

Forzante dinamica: si riferisce ad un fattore dinamico che determina un cambiamento della situazione meteorologica.

hPa: ettoPascal, unità di misura della pressione comunemente usata in meteorologia, equivalente al millibar (unità usata ma non conforme al Sistema Internazionale).

Instabilità convettiva: si riferisce ad una situazione in cui una massa d'aria inizialmente stabile può diventare instabile se sollevata fino al livello di saturazione ed il profilo termico possiede determinate caratteristiche.



Intensità oraria o pioggia oraria: valore di precipitazione misurato in un intervallo temporale di un'ora.

Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica: curva che unisce i punti rappresentativi di valori di pioggia con medesimo tempo di ritorno. Viene rappresentata con linea continua in diagrammi nei quali si riportano in ascissa le durate di precipitazione ed in ordinata i valori di pioggia.

Mesoscala: riguarda i fenomeni meteorologici che si sviluppano con una scala orizzontale compresa tra 10 e 100 km circa.

Pluviogramma: diagramma nel quale si riporta l'andamento della precipitazione. Vi si riconosce un'asse delle ascisse che rappresenta il tempo, un primo asse delle ordinate per le piogge orarie, un secondo asse delle ordinate per le piogge cumulate. Le piogge orarie vengono rappresentate con istogrammi, le piogge cumulate con una linea continua.

Precipitazione cumulata: totale di precipitazione (solitamente segnalato in millimetri) registrato da uno strumento di misura.

Prefrontale: si riferisce alla configurazione delle masse d'aria presenti immediatamente davanti (ossia normalmente ad est) ad un fronte.

Radiosondaggio: consiste nella misura di grandezze aerologiche (pressione, temperatura, umidità e vento) che caratterizzano lo stato dell'atmosfera in un dato luogo ed istante lungo un profilo verticale, attraverso il lancio di una radiosonda.

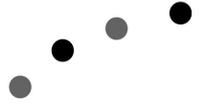
Saccatura: area di bassa pressione costituita da isobare aperte, nella quale i valori della pressione decrescono verso il centro e la circolazione avviene in senso antiorario nel nostro emisfero.

Situazione (o scala) sinottica: riguarda i fenomeni meteorologici la cui scala caratteristica è dell'ordine delle centinaia o migliaia di km.

Shear: variazione del vento con la quota.

Sollevarimento orografico: si riferisce al sollevamento che subiscono le masse d'aria quando fluiscono verso un rilievo, in direzione perpendicolare all'orografia.

Sovrasaturazione: si riferisce alla situazione in cui una massa d'aria ha un contenuto di vapore acqueo superiore al valore massimo possibile ad una determinata temperatura (il cosiddetto punto di saturazione). In condizioni di sovrasaturazione il vapore acqueo in eccesso viene eliminato mediante condensazione (passaggio dallo stato aeriforme



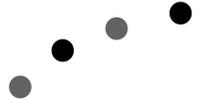
a quello liquido) o sublimazione (passaggio diretto dallo stato aeriforme a quello solido).

Tempo di Ritorno: rappresenta la probabilità di accadimento di un fenomeno: viene espresso in anni e si calcola come inverso della probabilità. Un tempo di ritorno di N anni indica che in un periodo di N anni il fenomeno considerato si può presentare almeno una volta. Il valore non dà alcuna informazione sulla eventuale ciclicità del fenomeno.

Tropopausa: rappresenta lo strato di transizione tra la troposfera e la stratosfera, in cui si verifica un cambiamento della variazione di temperatura con l'altezza. La troposfera è la parte dell'atmosfera compresa tra la superficie terrestre e la quota di 11 km circa, in cui la caratteristica principale è la diminuzione di temperatura con l'altezza (trascurando le inversioni termiche dei bassi strati tipiche dei mesi invernali) mentre nella stratosfera (estesa tra 11 e 50 km) l'andamento della temperatura con la quota è isoterma, in particolare nella bassa stratosfera.

UTC: acronimo di Universal Time Coordinates, sono le coordinate temporali del fuso orario centrato sul meridiano di Greenwich. Coincidono con l'ora GMT (Greenwich Mean Time).

Vorticità ciclonica: indica la rotazionalità (o vorticità) antioraria di una struttura ciclonica (nel nostro emisfero).



Premessa

Nelle giornate tra Venerdì 13 Ottobre e Domenica 15 Ottobre 2000 intense precipitazioni hanno interessato la gran parte della Regione Piemonte, apportando allagamenti, frane, smottamenti ed ingenti danni alle infrastrutture.

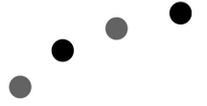
L'area di maggior intensità dell'evento comprende i settori occidentali e settentrionali dall'alto Po al Ticino.

In particolare i bacini più colpiti sono stati:

- Toce (in particolare gli affluenti di destra nella media Valle Ossola Diveria, Bogna, Ovesca ed il fondovalle);
- Sesia;
- Dora Baltea in particolare gli affluenti di destra della Dora Baltea nell'area dal Gran Paradiso in territorio della Valle d'Aosta dalla Val di Rhêmes a Champorcher;
- Orco;
- Stura di Lanzo;
- Dora Riparia (in particolare la media e bassa Valle Chisone);
- Pellice;
- Alto Po.

Su tali aree si è registrata una precipitazione media areale dell'ordine di 400 mm in 60 ore con punte diffuse nelle zone sopra citate di oltre 600 mm.

Con minore intensità (arealmente dell'ordine di 150 - 160 mm), l'evento ha interessato i bacini meridionali dell'Alto Tanaro e della Bormida.



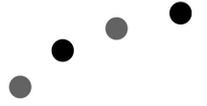
Introduzione

Le intense precipitazioni che hanno interessato il Piemonte occidentale e settentrionale tra Venerdì 13 e Lunedì 16 Ottobre 2000 con valori di assoluta eccezionalità (precipitazioni medie areali dell'ordine di 400 mm in 60 ore, con punte diffuse superiori ai 600 mm), rappresentano il risultato della manifestazione sulla nostra regione delle situazioni meteorologiche più tipicamente sfavorevoli in una tragica combinazione negativa: il presentarsi di una configurazione della circolazione atmosferica a grande scala tipica di precipitazioni diffuse, intense e persistenti, il forte apporto di umidità nell'atmosfera legato alle condizioni tipiche stagionali, le correnti meridionali nei bassi strati che hanno determinato il carattere piovoso della precipitazioni sino alle quote più elevate, la presenza di strutture convettive isolate, il sollevamento orografico che distribuisce ed intensifica le piogge sui settori alpini e prealpini.

La possibilità di prevedere la formazione di tali condizioni in anticipo, nella loro generalità, ed in corso di evento nell'evoluzione a scala locale alle scadenze più ravvicinate, ha permesso di fornire un pre-allertamento delle strutture di prevenzione e Protezione Civile, nonché la successiva informazione necessaria alla gestione dell'evento coordinando in funzione della progressione del fenomeno gli interventi più adeguati.

Nei capitoli successivi si riporta l'analisi meteorologica, pluviometrica ed idrologica dell'evento, sulla base dei dati acquisiti ed elaborati dal Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio, si evidenziano le caratteristiche di peculiarità e d'eccezionalità, sulla base dei confronti con gli eventi del passato, e si descrive, l'attività operativa di previsione e monitoraggio (anche comparativamente) svolta presso la Sala Situazione Rischi Naturali.

Inoltre sono esposti i processi e gli effetti causati dall'evento entro il territorio colpito. I fenomeni più ricorrenti e distruttivi sono legati alle dinamiche fluviali e torrentizie che hanno provocato ingenti danni alla viabilità, agli edifici e ai terreni agricoli. In alcuni casi, le acque defluite hanno interessato totalmente la sezione compresa tra i fianchi vallivi, ad esempio lungo il Torrente Orco, a monte dell'abitato di Cuornè. Molti degli attraversamenti che uniscono le sponde sono stati completamente abbattuti dalla violenza della piena.



In genere quasi tutti i corsi d'acqua hanno interessato spazi e sezioni che, per cause antropiche o naturali, erano stati limitati o ristretti, riconfermando in più punti gli effetti provocati dai recenti eventi alluvionali del Settembre 1993 e del Novembre 1994.

I fenomeni franosi a carico della coltre superficiale sono stati a scarsa diffusione areale e, comunque, poco numerosi; tale elemento deve essere messo in relazione con le intensità orarie delle precipitazioni, che non hanno superato, in generale, le soglie necessarie per l'innescio.

Per contro, le precipitazioni cumulate hanno causato la mobilitazione di alcuni movimenti franosi più profondi (ad esempio il versante sinistro della Valle Anzasca in prossimità dell'abitato di Ceppo Morelli) determinando situazioni di rischio per la pubblica incolumità tuttora da approfondire.

Analisi meteorologica

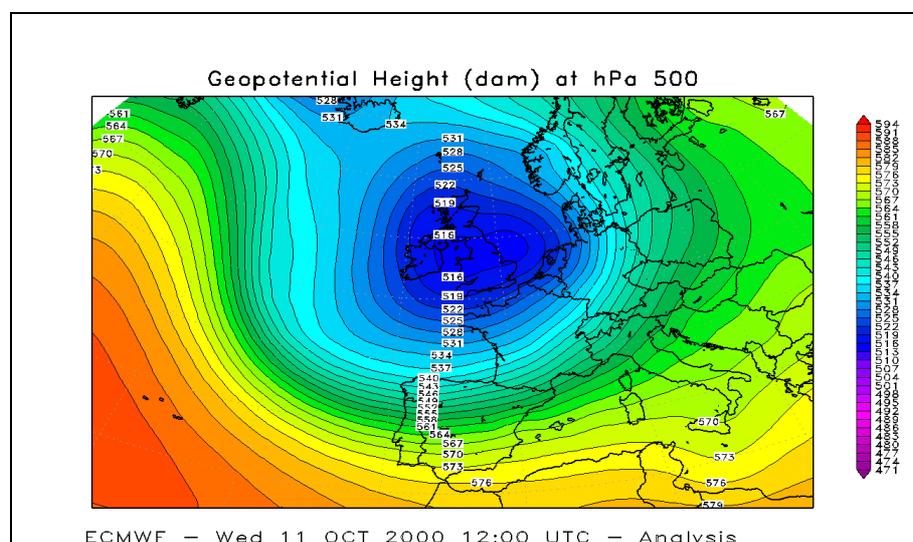
Si riporta nel seguito l'analisi della situazione meteorologica che ha determinato le precipitazioni intense del periodo 13-16 Ottobre 2000.

Per comprendere in modo esauriente la dinamica dell'evento ed i fattori che hanno determinato l'intensità dei fenomeni, occorre analizzare la configurazione meteorologica a partire da alcuni giorni antecedenti l'evento, ed in particolare da Mercoledì 11 Ottobre 2000.

Mercoledì 11 Ottobre

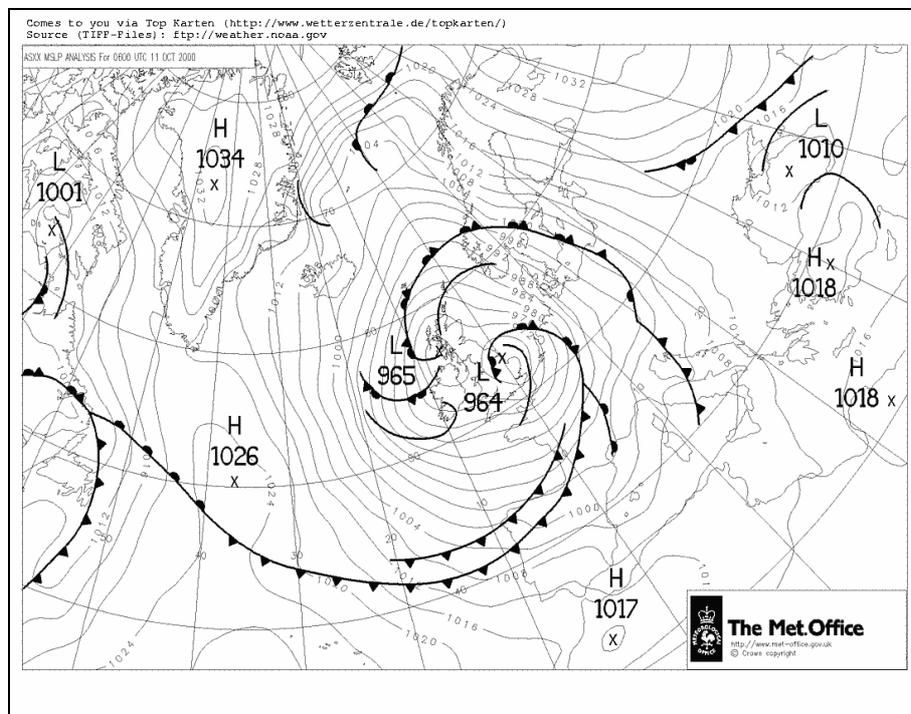
L'evento ha origine da una profonda circolazione ciclonica centrata sulle Isole Britanniche con minimo al suolo di 964 hPa alle ore 12 UTC di Mercoledì 11. La struttura depressionaria, presente a tutte le quote, risulta molto estesa in latitudine ed arriva ad interessare direttamente anche il nordovest italiano con correnti sudoccidentali di aria umida ed instabile (Figura 1).

Figura 1. Altezza di geopotenziale a 500 hPa, 11 Ottobre 2000 ore 12 UTC.



Nel corso della giornata di Mercoledì, il sistema frontale associato alla depressione si approssima all'arco alpino italiano apportando nuvolosità diffusa su tutta la regione con precipitazioni sulle zone montane e pedemontane e rovesci temporaleschi sui rilievi di confine con la Liguria (Figura 2)

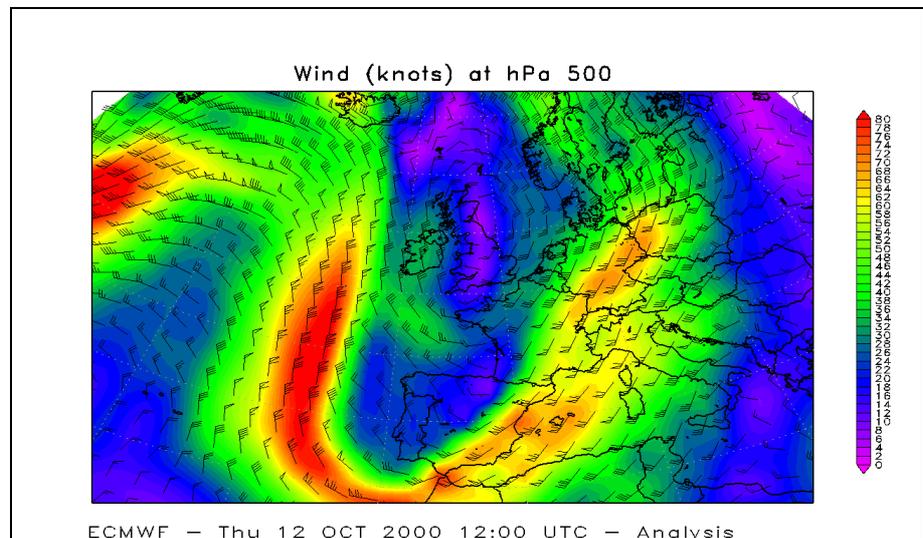
Figura 2. Analisi dei fronti e della pressione al suolo elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK).



Giovedì 12 Ottobre

Giovedì 12, la circolazione ciclonica si mantiene sulle Isole Britanniche; le forti correnti fredde settentrionali presenti sul bordo orientale della depressione spirano dal Nord Atlantico verso la Penisola Iberica (Figura 3). Questa discesa delle correnti a getto a basse latitudini induce la formazione di un'area di bassa pressione al suolo in corrispondenza del ramo ascendente dell'ondulazione del getto.

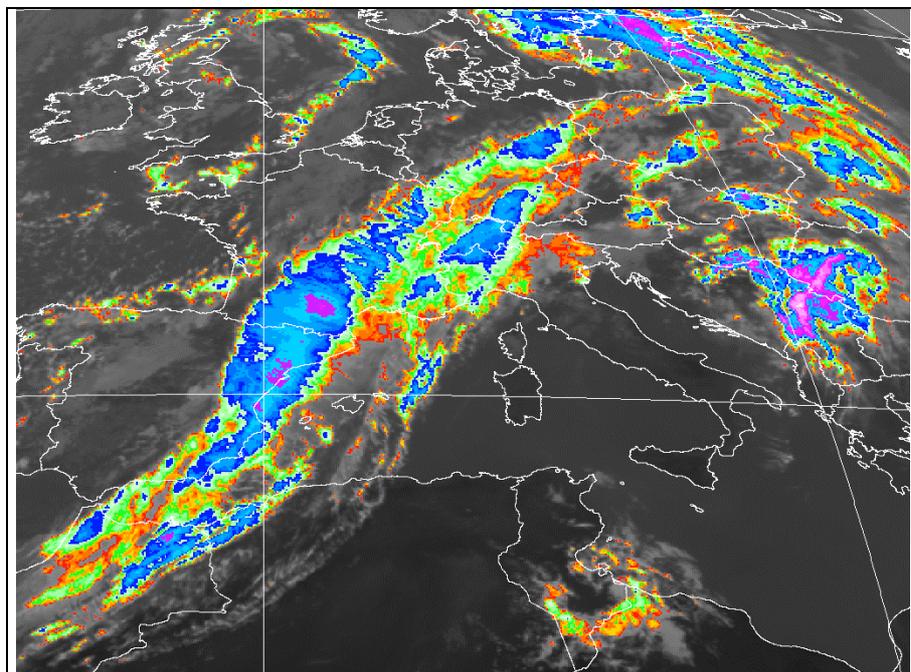
Figura 3. Vento a 500 hPa, 12 Ottobre 2000 ore 12 UTC.



La discesa di aria fredda determina un marcato calo dei valori di pressione su Spagna, Portogallo e bacino occidentale del Mediterraneo.

Sulle regioni nordoccidentali italiane il flusso tende a disporsi da sud-sudovest aumentando l'apporto di umidità sull'intera colonna di atmosfera, come confermato dai radiosondaggi termodinamici; mentre sull'Europa orientale si sviluppa un promontorio che, agendo da blocco all'evoluzione verso est della depressione, contribuisce ad intensificare il flusso sull'Italia nordoccidentale forzandolo a ruotare progressivamente da sudest. La presenza del promontorio determina una persistenza della struttura depressionaria sull'Europa occidentale ed una stazionarietà del sistema frontale (Figura 4)

Figura 4. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 12:30 UTC del 12 Ottobre 2000



Sulla nostra regione il cielo si presenta molto nuvoloso o coperto; le precipitazioni, inizialmente sui rilievi, si estendono nel pomeriggio alle zone pianeggianti, con valori arealmente deboli o al più moderati. Nella seconda metà della giornata si verificano rovesci di forte intensità sui rilievi al confine con la Liguria innescati dal sollevamento orografico delle masse d'aria e favoriti dalla convergenza nei bassi strati (Figura 5).

Figura 5. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 12 Ottobre alle 00 UTC del 13 Ottobre 2000.

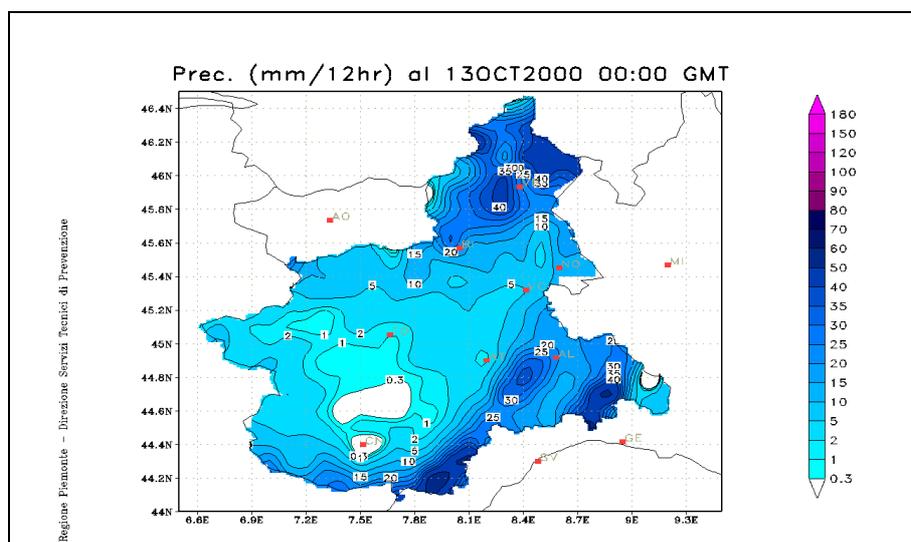
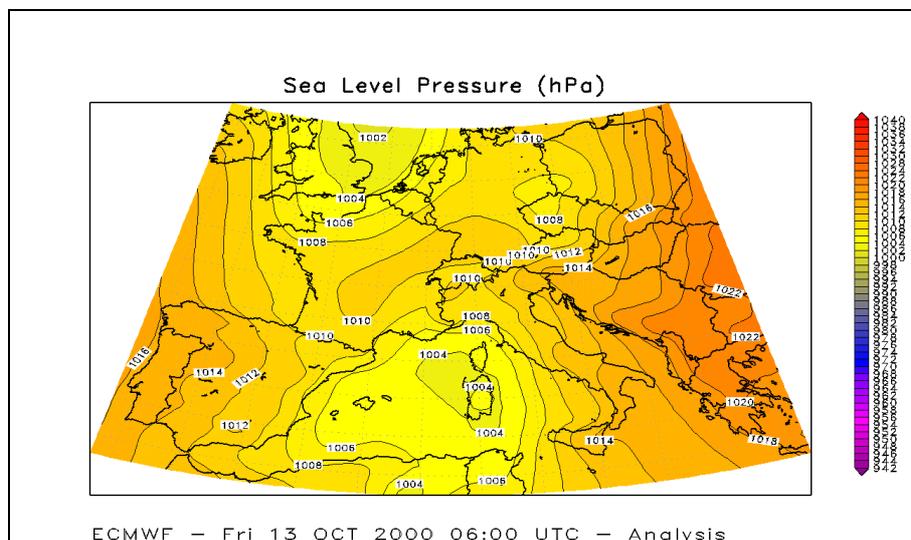
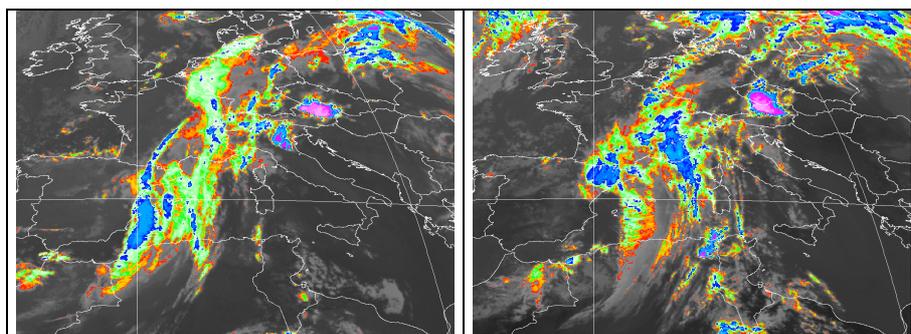


Figura 7. Pressione al livello del mare, ore 6 UTC del 13 Ottobre 2000.



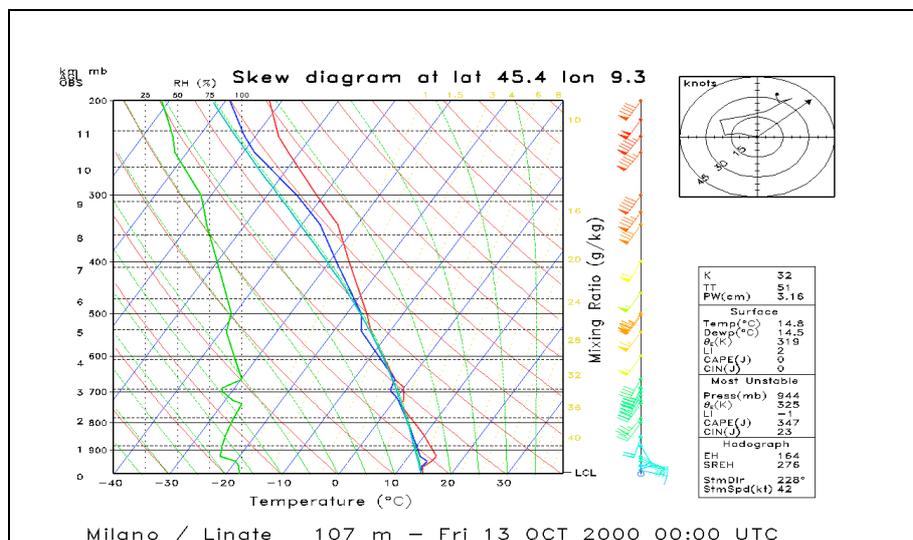
La direzione meridionale del flusso si mantiene costante per tutto il giorno; il sistema frontale arretra leggermente verso ovest in maniera sufficiente da riportare il territorio piemontese nella sfera d'influenza del settore caldo (Figura 8). Si verifica un rialzo dello zero termico da 2900 a 3400 metri sul Piemonte settentrionale ed una precipitazione mista a sabbia.

Figura 8. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00 e 12:30 UTC del 13 Ottobre 2000.



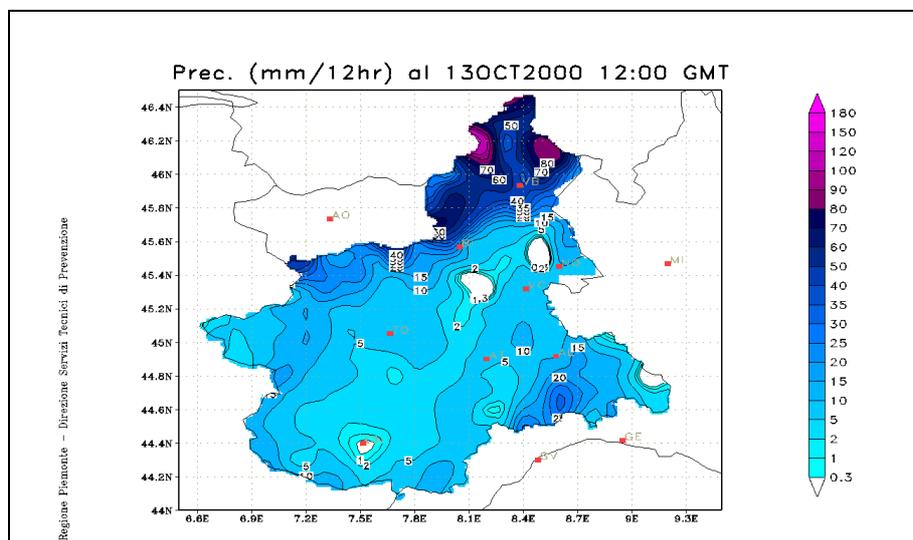
Il radiosondaggio di Milano Linate delle ore 00 UTC mostra un'atmosfera molto umida: i valori dell'umidità relativa sono superiori al 75% fino a 8000 metri ed si rileva un intenso flusso da sudovest a tutte le quote con una rotazione da est negli strati prossimi al suolo (Figura 9).

Figura 9 Radiosondaggio registrato a Milano Linate il 13 Ottobre 2000 ore 00 UTC.



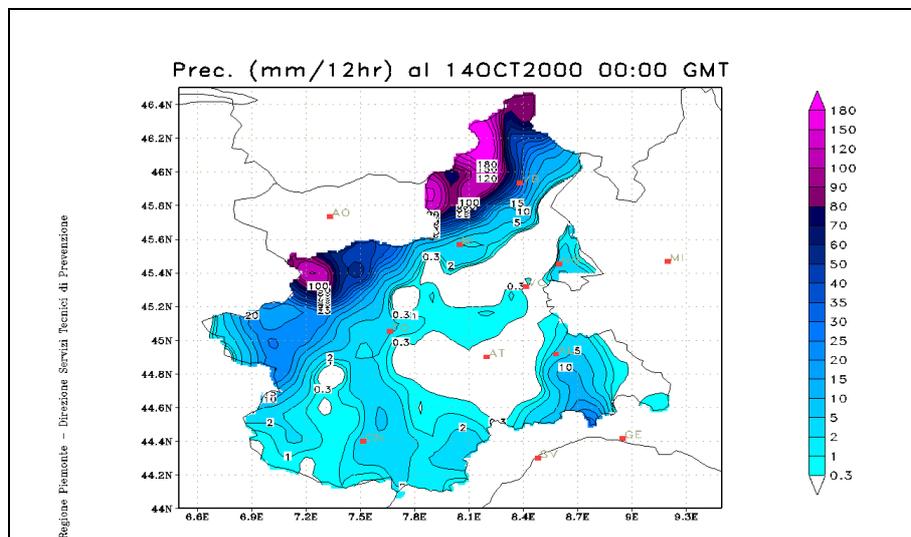
Le precipitazioni si intensificano sul settore settentrionale a causa del contributo del sollevamento orografico del flusso meridionale perpendicolare alla catena alpina; si individuano due massimi lateralmente alla Val d'Ossola nella precipitazione cumulata su 12 ore dalle 00 alle 12 UTC (Figura 10).

Figura 10. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 13 Ottobre 2000.



Nelle ore successive la precipitazione aumenta sul versante occidentale della Val d'Ossola e sulle Valli Orco e Stura di Lanzo in quanto le correnti tendono a disporsi da sudest a livelli sempre più alti: i radiosondaggi di Milano Linate del 13 Ottobre ore 12 UTC e del 14 Ottobre ore 00 UTC mostrano che lo strato con un forte flusso da sudest gradualmente si innalza fino a 850 e poi a 700 hPa (Figura 11).

Figura 11. Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 13 Ottobre 2000 alle 00 UTC del 14 Ottobre 2000.



Sabato 14 Ottobre

Dalla saccatura si isola una circolazione depressionaria chiusa presente a tutte le quote che permane per tutta la giornata sul Mediterraneo occidentale. La struttura è ancora baroclinica e il sistema frontale si mantiene pressoché stazionario (Figura 12 e Figura 13)

Figura 12. Altezza di geopotenziale a 500, 700, 850 e 925 hPa alle 12 UTC del 14 Ottobre.

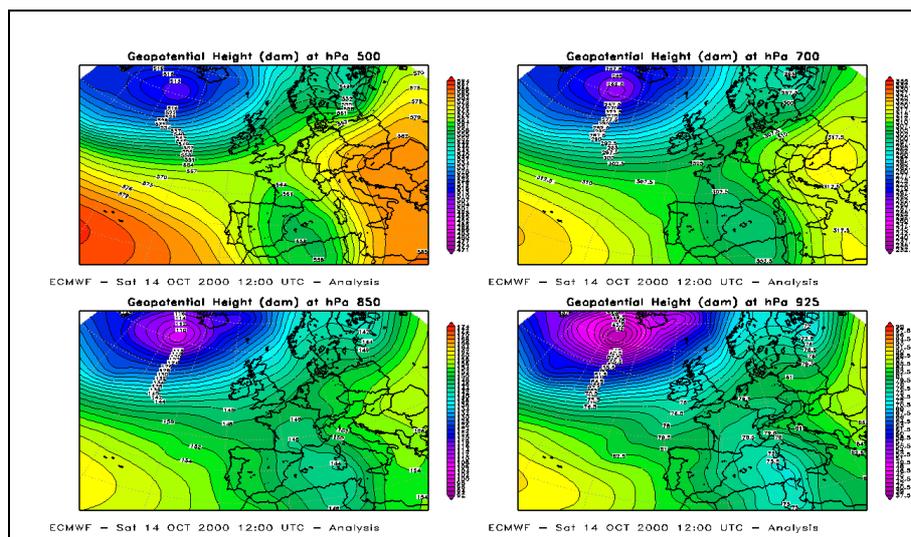
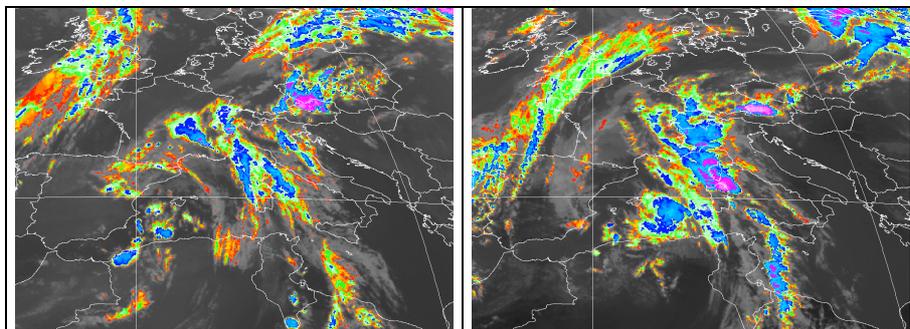
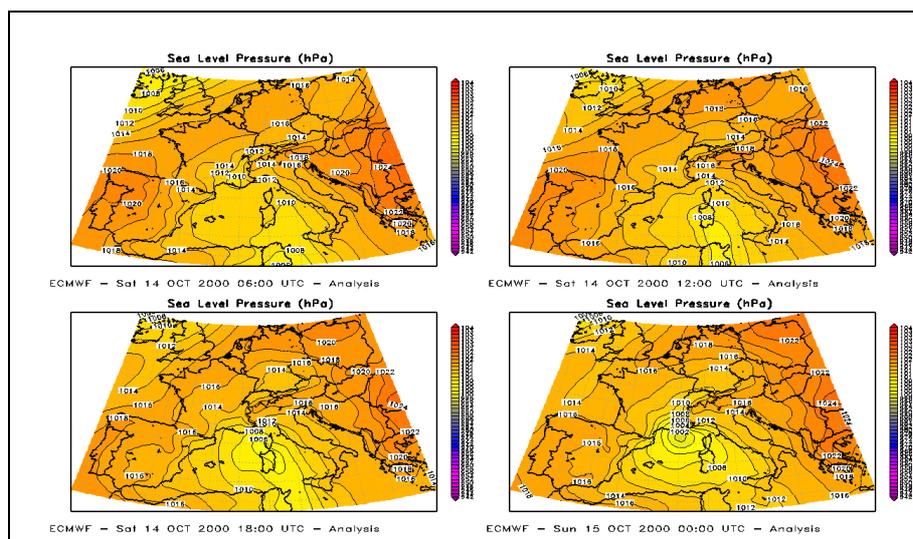


Figura 13. Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00 e 12:30 UTC del 14 Ottobre 2000.



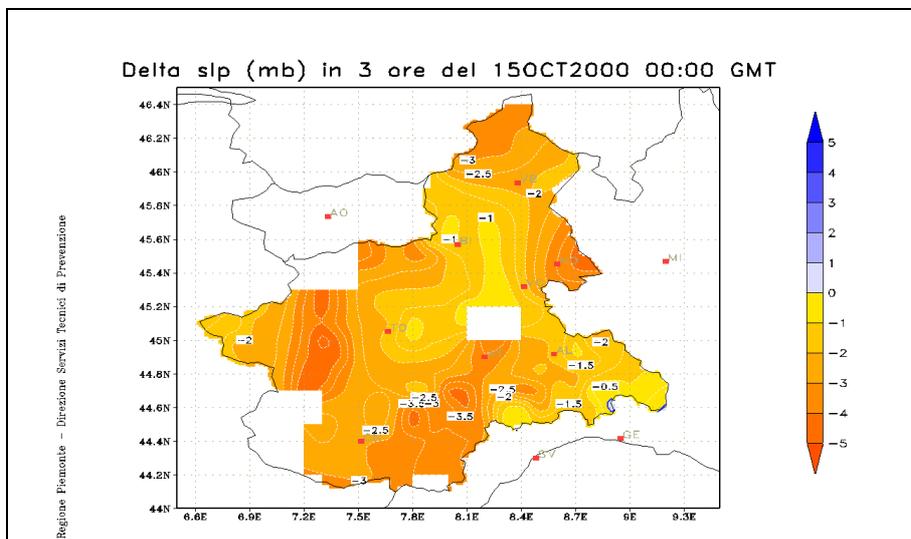
Il minimo al suolo evidenziato il giorno precedente si colma ma, a causa di una forte avvezione di vorticità ciclonica associata al cut-off in quota, un nuovo minimo si forma sulla Tunisia e tende a portarsi verso nord nel corso della giornata. Nel transito sul Mediterraneo verso il Golfo del Leone il minimo si approfondisce grazie all'apporto del calore latente che favorisce i fenomeni convettivi. Nella notte tra Sabato e Domenica il minimo si posiziona al largo delle coste mediterranee francesi (dove si registra una diminuzione di pressione di 10hPa in 12 ore) raggiungendo il suo valore più basso, 1002 hPa (Figura 14).

Figura 14. Evoluzione dell'andamento della pressione al livello del mare ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.



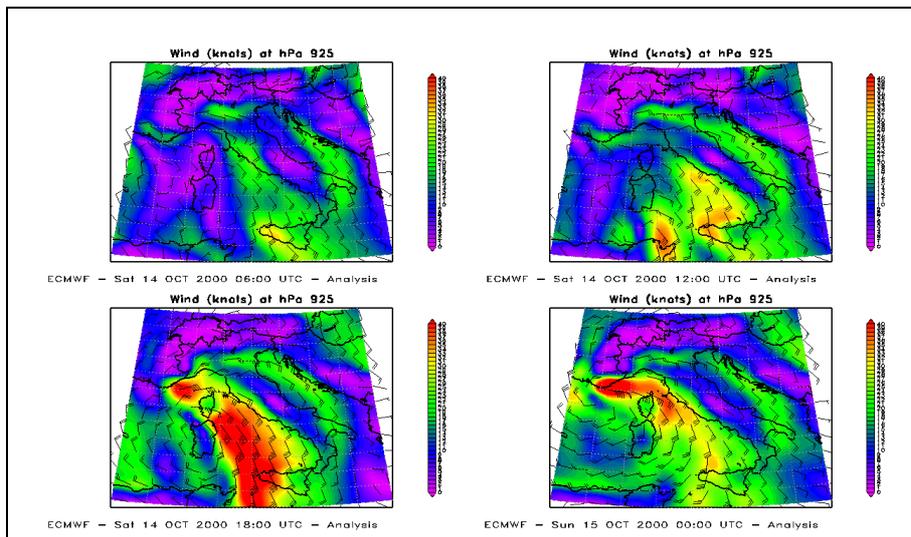
I valori di pressione registrati dai barometri della rete della Regione Piemonte indicano un calo barico su tutto il territorio, in particolare nelle ultime 3 ore della giornata (Figura 15).

Figura 15. Variazione della pressione registrata dalla stazione tra le 21 UTC del 14 Ottobre e le 00 UTC del 15 Ottobre.



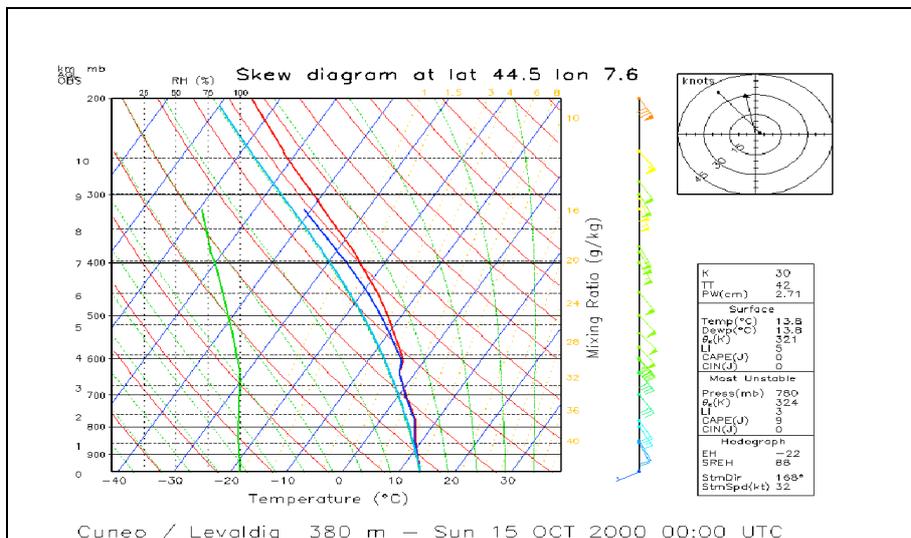
La posizione del minimo determina un forte gradiente barico tra Val Padana occidentale e Costa Azzurra. Di conseguenza l'Italia nordoccidentale è interessata da forti correnti orientali nei bassi strati, che convogliano umidità anche dal Mare Adriatico verso il Piemonte (Figura 16).

Figura 16: Evoluzione dell'andamento del vento a 925 hPa ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 14 Ottobre alle 00 UTC del 15 Ottobre.



Il radiosondaggio di Cuneo Levaldigi delle ore 00 UTC del 15 Ottobre mostra uno strato compreso tra il suolo ed i 3500 metri di quota avente valori dell'umidità relativa prossimi alla saturazione (100%) e maggiori del 75% da 3500 metri a 8000 metri (Figura 17).

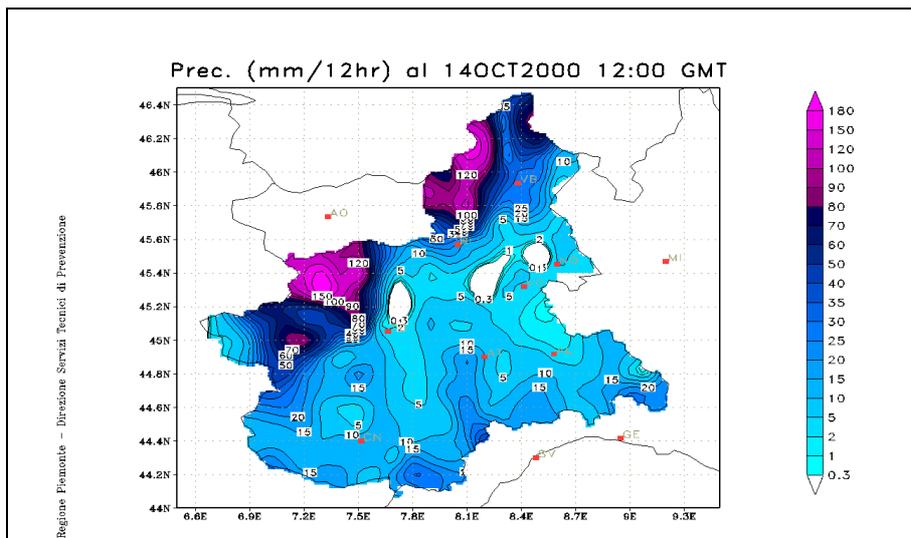
Figura 17: Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldig il 15 Ottobre alle 00 UTC.



Le precipitazioni sono diffuse su tutta la regione; le zone dove si verificano le maggiori intensità rimangono i versanti orientali della Val d'Ossola e le valli Sesia, Orco e Stura di Lanzo.

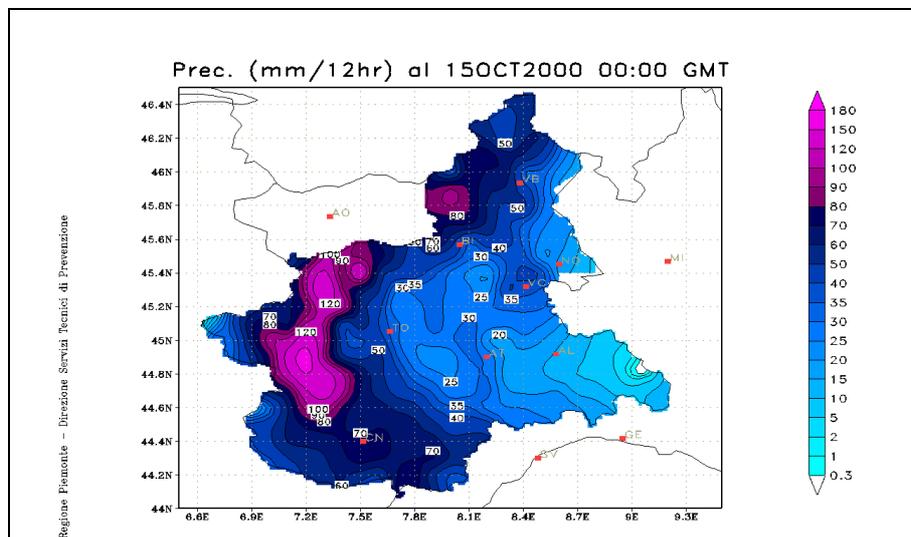
Dalla Figura 18, nella quale sono rappresentate le precipitazioni cumulate nelle prime 12 ore della giornata si osserva un incremento nella zona dei bacini di Dora Riparia e Pellice, coerente con l'aumento della componente da est del flusso.

Figura 18: Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 00 e le 12 UTC del 15 Ottobre.



Questo è evidente soprattutto nella seconda metà della giornata quando le precipitazioni si intensificano su tutto il settore occidentale interessando anche l'alta valle del Po. Una temporanea attenuazione invece si registra sul settore settentrionale (Figura 19).

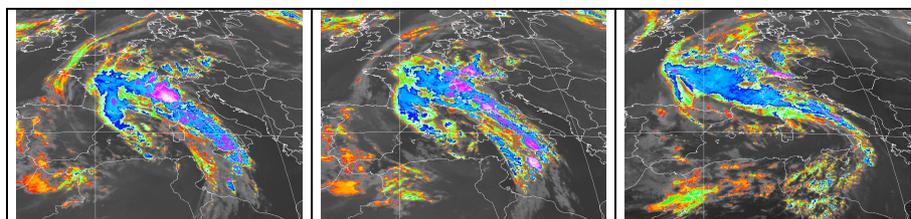
Figura 19: Precipitazione cumulata in 12 ore tra le 12 UTC del 15 Ottobre e le 00 UTC del 16 Ottobre.



Domenica 15 Ottobre

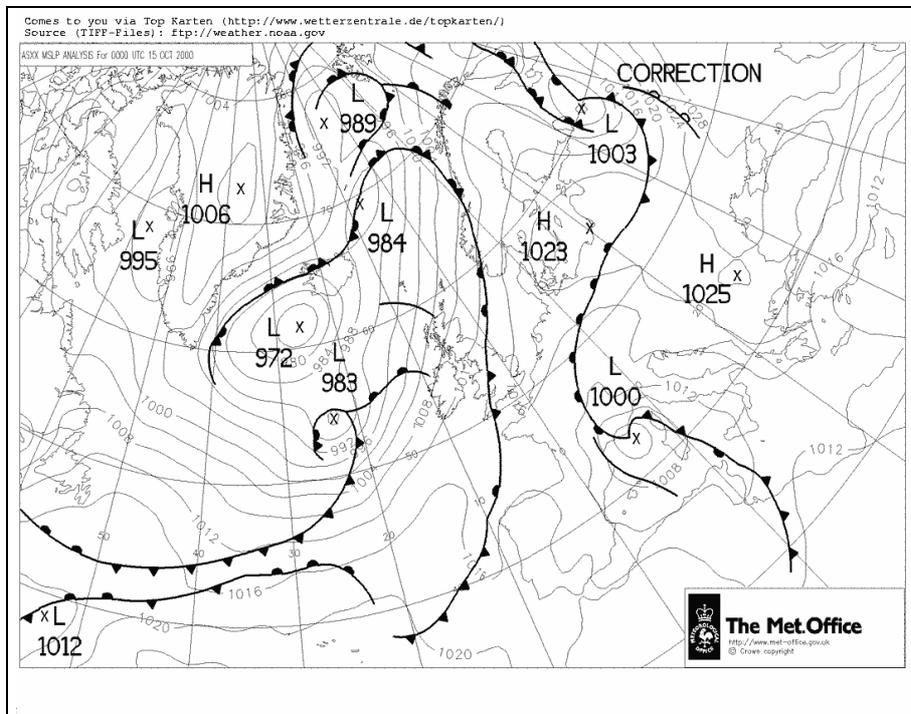
La circolazione depressionaria chiusa si porta gradualmente verso nord con centro in prossimità dei Pirenei a tutte le quote (Figura 20)

Figura 20: Immagine Meteosat all'infrarosso alle ore 01:00, 3:00 e 12:30 UTC del 15 Ottobre 2000.



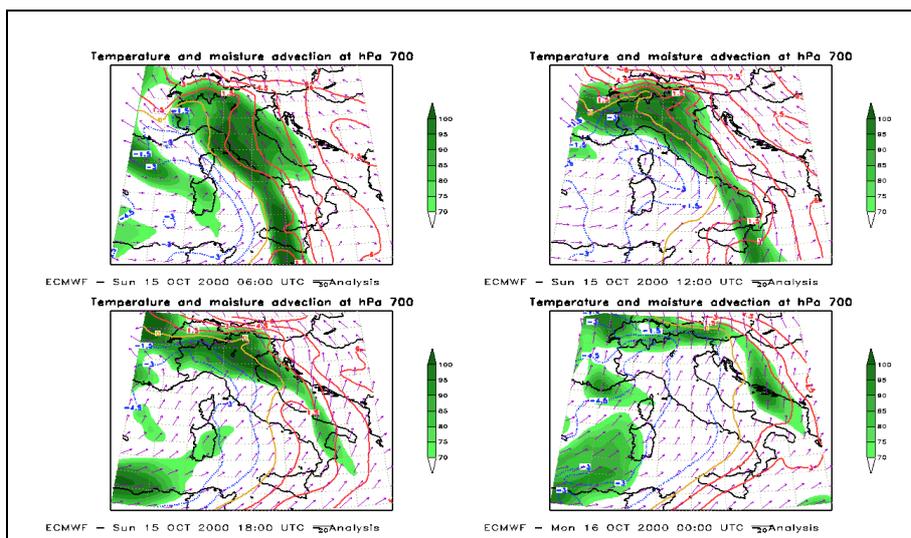
Il sistema assume una struttura pressoché barotropica ma si approfondisce nuovamente durante il passaggio sul Mediterraneo. Lo spostamento verso nord della depressione consente alla parte fredda del sistema frontale di interessare l'Italia nordoccidentale, a partire dal settore meridionale (Figura 21).

Figura 21: Analisi dei fronti e della pressione al livello del mare alle ore 00 UTC del 15 Ottobre elaborata dal Meteorological Office di Bracknell (UK)



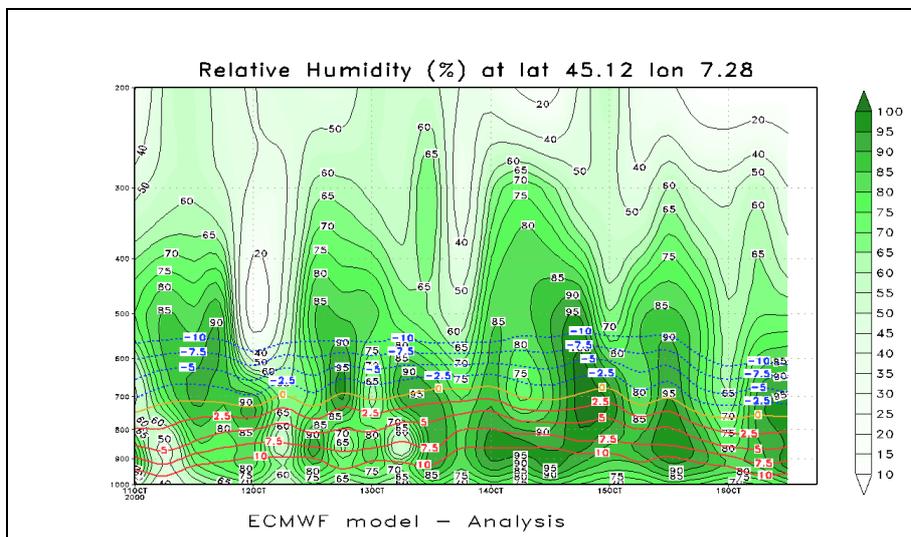
In particolare sul Piemonte si ha una diminuzione di temperatura, a 700 hPa di $3/4$ °C in 18 ore, tra le 00 e le 18 UTC (Figura 22).

Figura 22: Evoluzione di temperatura, umidità relativa e vento ogni 6 ore, dalle 6 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del 16 Ottobre.



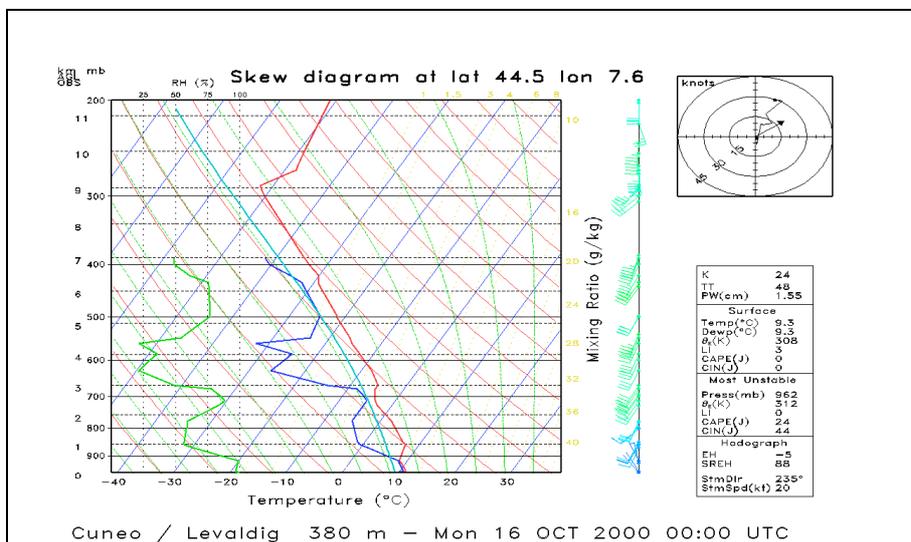
L'afflusso di aria fredda determina una repentina sovrassaturazione dell'umidità preesistente e destabilizza ulteriormente l'atmosfera con l'innescare di fenomeni temporaleschi anche sulle zone di pianura (Figura 23).

Figura 23: Andamento dell'umidità relativa nel punto di coordinate 45.12° in latitudine e 7.28° in longitudine, tra l'11 ed il 16 Ottobre



Il profilo termodinamico di Cuneo Levaldigi del 16 Ottobre alle ore 00 UTC presenta caratteristiche post-temporalesche di debole instabilità; in particolare si osserva una decisa diminuzione dei valori dell'umidità relativa in tutta l'atmosfera (Figura 24).

Figura 24: Radiosondaggio registrato a Cuneo Levaldigi il 16 Ottobre alle ore 00 UTC.



Da questo radiosondaggio e da quello di Milano Linate effettuato nello stesso istante, si può osservare come si sia verificata, in corrispondenza dell'avvezione fredda, un calo della quota della tropopausa di circa 3000 metri in 12 ore.

Le precipitazioni risultano sempre intense, con i valori massimi distribuiti in modo più irregolare sui versanti prealpini nordoccidentali. Nella prima metà della giornata forti precipitazioni si sono registrate anche

sui rilievi del basso Piemonte, dove l'effetto del fronte freddo si è manifestato prima (Figura 25, Figura 26).

Figura 25 Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 15 Ottobre

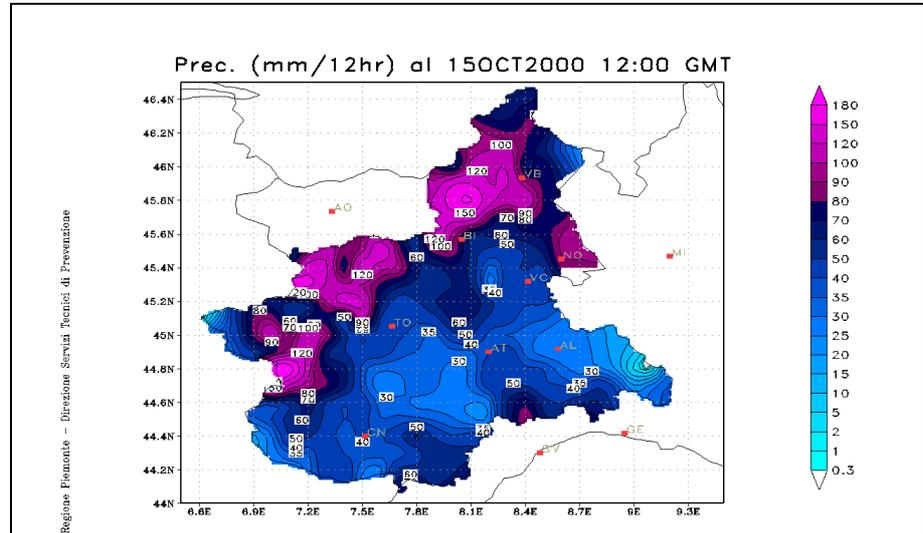
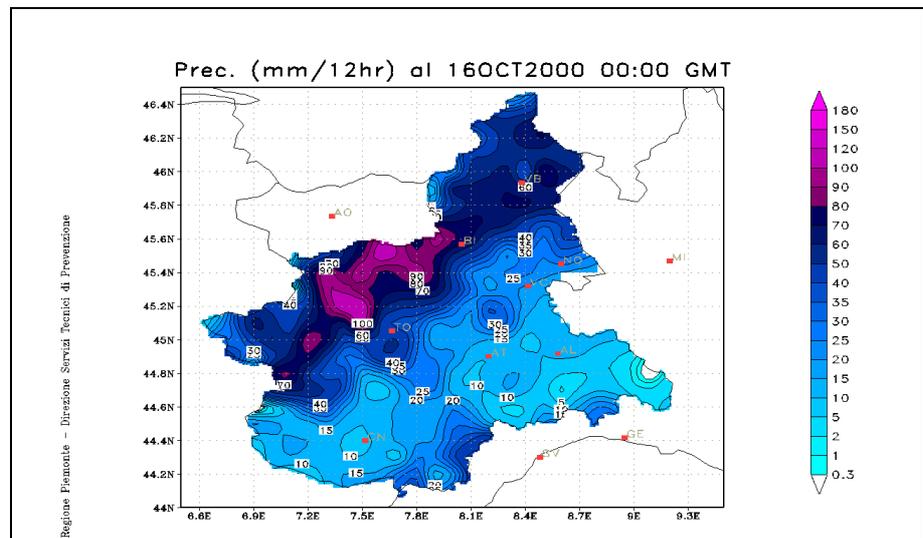


Figura 26 Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 12 UTC del 15 Ottobre alle 00 UTC del 16 Ottobre



Lunedì 16 Ottobre

Dopo il transito del fronte freddo nella giornata precedente, si ha una temporanea attenuazione dei fenomeni convettivi nella notte tra Domenica e Lunedì quando tutte le stazioni barometriche della rete regionale registrano un aumento di pressione.

La circolazione depressionaria prosegue il suo moto verso nord e gradualmente si colma strutturandosi come una saccatura con asse sulla Francia. Le correnti in quota si dispongono da sudovest, mentre permangono da sudest negli strati bassi (Figura 27)

Figura 27: Altezza di geopotenziale a 500 hPa alle 12 Utc del 16 Ottobre.

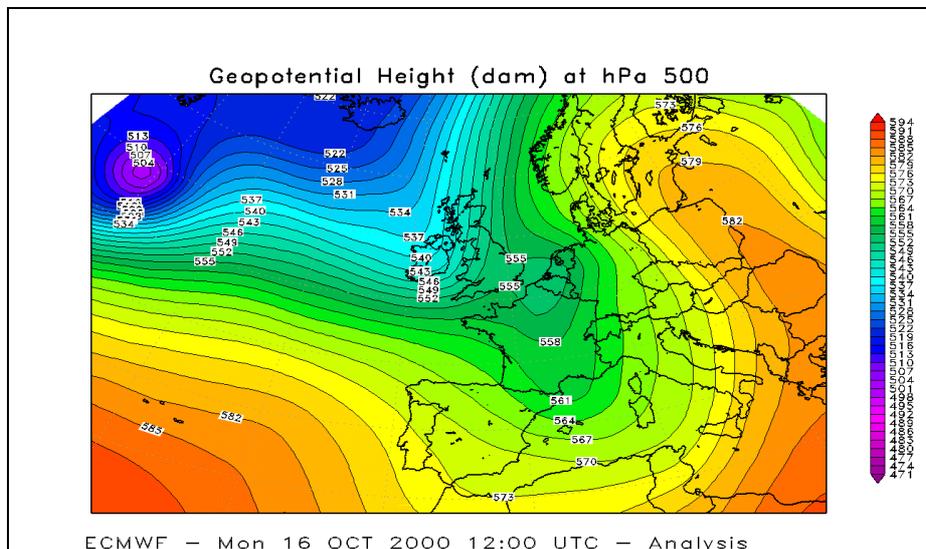
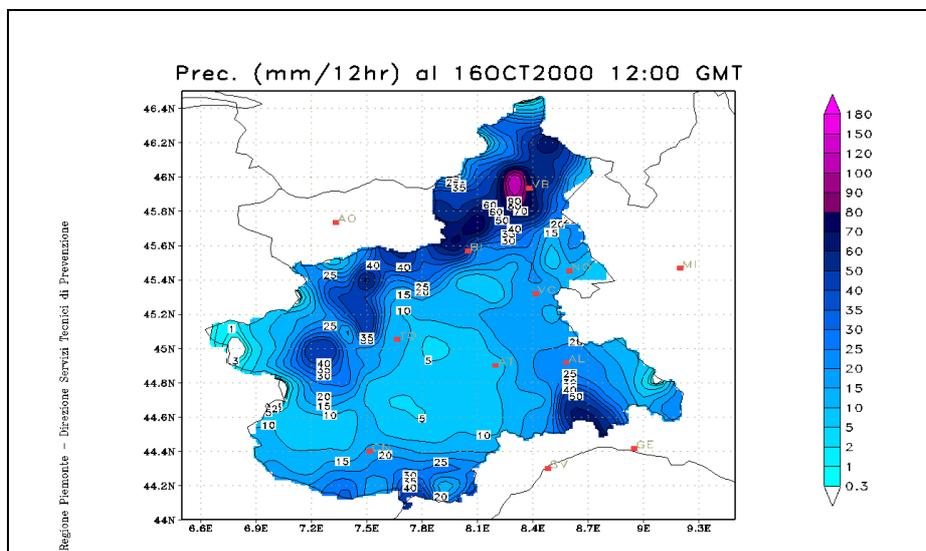


Figura 29: Precipitazione cumulata in 12 ore dalle 00 alle 12 UTC del 16 Ottobre.



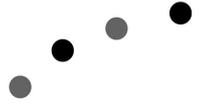
Dalla nottata si indebolisce la circolazione a tutti i livelli ed il giorno seguente, in seguito all'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso il Mediterraneo, l'asse della saccatura si sposta verso Est e le correnti si dispongono da ovest-nordovest sulla nostra regione.

Considerazioni generali sull'evento

In questo evento, che è durato, per quanto riguarda la maggiore intensità delle precipitazioni, circa 84 ore (da Venerdì 13 alla mattina di Lunedì 16 Ottobre), la situazione sinottica ha esercitato un ruolo preponderante, con la presenza di una profonda e vasta circolazione depressionaria con marcate caratteristiche barocline sull'Europa occidentale, un anticiclone di blocco sull'Europa orientale, che ha determinato una persistenza della depressione, e forti flussi di aria umida dai quadranti meridionali.

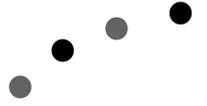
Sebbene le precipitazioni abbiano avuto un andamento abbastanza continuo tra Venerdì e Domenica, i fattori che ne hanno determinato lo sviluppo e l'intensità sono stati differenti nei tre giorni.

Venerdì e Sabato l'effetto di sollevamento orografico delle correnti umide si è rivelato determinante; in particolare Venerdì il flusso di aria umida si presentava intenso da sud, mentre Sabato lo sviluppo di un minimo depressionario sul Golfo del Leone ha determinato un calo di pressione sul Piemonte e aumentato la componente da est del flusso negli strati medio-bassi. Domenica invece si è avuto l'effetto destabilizzante dato dall'afflusso di aria fredda.



L'instabilità convettiva classica non è stata il fenomeno principale di innesco delle forti precipitazioni; invece, come si è verificato anche in altri eventi intensi sul Piemonte, la forzante dinamica ha un ruolo determinante. A mesoscala hanno avuto un peso lo sviluppo di minimi barici locali sul Mediterraneo in prossimità dell'Italia nordoccidentale e la convergenza nei bassi strati delle masse di aria umida sulla catena alpina occidentale.

L'esame della direzione dei flussi nei livelli bassi ha permesso di individuare, nei vari istanti, le zone in cui l'interazione tra il flusso e l'orografia era maggiore, con conseguente intensificazione delle precipitazioni.



Analisi pluviometrica

Introduzione

Dalla distribuzione areale delle precipitazioni cumulate totali dell'evento, corrispondente al periodo compreso tra Venerdì 13 ore 0:00 e Martedì 17 ore 0:00 (Figura 30), si osserva come le zone maggiormente colpite dagli intensi fenomeni meteorici, siano i settori alpini e prealpini del Piemonte Settentrionale e Occidentale tra il Verbano-Cusio-Ossola e la Valle Po. L'evento ha inoltre interessato, sebbene in misura minore, la restante parte della regione ed in particolare l'Alto Tanaro. I bacini dello Scrivia e del Curone non sono stati investiti dall'evento.

I massimi di precipitazione cumulata sull'intero evento sono stati registrati nei tre seguenti settori:

Verbano Occidentale con le stazioni di Bognanco Pizzanco 747 mm, Bognanco Lago Paione 732 mm, Antrona Alpe Cheggio 619 mm, Varzo San Domenico 613 mm;

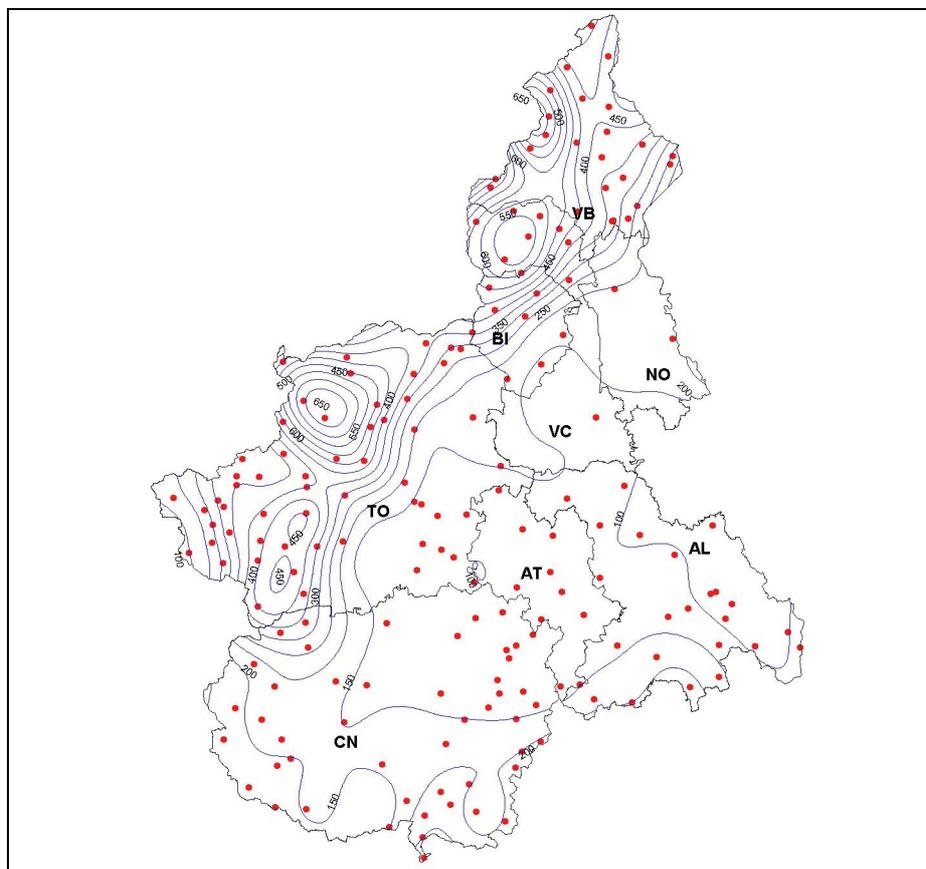
Val Sesia e Biellese con le stazioni di Boccioleto Ronchi 665 mm, Trivero 634 mm;

Canavese e Valli di Lanzo con le stazioni di Ala di Stura 716 mm, Piamprato 698 mm, Forno Alpi Graie 688 mm, Corio Piano Audi 641 mm, Ceresole Lago Agnel 414 mm;

Val Sangone-Valle Po con le stazioni di Coazze 598 mm.

Nell'Alto Tanaro i massimi di precipitazione cumulata dell'evento sono stati registrati dalla stazione di Briga Alta-Piaggia con 284 mm

Figura 30 Precipitazioni cumulate in 96 ore da venerdì 13/10 ore 0:00 a Martedì 17/10 ore 0:00 con ubicazione delle stazioni meteoropluviometriche regionali



Piogge medie areali

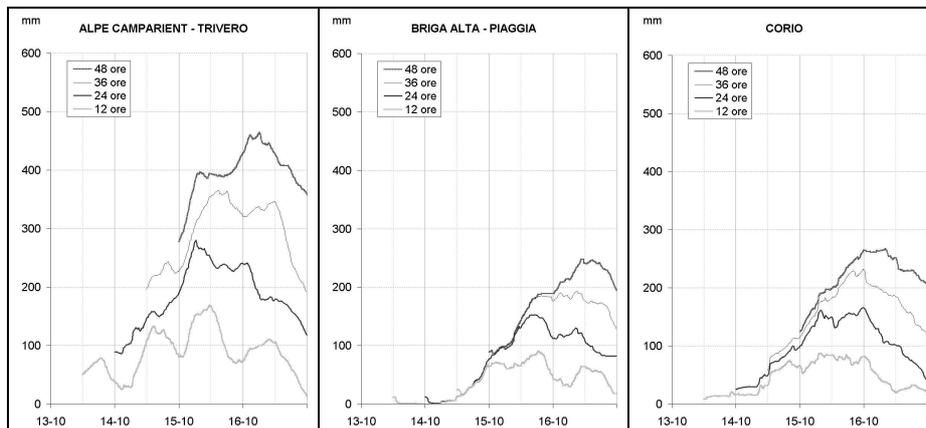
Data la dinamica dell'evento in questione e dal momento che gli effetti maggiori si sono avuti sui corsi d'acqua principali, in corrispondenza di sezioni sottendenti bacini idrografici di medie e grandi dimensioni, risulta estremamente significativo analizzare le precipitazioni innanzitutto da un punto di vista delle scala spazio-temporali maggiori. Pertanto si considerano le piogge medie su macro aree del territorio regionale, in particolare si è tenuto conto delle piogge medie areali calcolate sulle aree di allertamento regionali (. Generalmente queste aree sono state delimitate sulla base di valutazioni riguardanti l'omogeneità idrologica meteorologica e climatica e sono formati dall'insieme di più bacini idrografici.

Figura 31 Aree d'allertamento del territorio regionale



Come mostrato in Figura 32 e in Figura 33 le piogge cumulate sulle lunghe durate (36 ore) risultano significativamente maggiori di quelle a media durata (12 ore)

Figura 32 Ietogramma di pioggia a diverse aggregazioni temporali per alcune stazioni significative



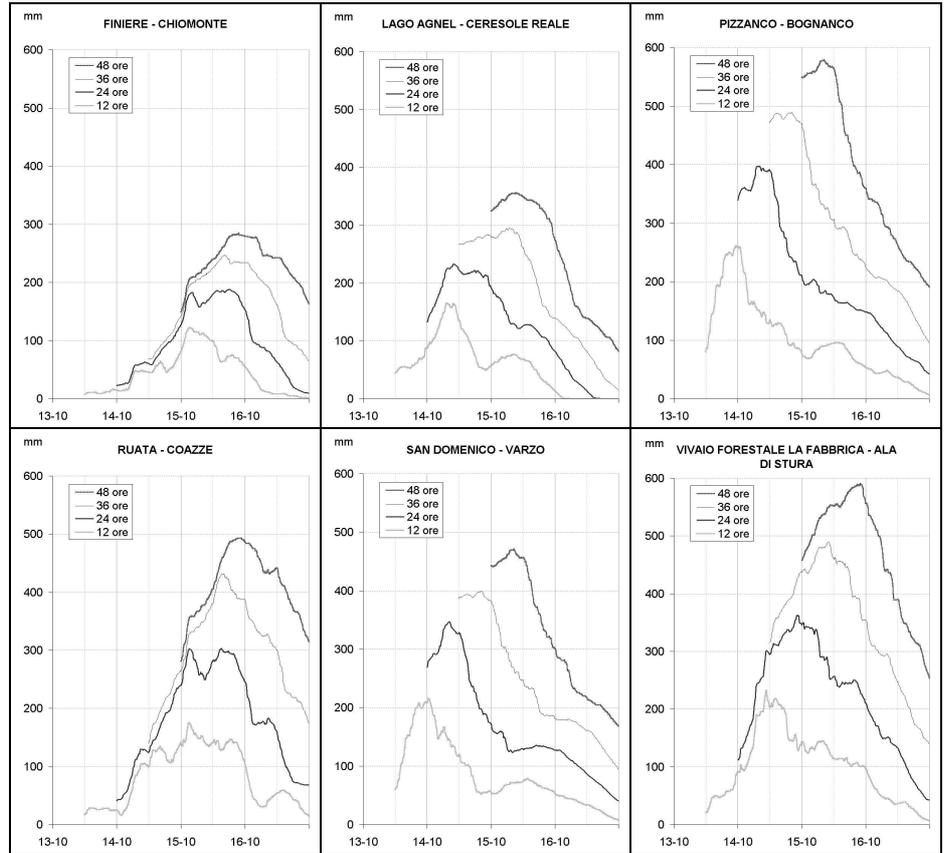
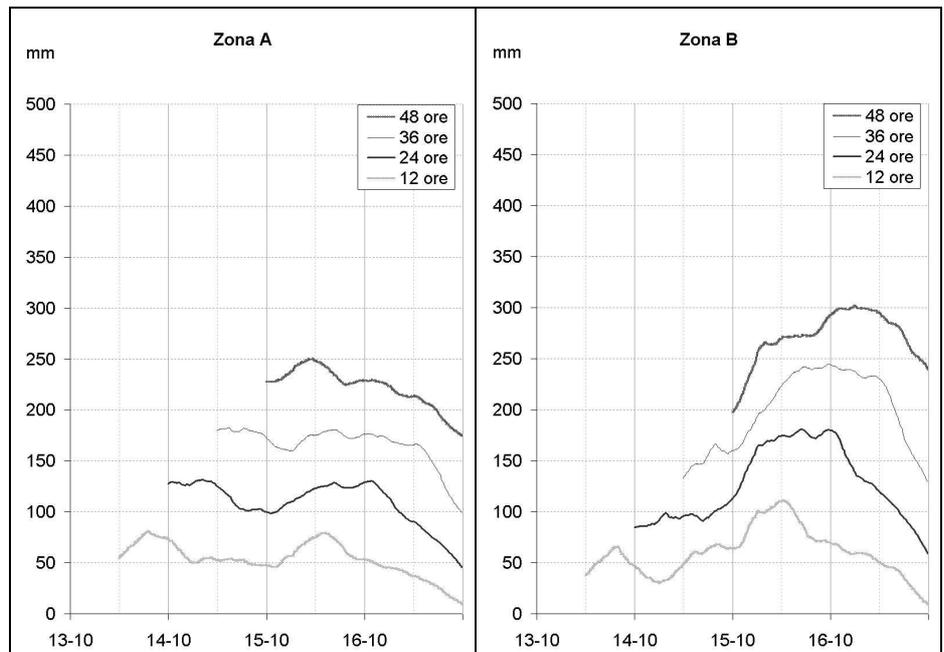
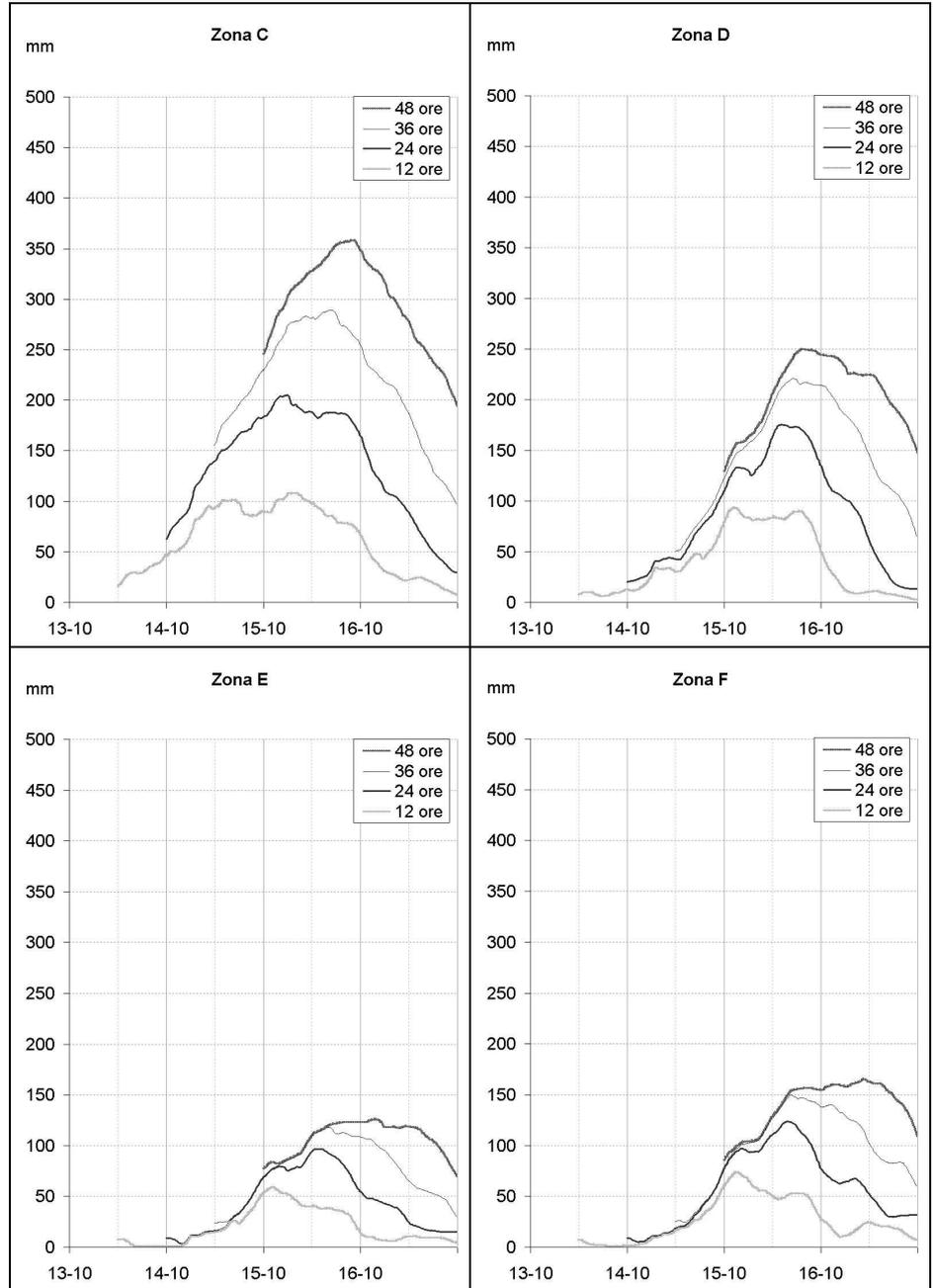
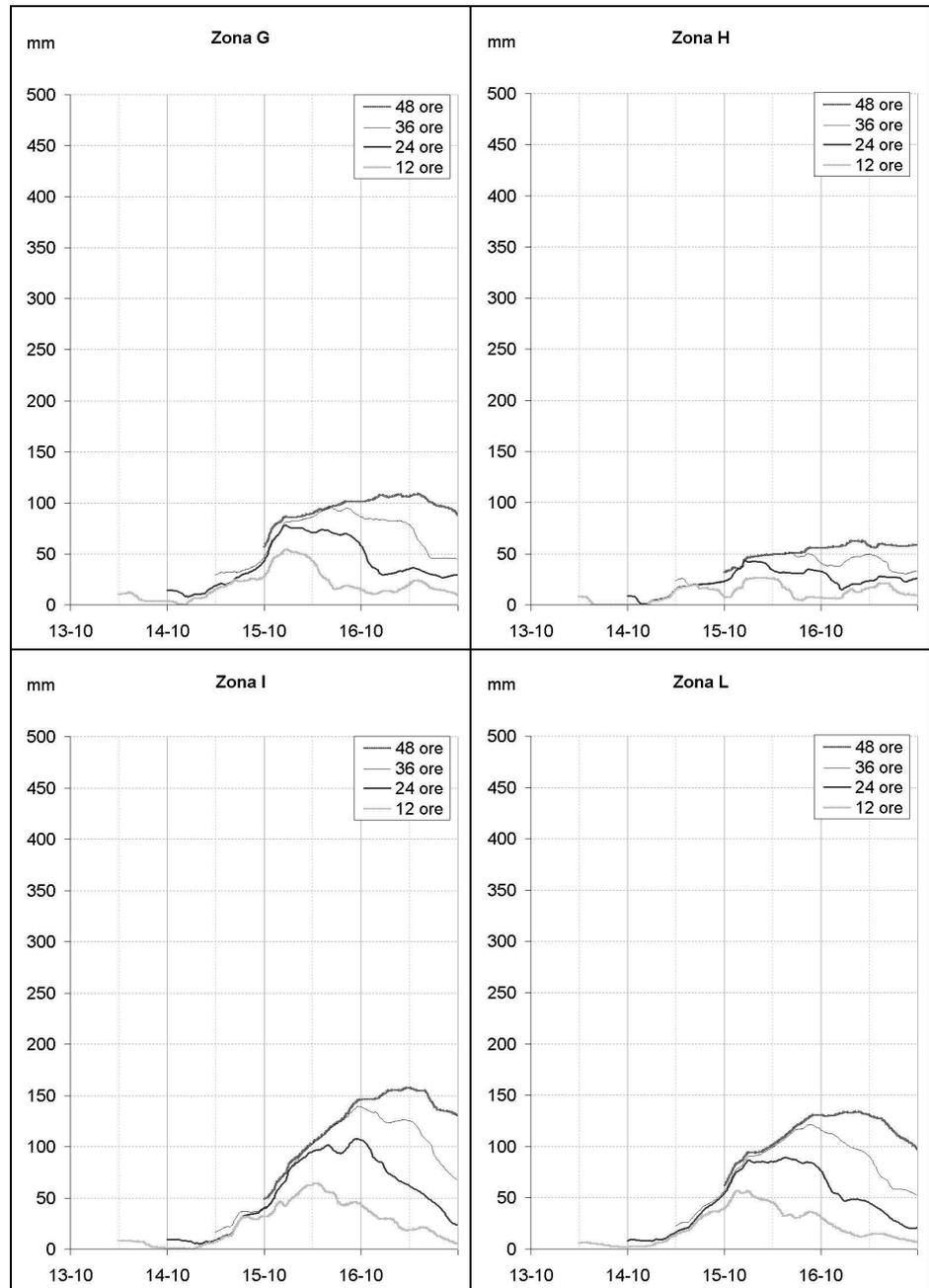


Figura 33 – Ietogrammi di pioggia ragguagliata a diverse aggregazioni temporali per le zone d'allertamento regionale







A questo scopo in si sono raccolti i valori massimi dell'altezza di pioggia cumulata ragguagliata relativa alle zone del sistema di allertamento regionale.

Tabella 1 Valori massimi dell'altezza di pioggia media areale relativa alle zone del sistema di Allertamento Regionale per diverso intervallo di aggregazione

ZONA	6 ore	12 ore	1 giorno	2 giorni	3 giorni
Toce	47.7	80.8	128.9	229	356.6
Sesia – Bassa Dora Baltea	68.1	111.1	180	293	377.7
Orco – Bassa Dora Riparia – Sangone	64.1	108.3	183.3	348.2	410.9
Alta Dora Riparia – Po	56.4	93.4	135.2	244.6	265
Varaita – Stura di Demonte	35.7	59.1	68.5	123.3	138.4
Alto Tanaro	45.2	73.7	77.7	154.6	186.1
Belbo – Orba	41.8	54.5	58.5	101.5	131

ZONA	6 ore	12 ore	1 giorno	2 giorni	3 giorni
Scrvia	22.9	26.8	32.9	58.7	81.6
Pianura settentrionale	40.4	64.3	106.6	146.1	169.9
Pianura meridionale - Colline piemontesi	35.1	56.8	76.6	130.6	151.3

NB: Per le aggregazioni di uno e più giorni vengono utilizzate i valori di pioggia cumulata giornaliera, per le aggregazioni di 6 – 12 ore si utilizzano i dati aggregati a 10 minuti

Piogge puntuali

Nel presente paragrafo vengono riportati i valori di pioggia puntuali registrati da una selezione di stazioni meteopluviometriche della rete di monitoraggio regionale, ritenute le più significative per caratterizzare l'evento. Il criterio di scelta tiene conto dei totali di pioggia cumulata e della distribuzione geografica dei punti di misura. Per ciascuna di queste stazioni vengono riportati e commentati i totali giornalieri e dell'intero evento, i grafici degli ietogrammi ed una analisi statistica basata sul confronto con le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

La distribuzione delle precipitazioni nei diversi bacini del territorio regionale ben si accorda da un punto di vista cronologico, con l'evoluzione dell'evento meteorologico. Il confronto delle precipitazioni misurate puntualmente nei diversi ambiti territoriali, consente infatti di osservare il seguente quadro:

Si osserva una maggiore concentrazione dei fenomeni nel giorno 13 ottobre nelle seguenti aree: Verbano Occidentale (Bognanco-Pizzanco, Varzo S.Domenico e Antrona-Alpe Cheggio), Val Sesia (Fobello), Canavese (Ceresole Reale-Villa, Ceresole Reale-Lago Agnel).

La maggior parte delle precipitazioni si sono concentrate nelle ventiquattro ore comprese tra la seconda parte della giornata del 14 e la prima del 15, in questa fase le precipitazioni si sono diffuse in tutta la regione ed in particolare nella zona alpina e prealpina

Si osserva una maggiore concentrazione dei fenomeni tra i giorni 15 e 16 ottobre nelle seguenti aree: Valle Pellice-Po (Angrogna-Vaccera, Barge-Valle Infernotto), Alta Valle Tanaro (Villanova Mondovì-Rifugio Hawis, Briga Alta-Upega, Briga Alta-Piaggia, Frabosa Sottana-Borello), Valli Susa-Sangone (Giaglione-Val Clarea, Coazze-Ruata, Chiomonte-Finiere).

In particolare la fase iniziale dell'evento ha investito lo spartiacque tra Piemonte e Valle d'Aosta e tra Piemonte e Svizzera nell'Alta Valle

Ossola e Val Formazza e data la quota elevata dello zero termico, le precipitazioni sono state per la maggior parte di carattere liquido. Questa circostanza ha certamente amplificato gli effetti delle piogge causando piene ingenti anche nei bacini alle quote maggiori. Solamente nella parte terminale dell'evento l'andamento delle precipitazioni è stato condizionato, nei settori di quota più rilevata, da un rapido calo dello zero termico che ha trasformato le precipitazioni liquide in neve al di sopra dei 1900 metri, come risulta evidente osservando gli ietogrammi di alta quota di Alagna-Bocchetta delle Pisse e Bobbio Pellice-C. Ile Barant.

Nella Tabella 2 per ciascuna delle stazioni selezionate, vengono riportati i totali giornalieri e di evento

Tabella 2: Altezza di pioggia giornaliera registrata nei giorni 13 - 16 Ottobre nelle diverse aree interessate.

ZONA	STAZIONE	Altezza di pioggia giornaliera [mm]				
		13	14	15	16	Totale Evento
Toce	Bognanco Pizzanco	339.0	210.6	148.2	42.2	740.0
	Antrona Alpe Cheggio	232.0	225.0	145.4	29.8	632.2
	Varzo San Domenico	269.4	173.0	127.6	40.6	610.6
	Macugnaga Pecetto	153.0	182.0	179.2	44.0	558.2
	Valstrona Sambughetto	121.6	99.0	191.6	125.2	537.4
	Montcrestese Lago di Larecchio	131.6	135.2	151.0	85.0	502.8
	Formazza Bruggi	143.0	129.8	130.4	29.6	432.8
	Domodossola Nosere Crodo Istituto Agrario	118.4	91.6	158.4	44.0	412.4
Sesia Dora Baltea	Boccioletto Ronchi	172.0	204.4	235.0	51.4	662.8
	Trivero	88.8	189.2	240.0	118.0	636.0
	Alpe Camparient Carcoforo	138.4	175.0	213.0	51.4	577.8
	Fobello	192.0	149.0	172.8	58.0	571.8
	Rassa	133.4	167.2	217.6	58.0	576.2
	Alagna -Bocchetta Delle Pisse	184.8	179.0	123.6	0.0	487.4
	Piedicavallo	115.8	105.6	189.0	75.6	486.0
	Sabbia Municipio Andrate Pinalba	77.2	89.4	190.6	75.6	432.8
Orco Stura Lanzo	Ala Di Stura	112.2	346.2	210.6	42.6	711.6
	Vivaio Forestale	86.6	260.0	318.6	32.8	698.0
	Valprato Soana Piamprato	137.2	282.6	234.6	29.8	684.2
	Groscavallo	69.6	249.8	240.0	78.2	637.6
	Forno Alpi Graie Corio Piano Audi	69.6	249.8	240.0	78.2	637.6

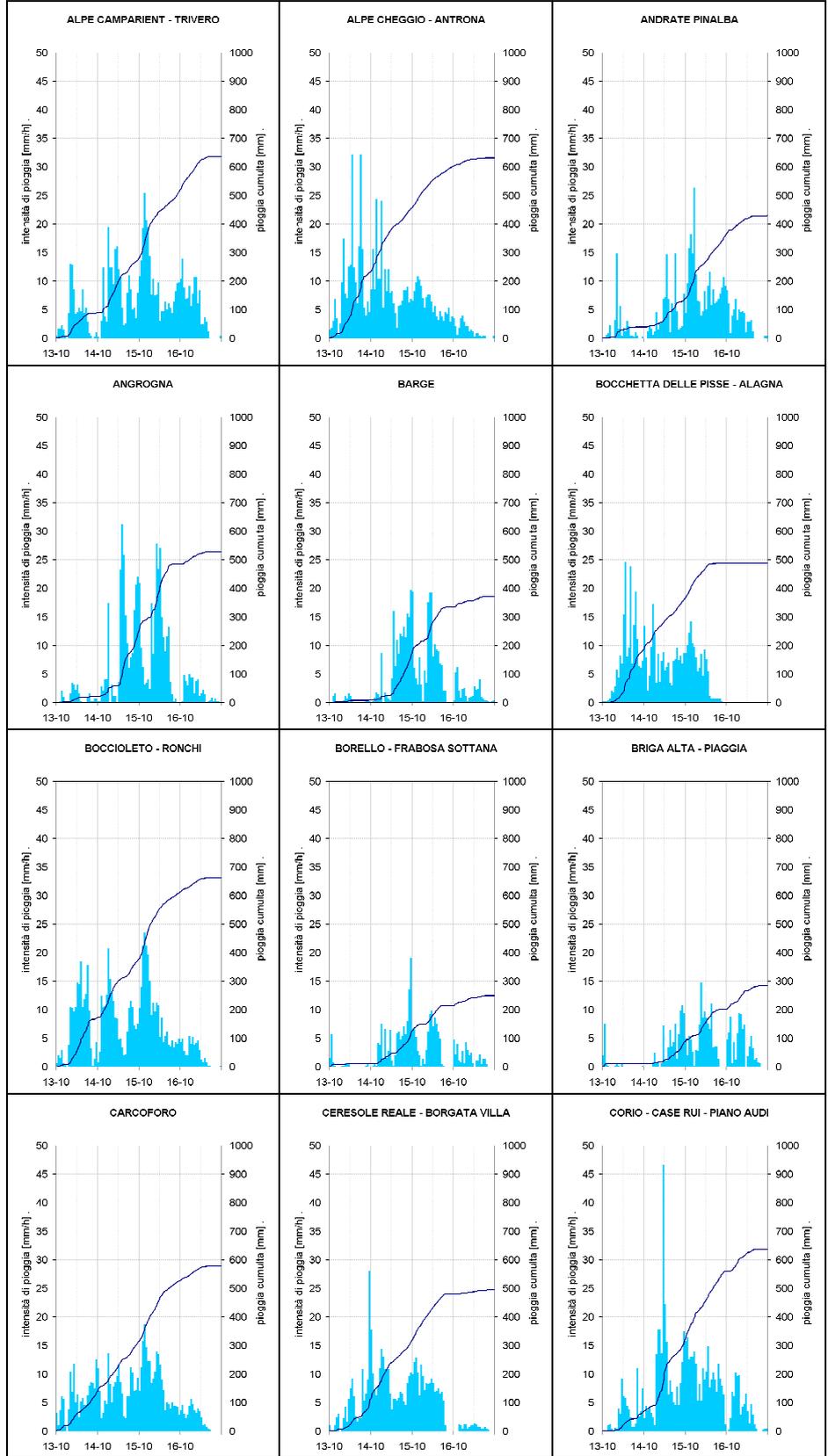
Tabella 2: Altezza di pioggia giornaliera registrata nei giorni 13 – 16 Ottobre nelle diverse aree interessate.

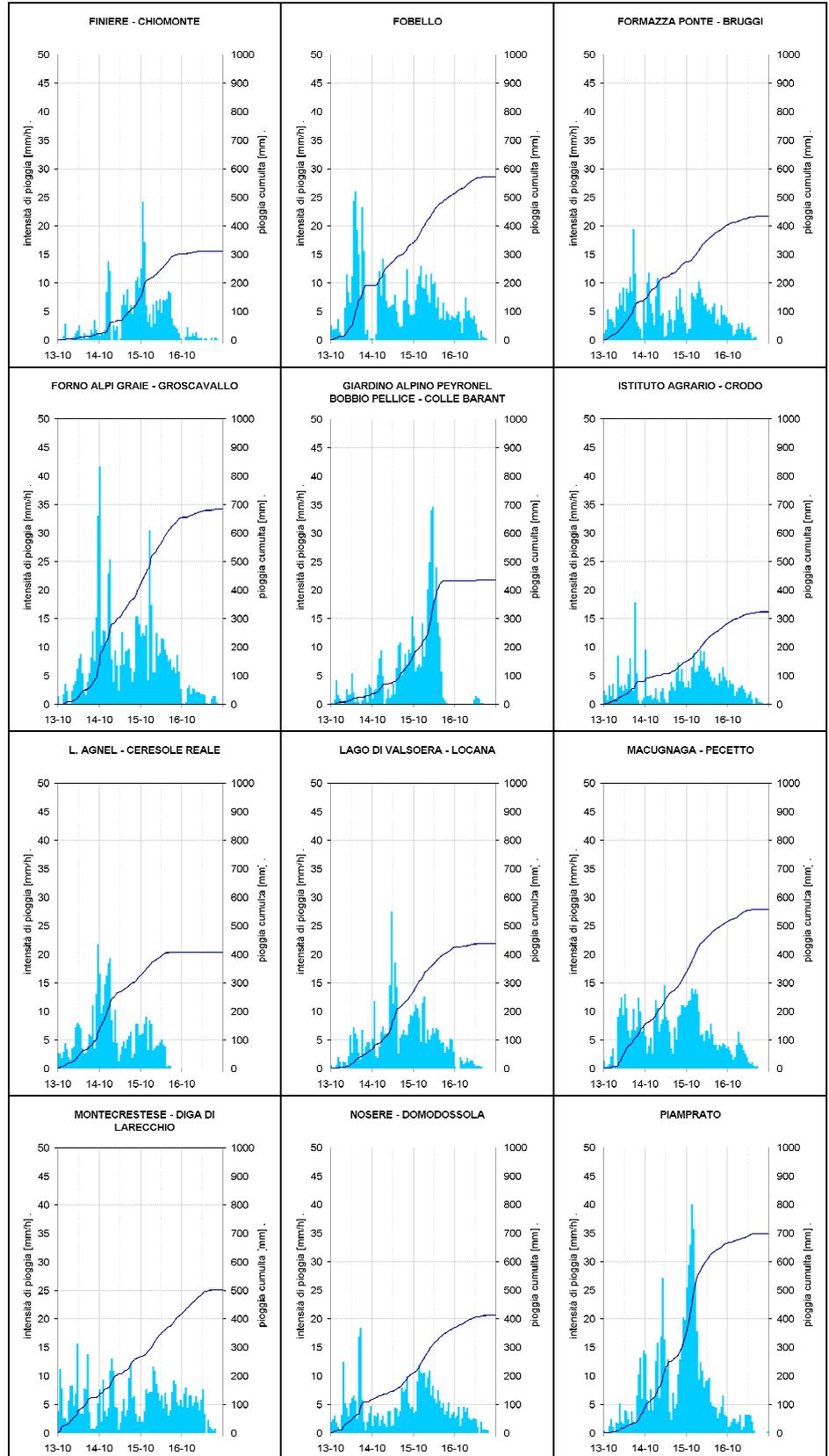
ZONA	STAZIONE	Altezza di pioggia giornaliera [mm]				
		13	14	15	16	Totale Evento
	Varisella Filiè	23,8	168,2	242,4	70,2	504,6
	Ceresole Reale Villa	112,0	202,8	163,4	14,2	492,4
	Viù Niquidetto	34,2	192,0	228,0	34,8	489,0
	Locana	66,6	202,0	155,6	13,2	437,4
	Lago Di Valsoera Ceresole Reale Lago Agnel	132,6	192,2	82,2	0,0	407,0
Dora Riparia Sangone	Coazze Ruata	41,6	239,8	246,0	68,2	595,6
	Chiomonte Finiere	22,6	126,6	152,8	10,0	312,0
	Giaglione Val Clarea	25,2	118,6	148,8	14,6	307,2
Pellice Alto Po	Angrogna Vaccera	23,0	226,8	236,2	44,0	530,0
	Bobbio Pellice Colle Barant	35,8	134,4	262,6	5,0	437,8
	Barge Valle Infernotto	8,6	162,4	162,8	38,6	372,4
Alto Tanaro	Briga Alta Piaggia	12,4	77,2	112,0	82,6	284,2
	Frabosa Sottana Borello	11,0	114,0	88,8	36,4	250,2
	Villanova Mondovi Rifugio de Giorgio	8,6	94,4	91,8	51,6	246,4

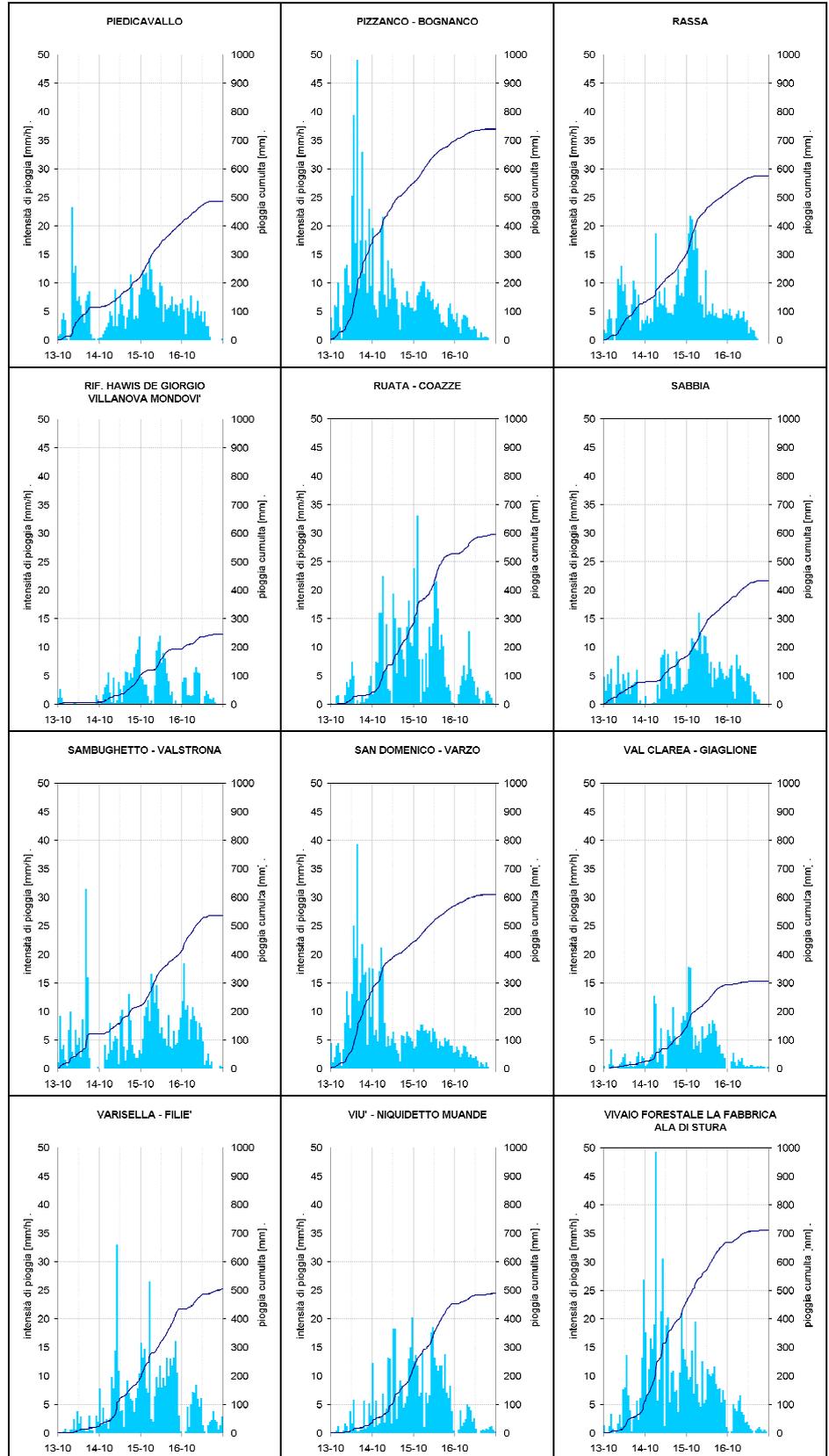
Interessante appare il quadro delle intensità di precipitazione, con valori di pioggia oraria che generalmente hanno superato nel corso dell'intero evento 5-10 mm/ora ed hanno fatto frequentemente registrare picchi superiori a 15-20 mm/ora ed in alcuni casi compresi tra 25 e 45 mm/ora; inoltre solo in rari casi si osservano significative interruzioni delle precipitazioni.

Negli ietogrammi che seguono viene illustrata la distribuzione temporale delle piogge per ciascuna stazione meteopluviometrica selezionata. In tali diagrammi vengono riportati, in funzione del tempo espresso in giorni (asse delle ascisse), l'intensità oraria espressa in millimetri/ora, in forma di istogramma (primo asse delle ordinate) e la pioggia cumulata espressa in millimetri, in forma di linea continua (secondo asse delle ordinate).

Figura 34 Ietogrammi delle stazioni significative







I dati fondamentali che consentono una caratterizzazione delle precipitazioni puntualmente registrate sono sintetizzati in Tabella 3. Per ciascuna delle stazioni precedentemente selezionate, accorpate per bacino o per gruppi di bacini contigui, vengono riportate le massime altezze di pioggia espresse in funzione di diverse aggregazioni temporali (1, 3, 6, 12, 24 ore) calcolate sulla base dei dati di pioggia misurati con cadenza di 10 minuti, utilizzando una finestra mobile di ampiezza corrispondente a ciascuna durata.

Come si può notare osservando la Tabella 3 le precipitazioni sono state caratterizzate da intensità piuttosto elevate sia sulle brevi durate (1, 3, 6 ore) e soprattutto sulle medie durate (12, 24 ore).

In particolare, per le brevi durate si segnalano i massimi di precipitazione oraria registrati dalle stazioni di Bognanico-Pizzanco, Ceresole Reale-Villa, Corio-Piano Audi, Varisella-Filie', Groscavallo-Forno Alpi Graie, Ala di stura-Vivaio Forestale e Piamprato, superiori a 40 mm/ora; i casi di Varzo-San Domenico, Fobello, Corio-Piano Audi, dove sono state superate punte di 70 mm in 3 ore con massimi assoluti di 108 mm in 3 ore a Bognanico-Pizzanco. Si segnalano inoltre i valori su 6 ore registrati a Bognanico-Pizzanco (167.6 mm/6 ore) e Bobbio Pellice-Colle Barant (160.6 mm in 6 ore).

Per la medie durate sono degni di nota i valori registrati dalle stazioni di Varzo-San Domenico, Bognanico-Pizzanco, Groscavallo-Forno Alpi Graie, Ala di stura-Vivaio Forestale, Piamprato, Angrogna-Vaccera, Bobbio Pellice-Colle Barant, dove sono stati superati i 200 mm in 12 ore e quelli registrati dalle stazioni di Bognanico-Pizzanco, Ala di stura-Vivaio Forestale, Piamprato e Angrogna-Vaccera che hanno superato i 350 mm in 24 ore.

Tabella 3 Massime altezze di precipitazione per differenti durate registrata nei giorni 13-16 Ottobre.

ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Toce	Bognanico Pizzanco	49	108.8	167.6	261.4	397.4
	Antrona Alpe Cheggio	32.2	66.2	108.6	183.4	316.4
	Varzo San Domenico	39.2	83.6	132.2	215.8	346.6
	Macugnaga Pecetto	16.2	41.2	77.8	141.4	231
	Valstrona Sambughetto	38.8	52.6	79.4	128.4	215.8
	Montcrestese	16.4	36.6	53.2	90.6	163
	Lago di Larecchio Formazza Bruggi	20.4	40.2	68.2	107.4	178.4

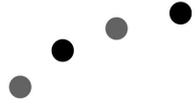
ZONA	Stazione	Massima altezza di pioggia [mm]				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	Domodossola Nosere	25.2	42.2	61.2	107.4	178.2
	Crodo Istituto Agrario	17.8	26.2	46.2	83.4	135.2
Sesia - Dora Baltea	Boccioletto Ronchi	24.4	66.4	117	177.6	266.4
	Trivero Alpe Camparient	26.2	66	114.2	168.6	280.2
	Carcoforo	18.6	49	86.2	152.2	240.6
	Fobello	28.4	72.4	115.6	174.4	235.4
	Rassa	23	63.8	115.6	172.4	251.2
	Alagna -Bocchetta Delle Pisse	28.4	48.4	89	154	250.8
	Piedicavallo	24.4	48	71.6	119.6	194.6
	Sabbia Municipio Andrate Pinalba	17 29.4	39.4 59.4	72.6 96.4	127.8 131.2	193.2 231.2
Orco – Stura di Lanzo	Ala Di Stura Vivaio Forestale	49.2	84.2	137.8	232.4	362.6
	Valprato Soana Piamprato	41.2	109	190.6	287.2	414
	Groscavallo Forno Alpi Graie	43.2	91	126.8	217	307.8
	Corio Piano Audi	46.6	91.4	135	178.6	326
	Varisella Filiè	42.4	58.4	86.6	134.8	258
	Ceresole Reale Villa	29.2	58.4	79.6	149.8	226
	Viù Niquidetto	25	49.4	86.2	138.6	264
	Locana Lago Di Valsoera	27.4	57.4	93	127.8	233.2
	Ceresole Reale Lago Agnel	23.6	55.6	93.6	164.6	233
Dora Riparia Sangone	Coazze Ruata	34.6	74.6	111.4	174.8	303
	Chiomonte Finiere	27.6	55.2	85.2	122.2	188
	Giaglione Val Clarea	18.8	47	71.6	108.8	175.2
Pellice – Alto Po	Angrogna Vaccera	32.4	82	123.2	209.8	359.4
	Bobbio Pellice Colle Barant	37.2	97	160.6	225	329.4
	Barge Valle Infernotto	22.2	56	95.4	161.8	260.2
Alto Tanaro	Briga Alta Piaggia	15.8	34.4	57.6	89.8	153
	Frabosa Sottana Borello	19.8	40.4	59.6	93.8	152.4
	Villanova Mondovi Rifugio de Giorgio	14.2	33	57.8	76.2	141

Analisi statistica

La stima dei tempi di ritorno relativi alle precipitazioni registrate è stata effettuata separatamente per le piogge medie areali e per le piogge puntuali.

Piogge medie areali.

Per quantificare la rarità dell'evento in esame si è effettuato il confronto tra i valori calcolati sulla base delle osservazioni disponibili e le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica utilizzate per la determinazione delle soglie pluviometriche del sistema di

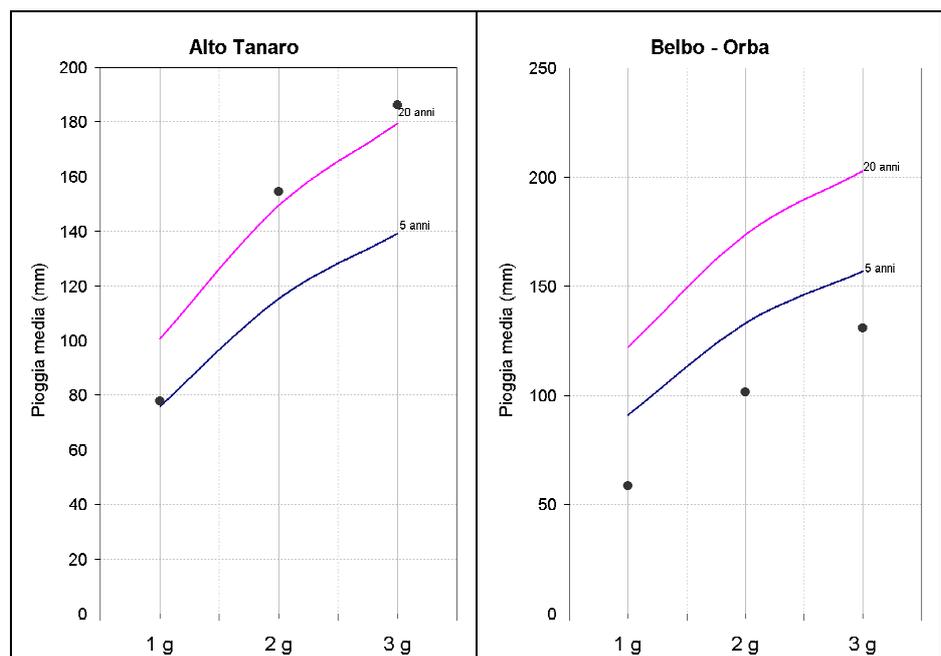


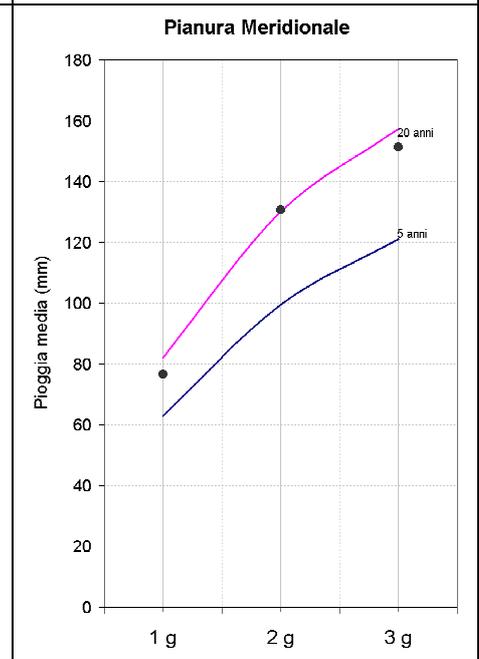
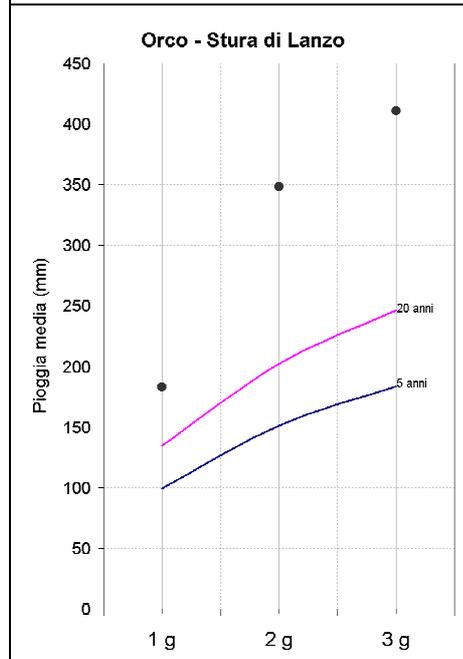
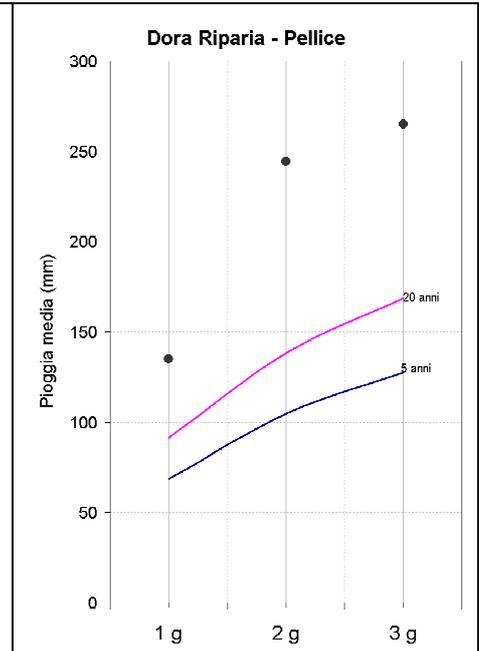
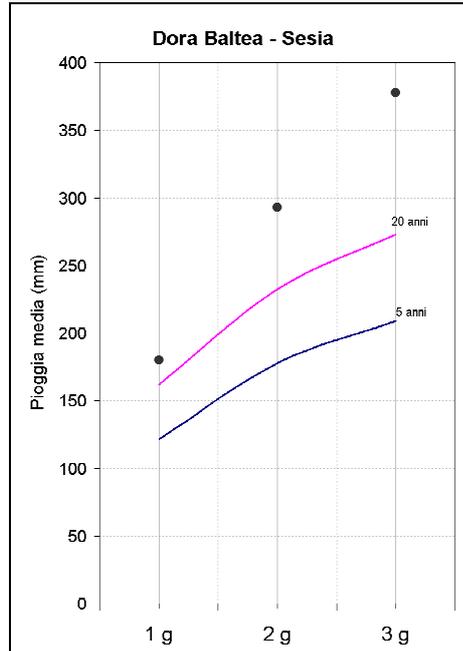
allertamento (Figura 35) ; queste ultime sono state elaborate sulla base dei dati pluviometrici storici del servizio Idrografico nazionale.

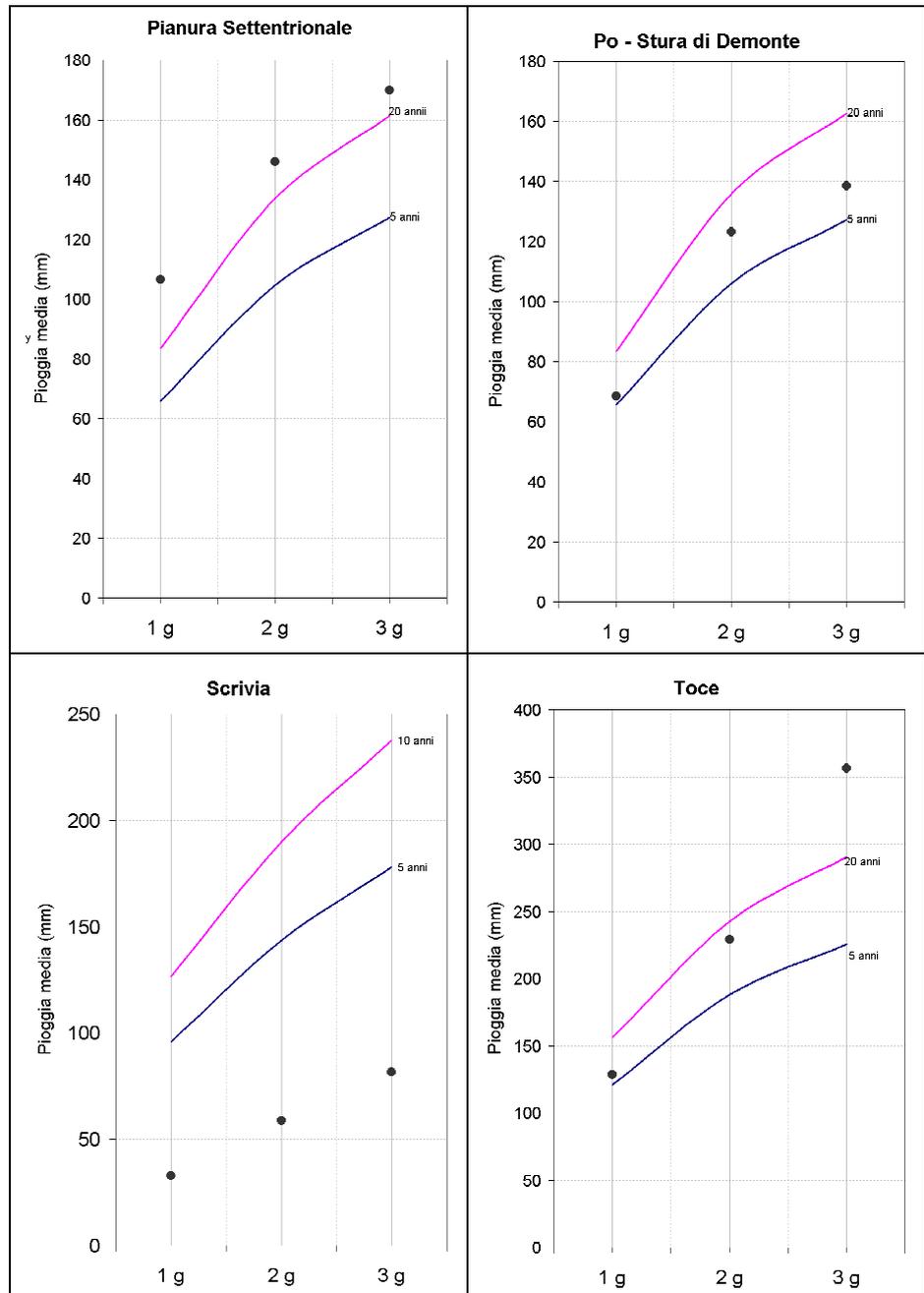
Per quanto riguarda le piogge ad aggregazione superiore ad un giorno si segnala una criticità elevata, nelle zone: "Toce", "Dora Baltea – Sesia", "Orco - Stura di Lanzo", "Dora Riparia – Pellice" e "Pianura Settentrionale". Per la zona "Alto Tanaro" si segnala una media criticità mentre le piogge relative a "Belbo – Orba", "Scriveria" e "Pianura meridionale e Colline piemontesi", non risultano particolarmente critiche. Per quanto riguarda la Bormida è utile ricordare che una parte significativa del bacino appartiene al territorio Ligure per il quale non si dispone di dati misurati.

Per le durate fino a 12 ore invece si evidenziano valori di media criticità solamente nelle zone: "Orco - Stura di Lanzo" e "Dora Riparia – Pellice" e relativamente alle sole durate di 6 e 12 ore. A questo proposito si deve segnalare il caso particolare della zona "Toce", dove il campo di pioggia è caratterizzato da una elevata variabilità spaziale con valori di precipitazione estremi esclusivamente nella parte occidentale, perciò a fronte di valori bassi per le piogge ragguagliate si sono registrate ingenti piene in alcuni bacini medio piccoli quali ad esempio i torrenti Bogna e Diveria.

Figura 35 Confronto delle altezze di pioggia media areale dell'evento con le curve di possibilità pluviometrica relative a tempi di ritorno di 5 e 20 anni







Piogge puntuali

Per quanto riguarda le piogge puntuali, la stima dei tempi di ritorno è stata effettuata sulla base delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate con diversi modelli statistici:

- approccio scala-invariante e distribuzione log-normale con interpolazione spaziale dei dati attraverso kriging (RAP -Raifall Analsys Package-, realizzato dal Dott. Ing. P. Burlando, dal Dott. Ing. G. Oliva e dal Prof. Ing. R. Rosso, in collaborazione con Arpaceas);

- analisi regionale e distribuzione TCEV (atlante delle piogge intense sulle alpi occidentali realizzato nell'ambito del progetto Interreg IIC, in pubblicazione)
- confronto con le stime prodotte dall'autorità di Bacino del Po pubblicate nella direttiva "piena di progetto" del PAI.

I risultati sono riportati in Tabella 4

Tabella 4 Tempi di ritorno relativi alla precipitazione registrata per differenti durate.

ZONA	Stazione	Tempi di ritorno[anni] per diverse durate				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Toce	Bognanco Pizzanco	>200	>200	>200	>200	>200
	Antrona Alpe Cheggio	20	30	50-100	100-200	>200
	Varzo San Domenico	100	>200	>200	>200	>200
	Macugnaga Pecetto	<2	3-5	10-20	30-50	50-100
	Valstrona Sambughetto	5	2-3	2-3	3-5	5-10
	Montecrestese	<2	2-3	2-3	3-5	5-10
	Lago di Larecchio	2-3	2-3	5-10	5-10	10
	Formazza Bruggi	2-3	2-3	5-10	5-10	10
Sesia - Dora Baltea	Domodossola Nosere	3-5	2-3	2-3	3-5	5-10
	Crodo Istituto Agrario	<2	<2	<2	2-3	3-5
	Boccioletto Ronchi	2-3	5-10	20-30	30-50	30-50
	Trivero Alpe Camparient	<2	5-10	20	20-30	30-50
	Carcoforo	<2	3-5	5-10	20-30	30-50
	Fobello	3-5	10-20	30-40	40-50	20-30
	Rassa	<2	5-10	20-30	20-30	30-50
	Alagna -Bocchetta Delle Pisse	10-20	10-20	20-30	30-50	50-100
Orco – Stura di Lanzo	Piedicavallo	<2	2-3	2-3	3-5	5-10
	Sabbia Municipio	<2	<2	2-3	3-5	3-5
	Andrate Pinalba	2-3	3-5	10-20	20-30	100-200
	Ala Di Stura Vivaio Forestale	50-100	30-50	50-100	>200	>200
	Valprato Soana Piamprato	20-50	200	>200	>200	>200
	Groscaivallo Forno Alpi Graie	100-200	150-200	>200	>200	>200
	Corio Piano Audi	10-20	30-50	50-100	50-100	>200
	Varisella Filiè	20-30	5-10	10-20	20-30	150-200
	Ceresole Reale Villa	20-30	30-50	30-50	150-200	150-200
Dora Riparia Sangone	Viù Niquidetto	2-3	3-5	10-20	20-40	150-200
	Locana Lago Di Valsoera	3-5	5-10	10-20	10-20	50-100
	Ceresole Reale Lago Agnel	10-20	50-100	150-200	>200	>200
Pellice – Alto Po	Coazze Ruata	10-20	30-50	50-100	>200	>200
	Chiomonte Finiere	50-100	150-200	>200	>200	>200
	Giaglione Val Clarea	5-10	50-100	150-200	>200	>200
Pellice – Alto Po	Angrogna Vaccera	10-20	80-100	100-150	>200	>200

ZONA	Stazione	Tempi di ritorno[anni] per diverse durate				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
	Bobbio Pellice Colle Barant	100-150	>200	>200	>200	>200
	Barge Valle Infernotto	2-3	5-10	20-30	50-100	150-200
Alto Tanaro	Briga Alta Piaggia	<2	<2	2-3	2-3	3-5
	Frabosa Sottana Borello	<2	2-3	2-3	5-10	10-20
	Villanova Mondovì Rifugio de Giorgio	<2	<2	2-3	2-3	5-10

Nella Figura 36 vengono illustrati i risultati per le stazioni più significative, le altezze di pioggia dell'evento (asse delle ordinate), espresse in funzione di diverse durate (1, 3, 6, 12, 24 ore – asse delle ascisse), vengono confrontate con curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno (5, 10, 20, 50 anni). Le altezze di pioggia dell'evento vengono rappresentate con simbolo circolare, le curve di possibilità pluviometrica con linea continua.

Osservando tali diagrammi si nota che la distribuzione dei punti confrontata con le linee di possibilità pluviometrica, riflette le caratteristiche di un evento di lunga durata, in cui i tempi di ritorno crescono con le durate. Tuttavia si è registrata la presenza, in tutti i bacini interessati dall'evento, di scrosci di notevole intensità in molte stazioni (Bognanco, Varzo, Ala Di Stura, Groscavallo, Chiomonte, Bobbio Pellice), questi hanno ulteriormente aggravato la risposta dei bacini idrografici interessati anche alle scale spaziali minori.

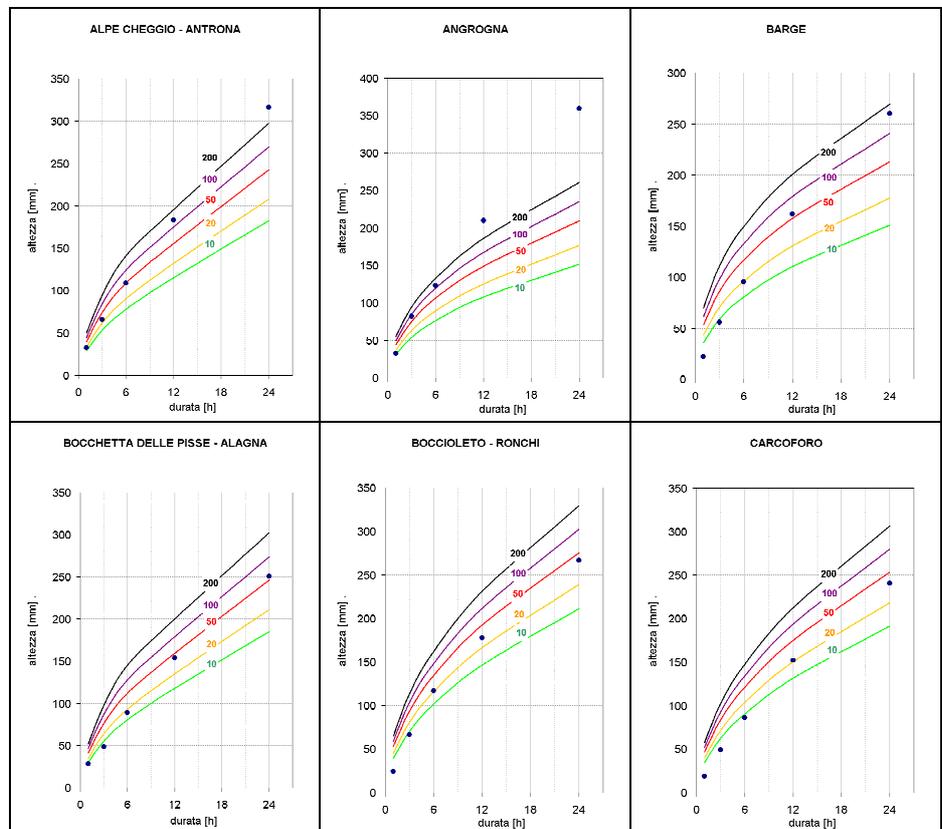
In particolare, analizzando le piogge massime registrate nelle diverse zone, si può notare:

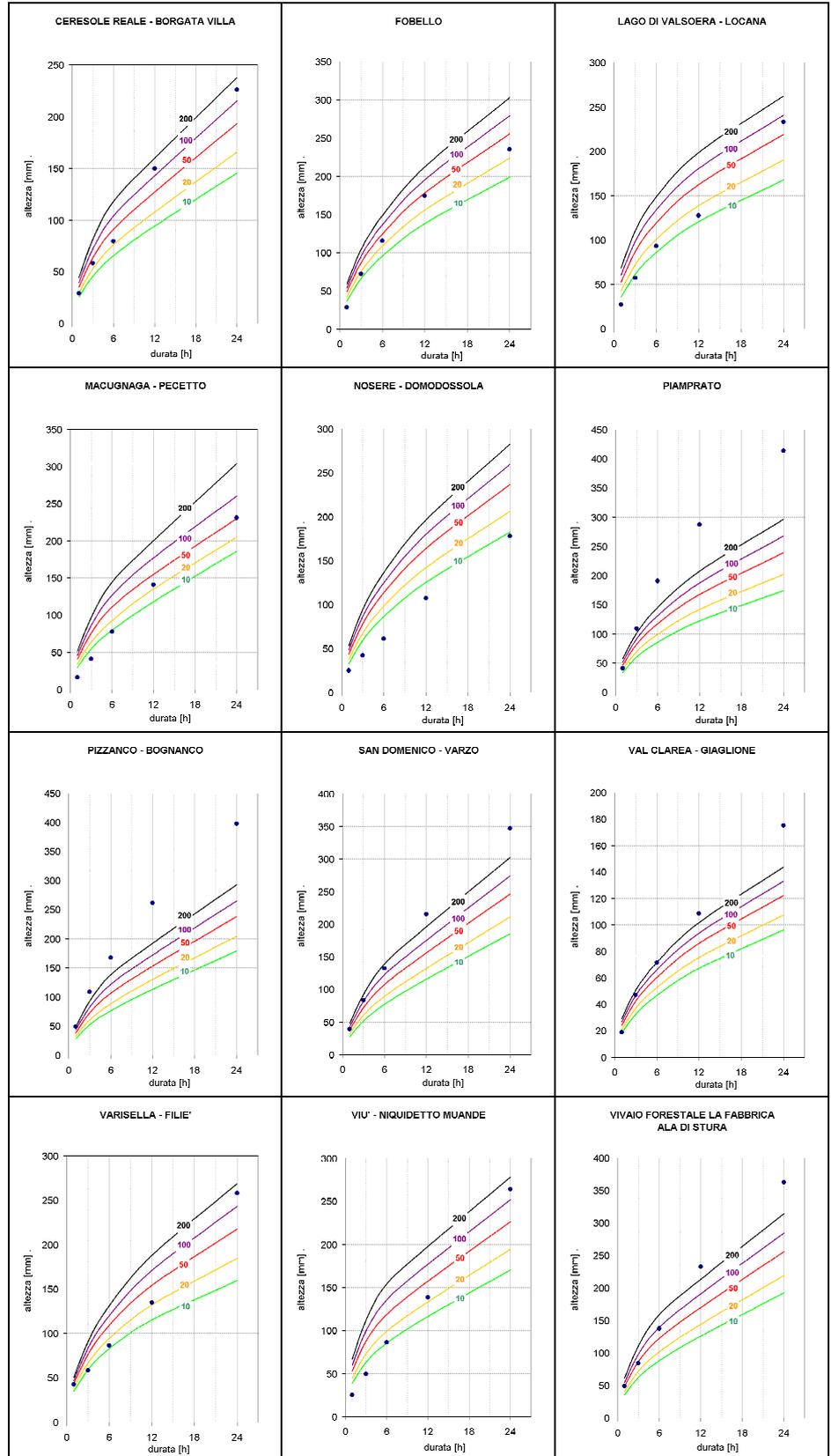
- Le stazioni ossolane nel settore occidentale hanno fatto registrare valori superiori ad un tempo di ritorno di 200 anni mentre quelle orientali si collocano in un intervallo compreso tra meno di 5 anni e 10 anni. Le durate più critiche sono quelle maggiori tranne nei casi di Bognanco e Varzo dove le precipitazioni sono risultate estremamente critiche anche per le durate di 1 e 3 ore.
- Le precipitazioni del settore Val Sesia-Dora Baltea registrano generalmente tempi di ritorno nell'intervallo compreso tra 5 e 50 anni e mostrano, anche in questo caso un aumento della criticità con la durata. Le stazioni che registrano le precipitazioni più critiche sono quelle di Andrate, che appartiene al bacino della Dora Baltea, e quella di Alagna

Valsesia che è situata in alta Val Sesia al confine con la Val d'Aosta.

- Nei bacini Orco-Stura di Lanzo le piogge sono caratterizzate da elevata criticità con valori del Tempo di ritorno generalmente superiori a 150-200 anni per le durate di 12 e 24 ore e solo per le stazioni di Ala di Stura, Groscavallo (valli di Lanzo) e Ceresole Reale – L. Agnel (Alto Orco) le precipitazioni sono risultate critiche anche alle durate minori.
- Le piogge della media Val di Susa, e delle Valli Sangone, Chisone Pellice e Po sono caratterizzate da valori dei tempi di ritorno generalmente superiori ai 200 anni per le durate di 12 e 24 ore. Le piogge di Chiomonte, Bobbio Pellice e Angrogna sono le più critiche alle durate minori.
- Nel Piemonte meridionale (Alto Tanaro) le precipitazioni hanno avuto tempi di ritorno compresi tra meno di 5 anni e 20 anni.

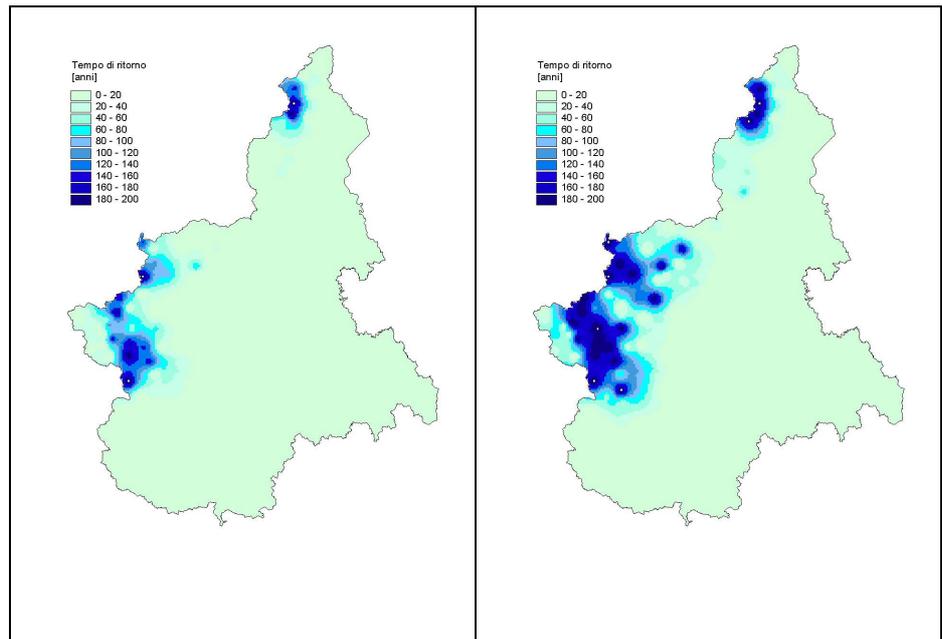
Figura 36 Confronto delle altezze di pioggia dell'evento con le curve di possibilità pluviometrica relative a tempi di ritorno di 5, 10, 20 e 50 anni





Nella Figura 37 sono cartografati i tempi di ritorno delle precipitazioni sulla base delle registrazioni ottenute da tutte le stazioni delle rete Regionale, le aree maggiormente colpite dall'evento vengono correttamente evidenziate in entrambe le analisi statistiche effettuate.

Figura 37 Andamento dei tempi di ritorno relativi alle precipitazioni di 6 e 24 ore



Confronto delle misure pluviometriche registrate in siti limitrofi in valle Orco

Nella valle Orco le stazioni di Ceresole Reale – Villa e di Bertodasco, appartenenti alla rete pluviometrica della Regione, sono ubicate in prossimità di strumenti di misura appartenenti all'Ufficio Idrografico gestiti dall'AEM (UI-AEM), rispettivamente a Ceresole Reale – Villa e a Rosone.

Confrontando l'andamento delle precipitazioni per le due coppie di stazioni limitrofe si nota un sostanziale accordo fra le misurazioni, tuttavia sebbene la vicinanza delle stazioni faccia supporre anche un accordo fra i quantitativi registrati, i totali di pioggia cumulata registrati durante l'evento del 13-16 Ottobre risultano essere significativamente differenti. Tale discordanza ha suggerito la necessità di procedere ad un sopralluogo per eseguire prove di taratura in sito dei pluviometri in questione. L'intervento per la verifica della taratura degli strumenti è stato effettuato il 13 febbraio 2001 dal Dott. Alberto Olivero per la Regione Piemonte, dal tecnico Fausto

	[cm ³]	[mm/h]	[n°]	[n°]	[mm]	[mm]	[%]	[-]
Ceresole R.	200	34	10	12	2	2,425	21%	0,82
Villa Uff. Idrografico AEM	400	37	20	25	4	5	25%	0,80
	1000	39	50	60	10	12,05	21%	0,83
						Media	22%	0,82
Ceresole R. Villa Reg. Piemonte	400	30	20	20	4	4	0%	1,00
	1000	25	50	48	10	9,78	-2%	1,02
						Media	1%	1,01
Rosone Uff. Idrografico AEM	400	40	20	24	4	4,8	20%	0,83
	400	44	20	24	4	4,8	20%	0,83
	1000	44	50	59	10	11,8	18%	0,85
						Media	19%	0,84
Bertodasco Reg. Piemonte	200	30	10	9	2	1,94	-3%	1,03
	400	25	20	18	4	3,78	-6%	1,06
	1000	40	50	47	10	9,58	-4%	1,04
						Media	-4%	1,04

I controlli di taratura hanno permesso di accertare la notevole discrepanza fra volume reale e quello effettivamente misurato dai due strumenti UI-AEM. Questi ultimi infatti tendono a sovrastimare nettamente l'entità delle precipitazioni.

I fattori di correzione ottenuti dalle prove di taratura sono stati applicati ai dati misurati durante l'evento dell'ottobre 2000, dal giorno 13 al giorno 16 inclusi. La Tabella 6 riporta il quadro dei risultati: si tenga presente inoltre che i dati riportati per le stazioni pluviografiche UI-AEM derivano dalla lettura dei tracciati cartacei mentre per le stazioni regionali i dati sono in formato digitale.

Tabella 6 Correzione misure pluviometriche per l'evento

Stazione	Proprietario	Precipitazione totale misurata	cumulata	Fattore	Precipitazione totale corretta	cumulata
		Mm			mm	
Ceresole R. Villa	-Uff. Idrografico - AEM	713		0,82	585	
Ceresole R. Villa	-Reg. Piemonte	492		1,01	496	
ROSONE	Uff. Idrografico - AEM	713		0,84	599	
BERTODASCO	Reg. Piemonte	434		1,04	460	

L'indagine su Bertodasco è stata estesa al sito di Lago di Valsoera dove è presente una analoga stazione Regionale. Il sito è a quota più elevata e la quantità di precipitazione (436.8) misurata durante l'evento ottobre 2000 è in linea con quella dello strumento di Bertodasco.

Analisi idrometrica

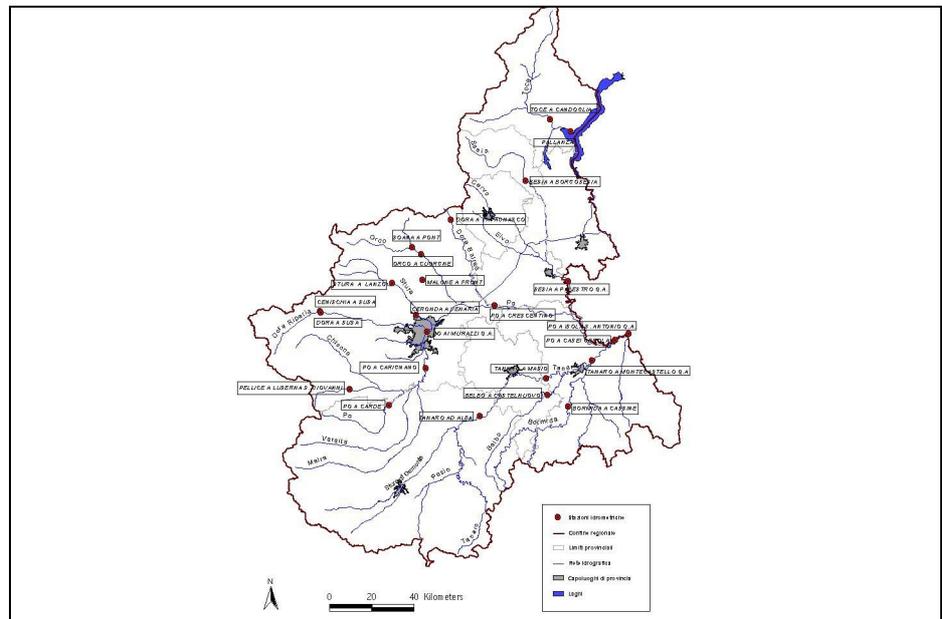
Introduzione

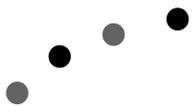
L'intensità, la persistenza e l'ampia distribuzione spaziale delle precipitazioni hanno generato significative onde di piena sui principali corsi d'acqua del reticolo idrografico piemontese, che hanno raggiunto carattere di eccezionalità in tutto il settore settentrionale del bacino del Po, interessando tutti gli affluenti di sinistra sino al Ticino.

Vengono evidenziati di seguito i dati di maggior interesse acquisiti dalla strumentazione idrometrica della regione Piemonte, integrata con la rete nazionale del Servizio Idrografico e Mareografico, disponibile in tempo reale ai sensi del protocollo d'intesa tra Regione Piemonte e Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali del 24/4/1996. Nel successivo capitolo l'eccezionalità dell'evento sarà evidenziata dal confronto con gli eventi storici.

Nella Figura 39 è rappresentato lo sviluppo della rete idrografica piemontese, con l'ubicazione delle stazioni di misura disponibili in tempo reale durante l'evento.

Figura 39 Rete idrografica con l'ubicazione delle stazioni idrometriche



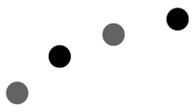


L'evento di piena lungo la rete idrografica principale

L'evento alluvionale appare eccezionale sull'intera asta del Po. A Carignano, grazie ai contributi della parte montana del Po, del Pellice e del Chisone, la portata ha superato i 2000 m³/s. Da segnalare la rarità dell'evento sul Chisone dove il tempo di ritorno del picco ha superato il secolo. Ulteriore notevole contributo alla formazione della piena del Po a monte di Torino è stato quello del Sangone per cui tuttavia non si dispone di dati misurati. La portata massima a Torino, registrata nella mattinata del 16 ottobre, è valutabile in 2350 m³/s ed è quindi superiore alla massima storica di 2230 m³/s verificatasi nel corso dell'evento del 1949.

A valle di Torino i deflussi hanno risentito dei cospicui apporti di Dora Riparia, Stura di Lanzo, Malone e Orco. In particolare è importante segnalare che le onde di piena formatasi in questi corsi d'acqua risulta sfasata rispetto a quelle dei bacini di monte; questo ha certamente avuto effetti positivi per quanto riguarda gli effetti sul fiume Po.

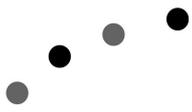
Sulla Dora Riparia l'evento di piena rappresenta uno dei più gravosi registrati per quanto riguarda la media e la bassa valle. I livelli hanno iniziato ad aumentare il giorno 14, tuttavia l'onda di piena ha raggiunto i massimi il giorno successivo in due successivi picchi; nella fase di crescita legata al secondo picco, il più gravoso, la corrente ha mandato in avaria la stazione esistente a Susa. Considerazioni di carattere idrologico legate alla composizione delle onde di piena note per le sezioni della Dora R. a Oulx, della Dora di Bardonecchia a Beaulard e del Cenischia a Susa unitamente alla valutazione della risposta del bacino residuo, consentono di stimare in circa 500-600 m³/s il valore della portata al colmo, che risulta essere superiore ai massimi storici registrati. Da questa analisi si evidenzia ulteriormente come i contributi maggiori sono stati apportati dai tributari della media valle, primo fra tutti il Cenischia; a conferma di questo si nota come la piena registrata a Oulx e sulla Dora di Bardonecchia a Beaulard non hanno assunto carattere di eccezionalità. Inoltre è stato possibile stimare, anche grazie alle tracce della piena, il valore di 700 m³/s per la portata di picco a Torino.



Nei bacini dello Stura di Lanzo, del Malone e dell'Orco le precipitazioni hanno registrato valori elevati già a partire dalle prime ore del giorno 14. Un primo colmo si è infatti registrato nel pomeriggio del 14, seguito da un apprezzabile abbassamento nella serata, ed un secondo colmo ad iniziare dalle prime ore del 15 ottobre. Questo secondo colmo è risultato decisamente il più gravoso per Stura di Lanzo, Ceronda e Malone con valori della portata al colmo rispettivamente di 2000 m³/s, 480 m³/s e 490 m³/s; per l'Orco invece i due colmi sono molto simili con valori del primo picco di 1650 m³/s. In particolare i processi di piena dei bacini della Stura di Lanzo e dell'Orco rappresentano i più gravosi finora registrati; si deve inoltre segnalare come la presenza di ripetuti scrosci di precipitazione localizzati e di elevata intensità abbiano contribuito a mandare in crisi i tributari minori con conseguente notevole apporto di trasporto solido alle aste principali ed aggravamento degli effetti delle piene di questi ultimi.

Il contributo proveniente dalla Dora Baltea ha costituito un importante apporto alla portata del Po. L'idrogramma della Dora Baltea a Tavagnasco, interrotto in corso d'evento per l'avaria dello strumento, è integrato da quello registrato dalla stazione dell'Ufficio Cartografico e Assetto del Territorio della Regione Valle d'Aosta a Hone Bard. Al momento dell'interruzione il livello registrato a Tavagnasco era prossimo al livello del 1993 ma, come testimoniato dalle tracce di piena lasciate sul ponte di Tavagnasco, il livello massimo raggiunto è ulteriormente aumentato di circa 1.70 m corrispondente ad una portata valutabile in 3100 m³/s. Il colmo della piena si è registrato alle 14.30 del 15 ottobre alla stazione di Hone, e nella prima mattina del giorno successivo alla stazione di Verolengo, posta in chiusura di bacino.

Procedendo verso valle, il Po ha ricevuto il contributo del Sesia che ha presentato una fase di cospicuo innalzamento delle portate e dei livelli nel corso della giornata di Domenica 15 Ottobre fino a raggiungere, a Palestro, una portata al colmo di 4000 m³/s, che si è poi progressivamente attenuata nel corso della giornata del 16 ottobre. L'entità delle portate sul Po è valutabile in 8150 m³/s a Crescentino e di circa 10500 m³/s a Isola Sant' Antonio. I valori raggiunti sono confrontabili con quelli del 1994.

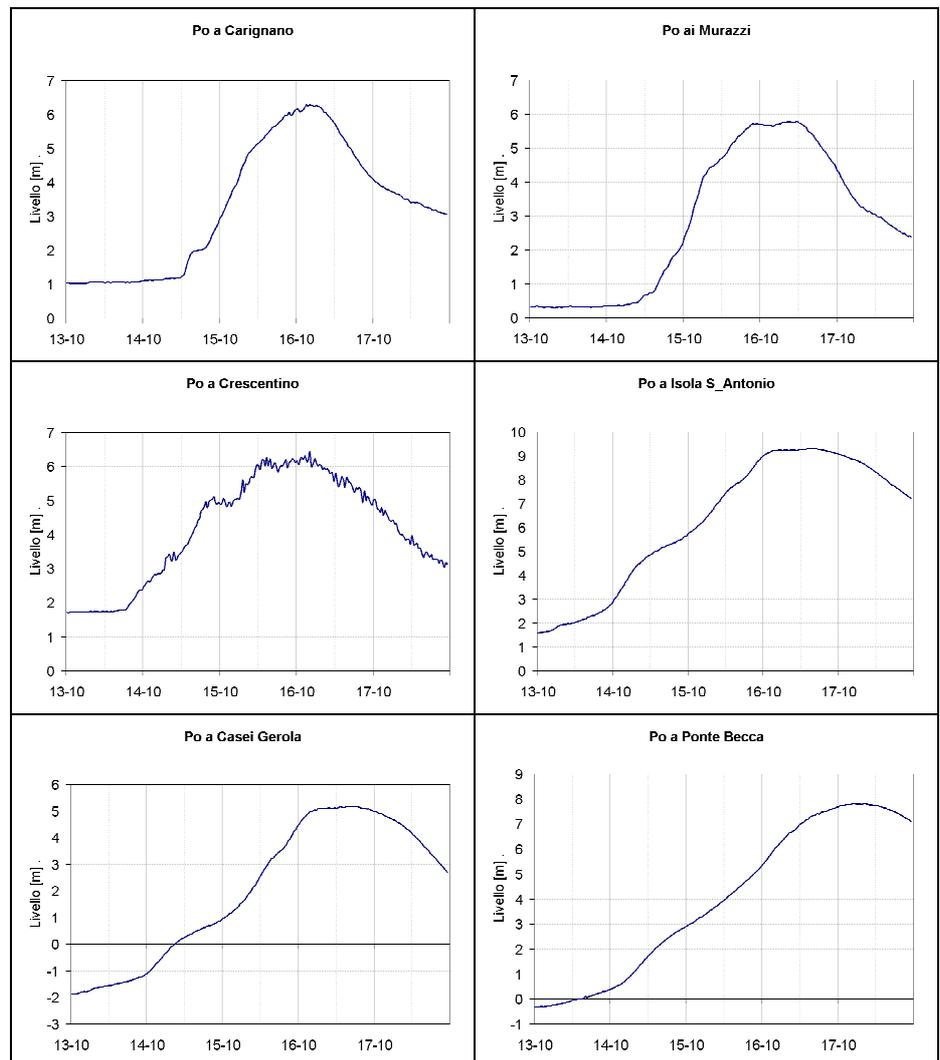


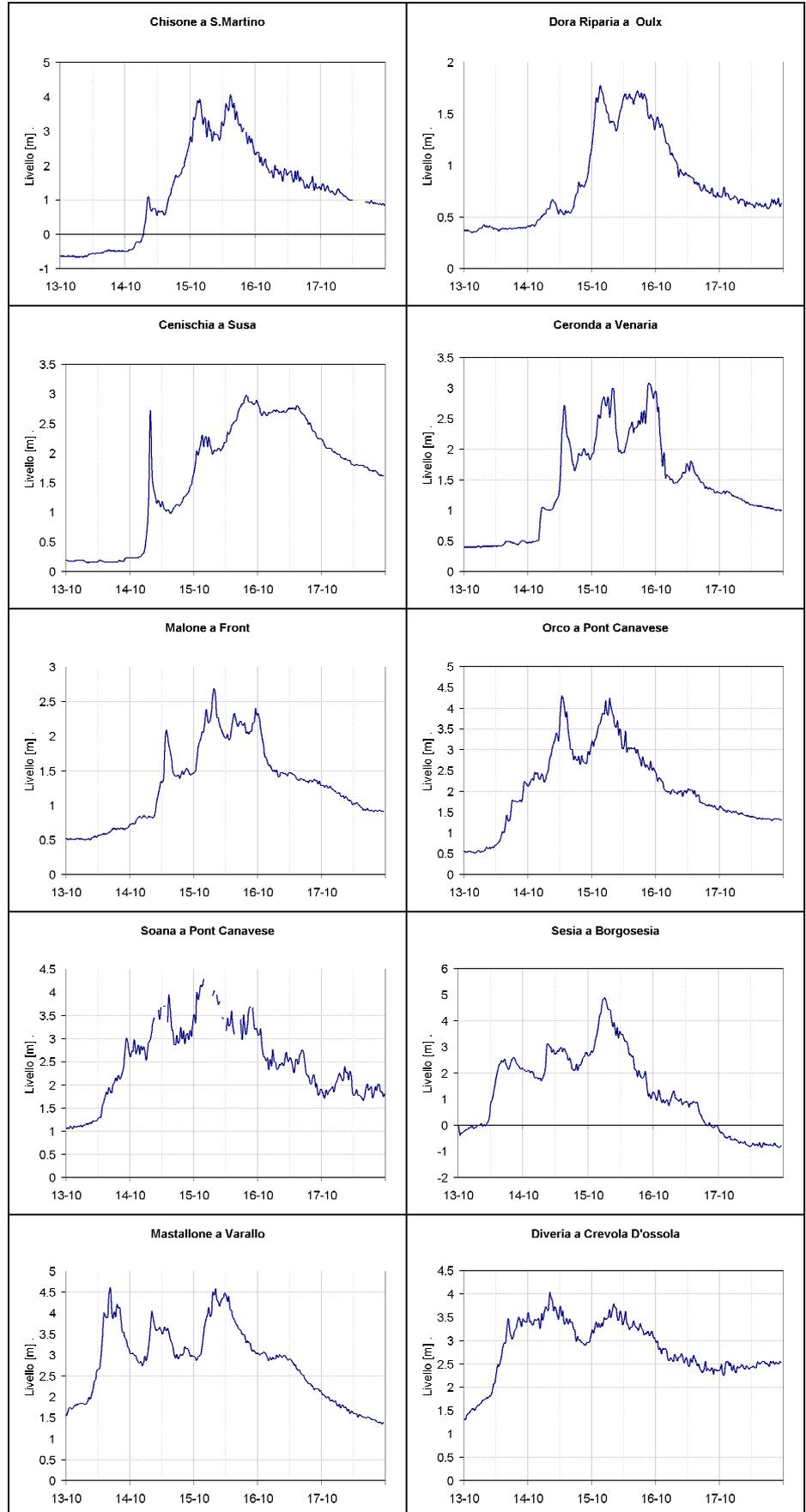
Anche nel bacino del Toce la piena ha raggiunto valori di eccezionalità. L'apporto maggiore è fornito dai tributari di destra nella media valle Ossola come il Diveria, il Bogna, l'Ovesca e l'Anza. Per l'effetto del progressivo sommarsi delle onde provenienti dai suddetti affluenti, accentuato dall'andamento delle precipitazioni, anche il Toce mostra una serie di colmi secondari nelle prime ore del 14 ottobre, nel pomeriggio della stessa giornata, prima di registrare il valore massimo di 9.16 nel pomeriggio del 15, corrispondente ad una portata di circa 2600 m³/s e ad un tempo di ritorno valutabile attorno ai 90 anni. Il lago Maggiore (Figura 41) ha presentato un livello massimo di 7.94 m sullo zero idrometrico pari a 197.94 m slm; a partire da venerdì il livello è cresciuto di 3.56 m. Tuttavia, grazie alla diminuzione delle portate degli affluenti, primo fra tutti il Toce, il livello è calato a partire dalle ore 06:00 del 17 ottobre. La dinamica del livello del lago registrata risulta simile a quella del Settembre 1993 sebbene quest'ultima sia stata di minore intensità con un livello di 7.61 registrato il 25 Settembre 1993. Tale valore si pone come il più elevato registrato a partire dall'inizio del secolo scorso, ed inferiore solamente ai due eventi del 1840 e 1868 in cui la regolazione del Lago non era ancora realizzata. Le registrazioni del livello idrico del lago, unitamente a quelle delle portate di Ticino Immissario e Maggia (L'alluvione del 12-17 Ottobre 2000 in Ticino, Istituto di scienze della Terra – SUPSI) e del Ticino Emissario (L'evento di piena dell'Ottobre 2000 sul bacino del Ticino, Cattaneo et al. – L'ACQUA 6/2000) hanno consentito di verificare le stime di portate elaborate per il Toce attraverso una modellazione inversa dell'invaso del lago. La procedura descritta ha portato alla conferma delle stime fatte a partire dalle registrazioni idrometriche.

Sul bacino del Tanaro l'evento è sensibilmente meno gravoso di quello del Po, e decisamente inferiore a quello del 1994. Sull'alto bacino, ove si sono registrate le prime e le maggiori precipitazioni dell'evento, si è manifestata una prima onda di piena a cavallo del mezzogiorno del 15 Ottobre. Nelle prime ore del mattino del 16 Ottobre, tra Alba ed Alessandria è transitata una seconda onda di entità paragonabile alla precedente. Il colmo di piena a Montecastello ha presentato un valore massimo di circa 3000 m³/s nelle prime ore del mattino del 15, inferiore ai 4800 m³/s valutati nel

corso dell'evento del 1994. L'evento è stato risentito anche nel bacino del Belbo e soprattutto della Bormida: ad Alessandria la coda della piena ha presentato nelle prime ore del pomeriggio di Lunedì un secondo colmo di entità paragonabile a quello del 15 Ottobre, in parte sostenuto dal rigurgito del Tanaro. Nella Figura 40 sono riportati gli idrogrammi registrati dalle stazioni idrometriche nelle sezioni più significative.

Figura 40 Idrogrammi dei livelli registrati





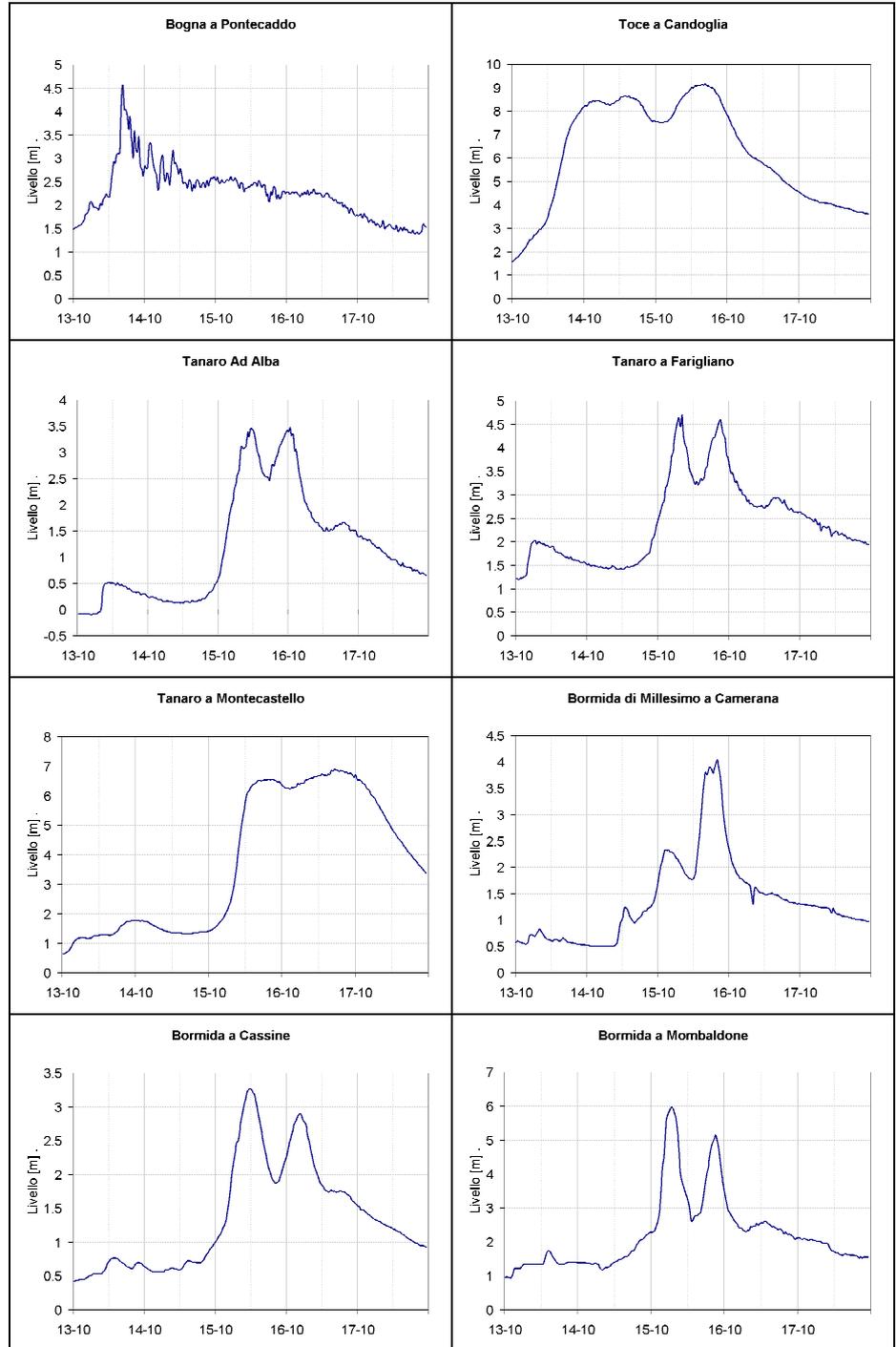
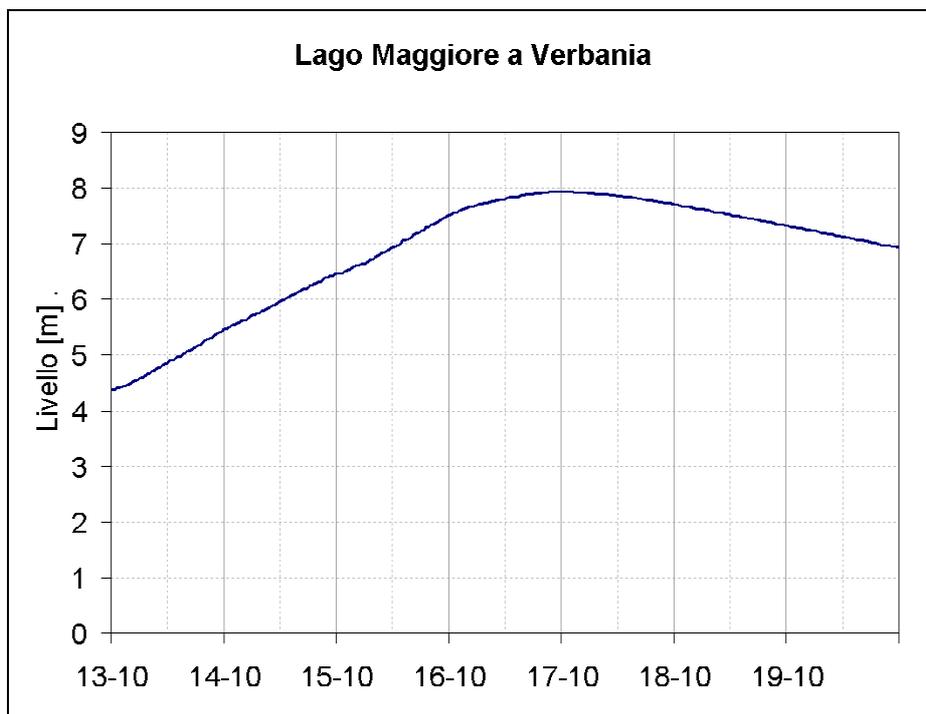


Figura 41 La piena del Verbano



Nella seguente Tabella 7 vengono riportati alcuni dati di sintesi degli idrogrammi precedenti. Da notare il rapido innalzamento dei livelli registrato che, in molte sezioni, ha avuto velocità di crescita superiori ad 1 m/h a testimonianza dell'occorrenza di scrosci di pioggia molto elevati, in particolare si segnalano il Cenischia a Susa e il Bogna a Pontecaddo. Si segnalano inoltre le elevate escursioni totali dei livelli nelle sezioni del Po, del Toce a Candoglia e del Verbano.

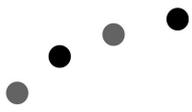
Tabella 7 Dati di sintesi relativi agli idrogrammi più significativi registrati nei giorni 13-16 Ottobre 2000

Stazione	Colmo [m]	Data [UTC]	Incrementi massimi registrati [m]					
			1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Totale
Po a Carignano	6.29	04:00 16-10-00	0.36	0.75	1.33	2.55	3.94	5.26
Po ai Murazzi	5.79	11:30 16-10-00	0.36	0.96	1.81	2.74	4.29	5.49
Po a Crescentino	6.45	04:00 16-10-00	0.57	0.73	1.28	1.86	3.03	4.74
Po a Isola S. Antonio	9.31	15:00 16-10-00	0.23	0.64	1.25	2.07	3.29	7.72
Po a Casei Gerola	5.17	16:00 16-10-00	0.22	0.63	1.16	1.97	3.7	7.05
Po a Ponte Becca	7.81	04:30 17-10-00	0.17	0.51	0.94	1.74	3.03	8.12
Chisone a S. Martino	4.05	14:30 15-10-00	0.80	1.32	2.12	3.32	4.32	4.72
Dora Riparia a Oulx	1.77	03:00 15-10-00	0.29	0.72	0.98	1.22	1.33	1.42
Cenischia a Susa	2.97	19:30 15-10-00	1.84	2.41	2.48	2.54	2.55	2.82
Ceronda Venaria	3.07	21:30 15-10-00	0.96	1.56	1.71	2.24	2.3	2.67

Tabella 7 Dati di sintesi relativi agli idrogrammi più significativi registrati nei giorni 13-16 Ottobre 2000

Stazione	Colmo [m]	Data [UTC]	Incrementi massimi registrati [m]					
			1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Totale
Malone Front	a 2.69	07:30 15-10-00	0.69	0.92	1.25	1.35	1.86	2.19
Orco Cuorgnè	a 4.29	12:30 14-10-00	1.07	1.13	2.01	2.10	3.55	3.78
Soana a Pont Canavese	4.28	03:30 15-10-00	1.13	1.13	1.28	1.78	2.45	3.23
Sesia Borgosesia	a 4.87	06:00 15-10-00	1.14	1.77	2.5	2.71	3.17	5.71
Mastallone Varallo	a 4.6	16:30 13-10-00	1.06	1.58	2.28	2.78	2.78	3.24
Diveria Crevola D'ossola	a 4.02	08:00 14-10-00	0.53	0.93	1.55	1.9	2.28	2.7
Bogna Pontecaddo	a 4.57	16:30 13-10-00	1.46	1.65	2.4	2.75	2.75	3.19
Toce Candoglia	a 9.16	16:30 15-10-00	0.62	1.79	3.24	4.83	6.61	7.57
Lago Maggiore Verbania	a 7.94	21:30 16-10-00	0.08	0.17	0.33	0.6	1.15	3.56
Tanaro Farigliano	a 4.7	08:00 15-10-00	0.5	1.2	1.98	2.99	3.25	3.50
Tanaro Alba	Ad 3.47	00:30 16-10-00	0.47	1.03	2.03	3.02	3.33	3.57
Tanaro Montecastello	a 6.92	17:00 16-10-00	0.88	2.39	3.81	4.79	5.21	6.28
Bormida Cassine	a 3.27	11:30 15-10-00	0.39	1	1.69	2.3	2.68	2.85
Bormida di M. a Camerana	4.04	20:00 15-10-00	0.7	1.76	2.13	2.13	2.87	3.54
Bormida di S. Mombaldone	5.98	06:30 15-10-00	1.25	3.04	3.68	4.19	4.67	5.02

La propagazione della piena lungo il fiume Po presenta alcune caratteristiche particolari evidenziate dall'andamento sincrono dei livelli nelle diverse sezioni del fiume da Torino a Isola S. Antonio causato dalla distribuzione spazio-temporale delle piogge. Innanzitutto si nota che la stazione dove i livelli manifestano i primi innalzamenti è quella di Isola S. Antonio, seguita da Casei Gerola e Ponte Becca (Figura 42) : questo è dovuto al contributo notevole del fiume Sesia nel cui bacino le piogge del giorno 13 hanno causato la massima piena di alcuni importanti affluenti come il Mastallone. Successivamente, nella notte tra Venerdì 13 e Sabato 14, i livelli crescono a Crescentino dove risulta evidente il contributo dell'onda di piena della Dora Baltea, a cui si sommano quelle di Orco, Malone e Stura di Lanzo. Le ultime sezioni a segnalare l'innalzamento dei livelli sono quelle di Torino Murazzi, Carignano e Cardè. In questo caso sono le piogge della parte terminale dell'evento a generare l'onda di piena. Il giorno 15 infatti le precipitazioni hanno investito in particolare



la parte occidentale e nordoccidentale della regione quindi i bacini idrografici di: Alto Po, Pellice, Chisone, Sangone e Dora Riparia. La dinamica descritta ha prodotto uno sfasamento tra le onde di piena degli affluenti maggiori a valle della Stura di Lanzo e quella generatasi nella parte di bacino a monte di Torino. Questo ha contribuito a non incrementare ulteriormente i valori del colmo di piena nelle sezioni a valle di Torino ma ha favorito la formazione di un'onda di piena estremamente allungata nel tempo con portate che hanno mantenuto valori di colmo per 8-10 ore consecutive rendendo poco sensibili gli effetti della laminazione. Lungo il fiume Tanaro si evidenzia la sovrapposizione di due processi di piena differenti, quello relativo al bacino montano del Tanaro da una parte e quello relativo alle Bormide dall'altra, che portano al contemporaneo innalzamento dei livelli a Masio e a Montecastello (Figura 43). Nella parte montana del bacino si è avuta la formazione di un'onda a due picchi, evidente a Farigliano e ad Alba, che a causa dei fenomeni di laminazione si regolarizza in un'unica onda a Masio. Da notare in particolare l'assenza di contributi significativi da parte della Stura di Demonte. Il processo di piena delle Bormide, anch'esso caratterizzato da due picchi, apporta un contributo notevole alla piena del Tanaro, evidente nell'idrogramma di Montecastello, il cui primo colmo è proprio dovuto al primo picco di piena della Bormida. Da notare infine come il secondo colmo registrato a Montecastello sia caratterizzato da un lungo permanere dei valori massimi: questo fenomeno trova una spiegazione nel rigurgito dovuto al concomitante passaggio dell'onda nel Po

Figura 42 Traslazione dell'onda di piena lungo il Po

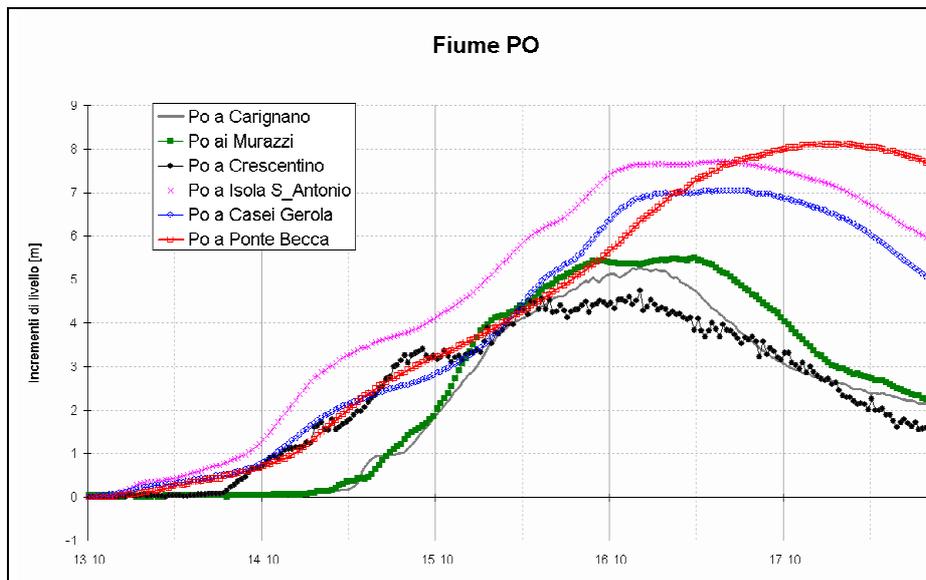
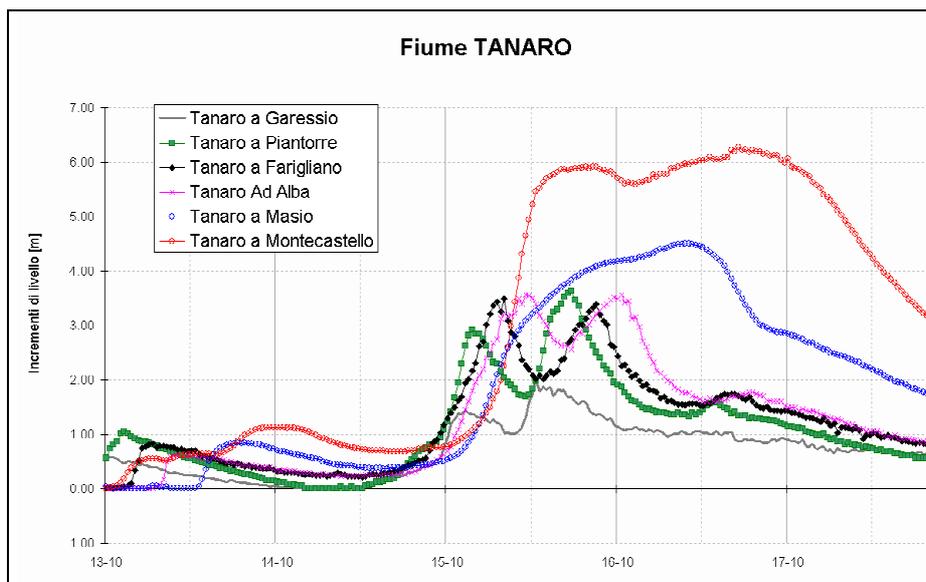


Figura 43 Traslazione dell'onda di piena lungo il Tanaro



Analisi statistica delle portate al colmo di piena

L'analisi statistica relativa ai valori del colmo di piena è stata effettuata sulla base dell'analisi dei valori definiti nella Direttiva "Piena di Progetto" emessa dall'Autorità di Bacino nell'ambito del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), almeno per i corsi d'acqua coperti dalla direttiva stessa. Negli altri casi, il quadro idrologico della direttiva è stato integrato dalle valutazioni di portata effettuate con il modello probabilistico M.G. (Maione 1997; Maione et al.1998) sull'intero territorio italiano. Come si vede dalla tabella si è trattato di un evento estremo con ricorrenza secolare per i fiumi Toce, Orco,

Chisone, e l'asta del Po fino a Torino e plurisecolare per Dora Baltea, Stura di Lanzo, Ceronda, Torrente Soana e per il Po a valle di Crescentino.

Nella Tabella 8 vengono riportati i valori delle portate al colmo transitate nelle sezioni più significative e la stima del relativo tempo di ritorno. I valori del picco di portata sono stati ottenuti applicando una modellistica idraulica di dettaglio alla geometria dell'alveo, disponibile da rilievi precedenti l'evento, integrata a misure dirette di velocità durante l'evento stesso laddove è stato possibile.

Tabella 8 Portate al colmo di piena

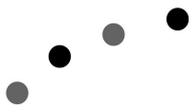
Stazione		Bacino imbrifero sotteso		Stima della portata al colmo		
Corso d'acqua	Sezione	Superficie [km ²]	Altitudine media [m slmm]	Colmo [m ³ /s]	Tempo di ritorno [anni]	Affidabilità
Asta PO	PO a Cardè	496	936	900	20	
	PO a Carignano	3976	1087	2050	80	Alta
	PO ai Murazzi	5362	907	2350	90	
	PO a Crescentino	13230	1291	8150	>200	
	PO a Isola S. Antonio	25857	948	10500	200	
	PO a Ponte Becca	36770	921	13220	>200	
Chisone	Chisone a San Martino	581	1730	980	130	Alta
Pellice	Pellice a Luserna S.G.	214	1635	700	30	Bassa
Banna	Banna a Poirino	272	293	170	<10	
	Banna a Santena	361	291	120	<10	
	Rio verde a Poirino	73	293	50	<10	
Dora Riparia	Dora di Bardonecchia a Beaulard	200	2195	70	<10	
	Dora Riparia a Oulx	258	2169	100	<10	
	Dora Riparia a Susa	827	2022	500*	50	Bassa
	Cenischia a Susa	145	1984	165	40	
Stura di Lanzo	Stura di Lanzo a Lanzo	580	1763	2000 *	>200	Bassa
	Ceronda a Venaria	173	527	480	>200	Alta
Malone	Malone a Front	126	670	490	60	
Orco	Orco a Cuornè'	630	1897	1650	80	Alta
Dora Baltea	Dora Baltea a Tavagnasco	3313	2094	3100 *	>200	Bassa
Sesia	Sesia a Borgosesia	696	1502	2400	30	Bassa
	Sessera a Pray	126	1155	460	30	Alta
	Sesia a Palestra	2587	737	4000	50	Bassa
Scrivia	Scrivia a Serravalle	619	685	130	<10	
Toce	Melezzo a Masera	51	1192	150	<10	
	Diveria a Crevola	321	1949	650	10	Bassa
	Isorno a Pontetto	70	1618	170	<10	
	Ovesca a Villadossola	145	1750	360	10	
	Anza a Piedimulera	257	1785	600	<10	Bassa
	Bogna a Pontecaddo	81	1594	700	>200	

	Toce a Candoglia	1475	1647	2600	90	Alta
Tanaro	Tanaro a Garessio	249	1424	370	<10	
	Tanaro a Piantorre	499	1058	770	30	
	Tanaro a Farigliano	1508	940	1850	30	
	Tanaro ad Alba	3379	1071	1700	<10	
	Tanaro a Masio	4534	853	1800	<10	
	Tanaro a Montecastello	7994	653	3000	10	Alta
Stura di Demonte	Stura di Demonte a Gaiola	560	1818	80	<10	
	Stura di Demonte a Fossano	1249	1587	390	30	
Borbore	Borbore a San Damiano	85	241	30	<10	
Belbo	Belbo a Castelnuovo	422	372	350	<10	
Bormida	Bormida di Spigno a Mombaldone	392	487	730	10	
	Bormida di Millesimo a Camerana	256	765	360	<10	
	Bormida a Cassine	1521	489	1200	<10	
	Bormida ad Alessandria	2568	441	1400	<10	
Orba	Orba a Casalcermelli	798	442	320	<10	
* Strumento in avaria, portata stimata da tracce di piena e da considerazioni di carattere idrologico						

Tabella 9 Campagna di misura del 15-16 /10/2000 Quadro riassuntivo dei risultati

Stazione	Data	Ora	Livello (m)	Portata (mc/s)
Po a Carignano	16-10-00	13:05	5.95	1557
Po a Crescentino	16-10-00	14:00	6.00	6634
Pellice a Luserna	16-10-00	16:50	1.37	248
Chisone a S.Martino	16-10-00	15:20	1.63	281
Sangone a Moncalieri	16-10-00	16:30	4.20	220
Dora Riparia a Torino	16-10-00	18:40	4.06	626
Stura di Lanzo a Lanzo	16-10-00	13:10	2.30	469
Ceronda a Venaria	16-10-00	10:50	1.65	133
Orco a Cuornè	15-10-00	09:30	3.94	1442
	16-10-00	15:55	1.94	579
Malone a Front	16-10-00	15:10	1.70	188
Dora Baltea a Tavagnasco	16-10-00	17:40	3.10	1086
Sesia a Borgosesia	16-10-00	12:45	1.65	704
Sessera a Pray	16-10-00	12:00	2.10	161
Toce a Candoglia	16-10-00	15:15	5.55	1034
Tanaro a Montecastello	16-10-00	17:10	6.90	2899

I valori delle portate di piena analizzati precedentemente, devono essere interpretati alla luce del diverso grado di affidabilità delle stazioni di misura considerate; durante l'evento, infatti, come già ricordato, la geometria dell'alveo di alcune sezioni dei corsi d'acqua maggiormente colpiti ha subito significative modifiche richiedendo un



aggiornamento delle scale di deflusso dopo opportuni sopralluoghi. Inoltre alcuni degli strumenti, sono stati irrimediabilmente danneggiati o addirittura asportati dal passaggio dell'onda di piena non consentendo una registrazione attendibile dei livelli.

Pertanto si è scelto di suddividere i punti di misura in tre classi di affidabilità per quanto riguarda il valore di portata: alta, media e bassa in funzione dell'attendibilità dei dati registrati che dipende dalle condizioni della sezione di deflusso, dal funzionamento dello strumento di misura e dalla disponibilità di misure dirette di portata. Sono considerate ad alta affidabilità la stazione del Po a Carignano, del Chisone a S.Martino, del Ceronda a Venaria, dell'Orco a Cuornè, del Sessera a Pray, del Toce a Condoglia e del Tanaro a Montecastello. Su queste, le campagne di misura in fase di esaurimento dell'evento, mostrano piena concordanza con gli idrogrammi registrati e le caratteristiche stesse delle sezioni confermano l'attendibilità dei dati. Le stazioni del Pellice a Luserna, della Dora Baltea a Tavagnasco e della Dora Riparia a Susa, sono da considerarsi a bassa affidabilità per avaria dello strumento in corso d'evento. Per quanto riguarda l'idrometro sul Sesia a Borgosesia, la campagna di misura effettuata ha mostrato una staratura dello strumento in corso d'evento pertanto le misure da questo effettuate non possono essere considerate pienamente attendibili. Le registrazioni idrometriche relative al Toce a Pontemaglio e al Diveria a Crevola sono poco affidabili in quanto notevoli fenomeni rispettivamente di erosione e di sovralluvionamento hanno determinato profonde modificazioni dell'alveo. La sezione strumentata sull'Anza a Piedimulera si trova in corrispondenza di una traversa e non consente di ricavare un legame diretto tra livelli e portate e di conseguenza è stato possibile effettuare una stima di tipo idrologico della portata. Il Tanaro a Piantorre presenta una scala di deflusso non attendibile per valori alti di portata, per cui anche questa stazione è da far rientrare tra quelle a bassa affidabilità. Le rimanenti vanno ad inserirsi in una fascia di media affidabilità.

Volumi di piena e coefficienti di deflusso

Per le sezioni di maggiore interesse e dove la qualità delle registrazioni idropluviometriche lo ha consentito, è stata svolta un'analisi accurata

per la determinazione dei volumi delle onde di piena e delle piogge ragguagliate cumulate relative all'evento.

Per l'analisi dei volumi delle onde di piene sono stati valutati separatamente i contributi legati al deflusso superficiale ed ipodermico da quelli del deflusso di base, tale analisi è stata condotta sulla base degli idrogrammi delle portate disponibili. La valutazione delle piogge ragguagliate è stata condotta tramite interpolazione spaziale dei dati pluviometrici misurati aggregati a scansione oraria. Si è dapprima stimato il campo di pioggia sull'intera regione utilizzando un metodo di interpolazione basato sulla distanza inversa. Il valore della pioggia ragguagliata si è quindi ottenuto come valore medio dell'altezza di pioggia cumulata totale su ciascun bacino. Infine è stato determinato il coefficiente di deflusso relativamente al solo deflusso superficiale.

I risultati sono riportati in Tabella 10 :

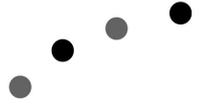
Tabella 10 Volumi affluiti, volumi di piena e coefficienti di deflusso

Corso d'acqua	Sezione di chiusura	Pioggia cumulata ragguagliata [mm]	Volume totale defluito [10^6 m^3]	Coefficiente di deflusso [-]
Asta PO	CARDE'	257.4	72	0.57
	CARIGNANO	234.4	262	0.31
	MURAZZI	217.6	386	0.33
	CRESCENTINO	315.2	1431	0.34
	ISOLA S.ANTONIO	259.6	2428	0.36
	PONTE BECCA	260.6	3395	0.35
Chisone	SAN MARTINO	356	114	0.55
Ceronda	VENARIA	367.2	46	0.73
Malone	FRONT CANAVESE	388.2	40	0.82
Orco	PONT CAVANESE	454.9	190	0.66
Sesia	BORGOSIESIA	550.4	182	0.47
Toce	PONTECADDO	690.5	57	0.95
	CREVOLA	604	90	0.58
	CANDOGLIA	516.8	606	0.70
Bormida di Spigno	MOMBALDONE	203	43	0.54
Bormida di Millesimo	CAMERANA	235	22	0.36
Tanaro	FARIGLIANO	217.1	185	0.56
	MONTECASTELLO	173	482	0.36

N.B. Il coefficiente di deflusso è dato dal rapporto: $V_{\text{deflusso superficiale}} / V_{\text{pioggia}}$

Non è stato possibile effettuare stime soddisfacenti per la Bormida ad Alessandria in quanto a causa del livello elevato in Tanaro, gli effetti di rigurgito non consentono la determinazione della portata nel ramo discendente dell'idrogramma.

Dai valori così ottenuti si evidenzia un coefficiente di deflusso crescente procedendo verso valle lungo il Po. Questo comportamento evidenzia ulteriormente l'importanza e la magnitudine degli apporti provenienti dagli affluenti maggiori a valle



di Torino. In alcuni bacini si sono registrati valori del coefficiente di deflusso estremamente elevati come ad esempio per il Bogna, la Ceronda, il Malone ed il Toce.

Confronto con eventi precedenti

Meteorologia

Dal punto di vista meteorologico, la situazione che si è verificata il 13-16 Ottobre 2000 presenta diverse analogie con gli eventi alluvionali che hanno colpito il Piemonte nel recente passato (23-25 Settembre 1993 e 4-6 Novembre 1994): è possibile quindi individuare diversi elementi meteorologici che sono comuni ai tre casi e rappresentano probabilmente condizioni necessarie al verificarsi di eventi di questa intensità.

Innanzitutto, si osserva che in tutti e tre i casi il ruolo più importante è svolto dalla circolazione atmosferica a grande scala, che determina e mantiene per vari giorni condizioni favorevoli a intensi fenomeni precipitativi a scala locale, di tipo sia orografico sia convettivo. In particolare, all'inizio di ciascun evento la situazione sinottica è caratterizzata dalla presenza sull'Europa occidentale di una profonda saccatura atlantica, associata ad una circolazione depressionaria centrata sulle Isole Britanniche, che richiama aria fredda in quota dall'Atlantico; sui Balcani è invece presente un promontorio di alta pressione, che frena lo spostamento verso est della saccatura e fa sì che il quadro meteorologico si evolva molto lentamente, rimanendo quasi stazionario per diversi giorni (Figura 44, Figura 45).

Figura 44 Geopotenziale a 500 hPa all'inizio dell'evento del 1993 (analisi ECMWF del 22/9/1993, ore 00 UTC) e all'inizio dell'evento del 1994 (analisi ECMWF del 4/11/1994, ore 00 UTC)

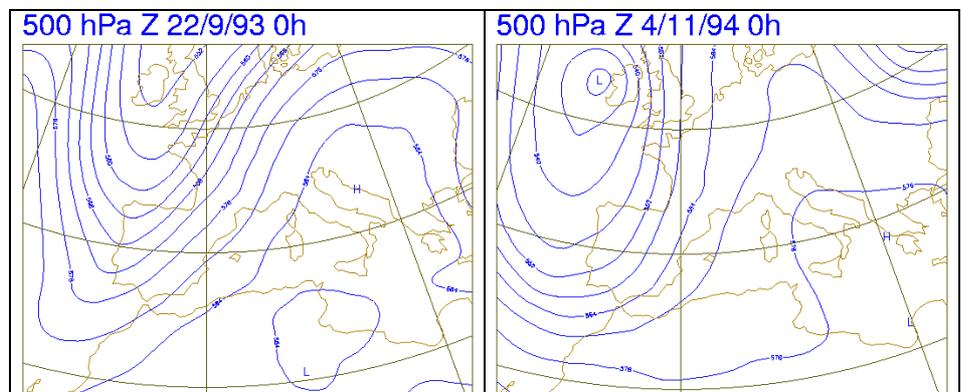
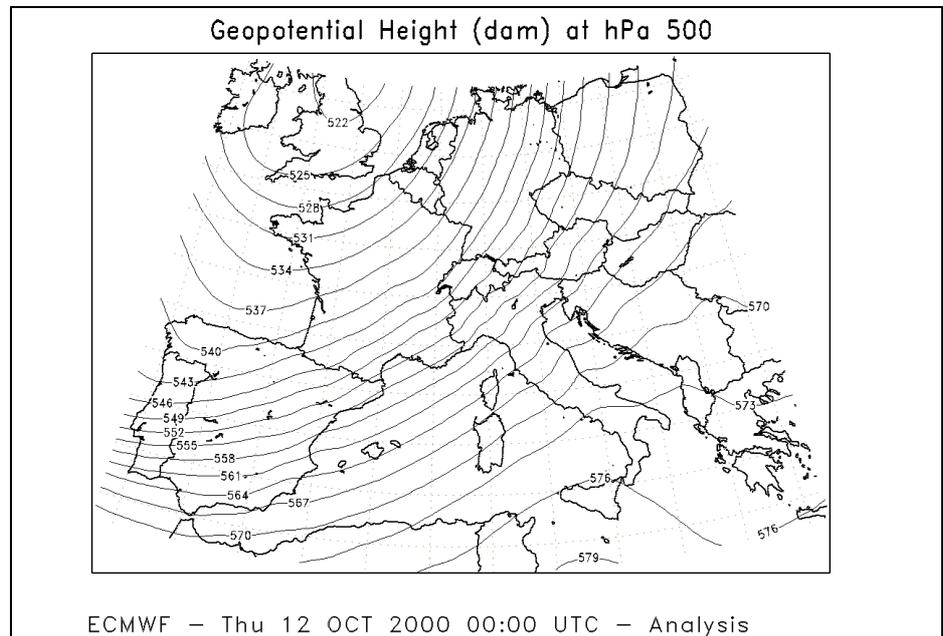


Figura 45 Geopotenziale a 500 hPa all'inizio dell'evento del 2000 (analisi ECMWF del 12/10/2000, ore 00 UTC)



L'effetto concomitante di queste due strutture determina un intenso afflusso di aria calda e umida da sud verso l'Italia settentrionale, che si intensifica ulteriormente man mano che la saccatura si sposta verso est aumentando il gradiente di pressione sul Tirreno.

Meritano infine di essere citati altri due fattori che contribuiscono ad intensificare ulteriormente le precipitazioni: la temperatura superficiale del Mediterraneo, che nei mesi autunnali è ancora elevata e determina una maggiore evaporazione e un forte apporto di umidità nell'atmosfera; il permanere della quota dello zero termico su valori piuttosto elevati, legato alla presenza di correnti meridionali nei bassi strati, per cui le precipitazioni assumono carattere piovoso anche in montagna.

Per quel che riguarda il Piemonte, in tutti e tre gli eventi si osserva una prima fase caratterizzata da violente precipitazioni prefrontali a carattere temporalesco, associate all'irruzione di aria fredda in quota e innescate dall'interazione tra flusso atmosferico e orografia (la classica instabilità termodinamica gioca un ruolo importante solo nel 1994). In un secondo momento, mentre le correnti in quota rimangono da sud, nei bassi strati (fino a 850 hPa) si forma un intenso flusso di aria umida dall'Adriatico attraverso la Pianura Padana; in Piemonte, il sollevamento orografico diventa la causa principale delle precipitazioni, che si localizzano in particolare sulla fascia alpina e

prealpina diventando meno violente, ma più diffuse, continue e persistenti.

L'esatta localizzazione delle precipitazioni dipende tuttavia dall'intensità e dalla persistenza delle varie forzanti atmosferiche appena descritte, oltre che dall'esatta struttura della circolazione nei bassi strati e dall'importanza degli effetti locali, tutti fattori che hanno caratteristiche diverse negli eventi considerati. Per esempio, esaminando la pressione al livello del mare, nel 1993 si osserva un minimo sul Golfo del Leone, mentre nel 2000 il minimo si forma sulla Tunisia per poi raggiungere la Francia attraversando il Tirreno; nel 1994, al contrario, non si formano minimi importanti sul Mediterraneo (Figura 46, Figura 47).

Figura 46 Pressione al livello del mare nella fase centrale dell'evento del 1993 (analisi ECMWF del 24/9/1993, ore 00 UTC) e nella fase centrale dell'evento del 1994 (analisi ECMWF del 5/11/1994, ore 00 UTC)

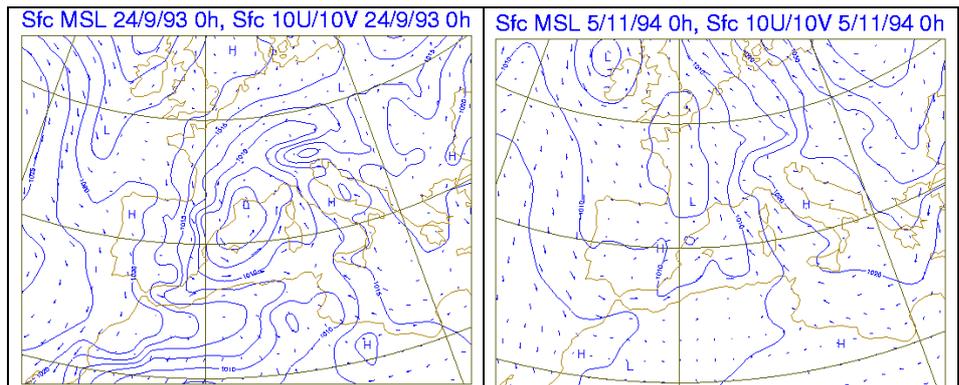
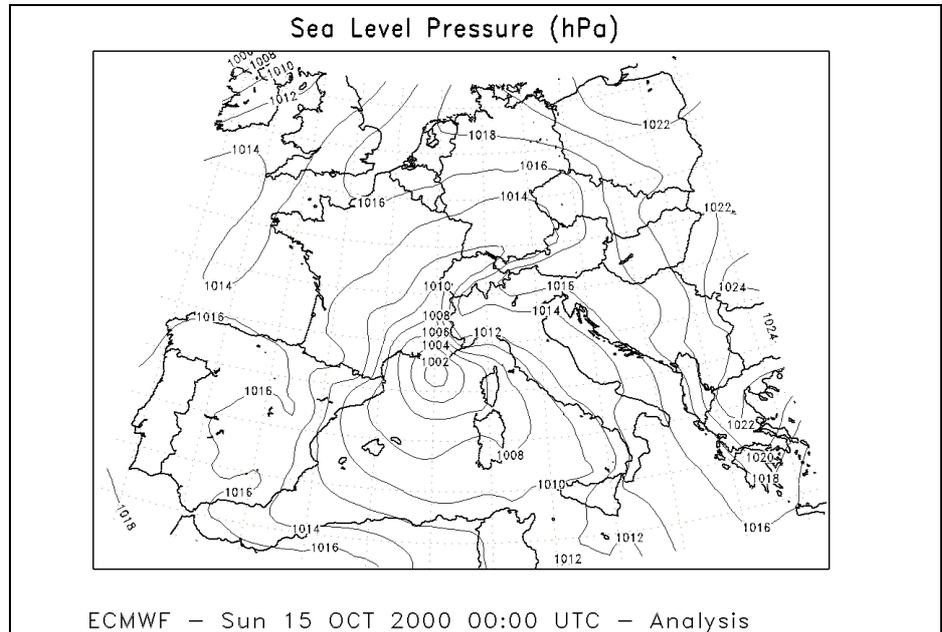


Figura 47 Pressione al livello del mare nella fase centrale dell'evento del 2000 (analisi ECMWF del 15/10/2000, ore 00 UTC)



L'evento del 2000 è dominato dai moti verticali associati al sollevamento orografico e dalla grande quantità di umidità presente nell'atmosfera. Il flusso da sudest sulla pianura padana e la convergenza di umidità nei bassi strati giocano un ruolo molto importante, ed è la persistenza dei fenomeni a causare i danni maggiori; al contrario, le precipitazioni convettive prefrontali della prima fase sono relativamente poco importanti.

Queste ultime, invece, giocano un ruolo decisivo nel provocare le inondazioni del Piemonte meridionale nel 1994; in questo evento non si formano minimi chiusi sul Mediterraneo (né in quota né al suolo), e l'afflusso di aria umida nei bassi strati dal Tirreno verso le Alpi è la causa principale delle precipitazioni della seconda fase sul Piemonte settentrionale.

Nel 1993, infine, la situazione meteorologica appare più simile a quella del 2000, ed è dominata dalla circolazione depressionaria sul Golfo del Leone. Tale struttura tuttavia si forma più a nord ed è meno persistente che nel 2000: le correnti atmosferiche sul Tirreno e sulla Val Padana non sono così intense e anche i gradienti di pressione al suolo e in quota sono meno accentuati.

Pluviometria

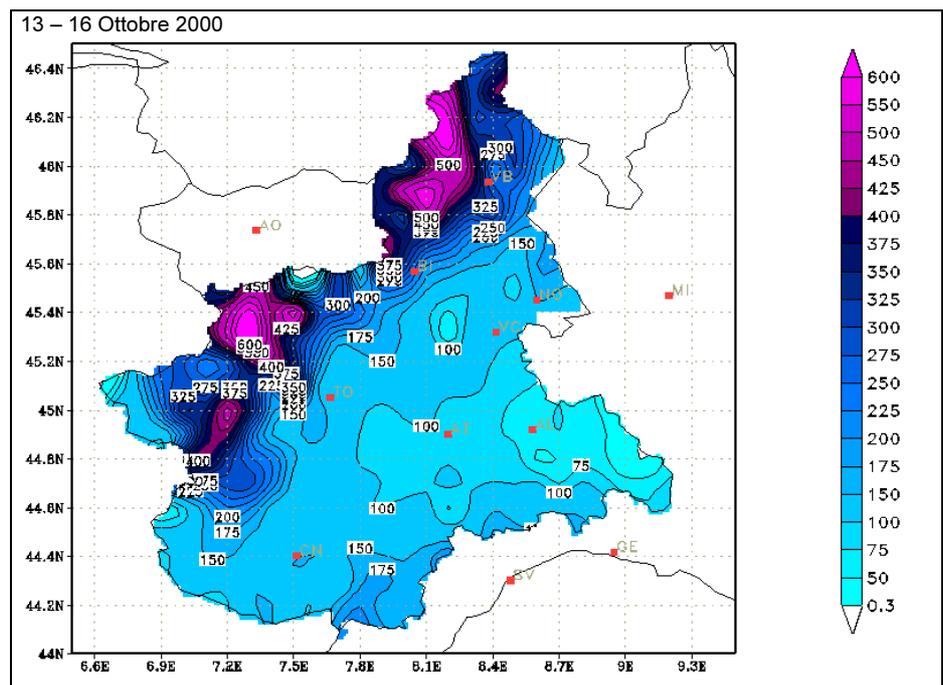
Per la durata e l'intensità delle precipitazioni così come per l'entità dei fenomeni a queste associate, l'evento dell'Ottobre 2000 presenta

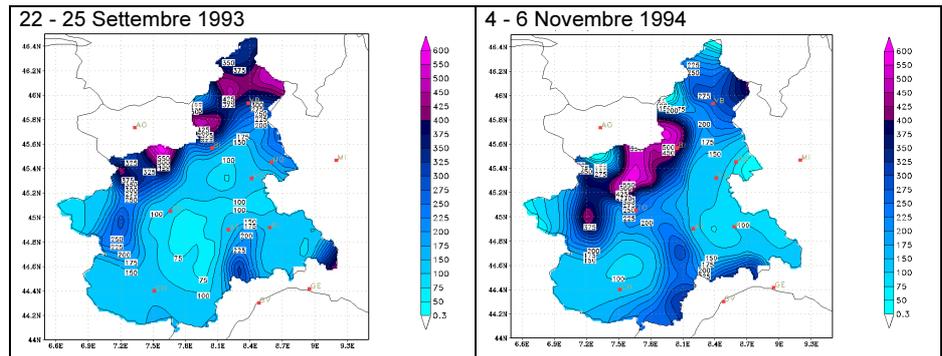
molte analogie con gli eventi del Settembre 1993 e del Novembre 1994 (Figura 48). Dal momento che i dati disponibili relativi a questi due ultimi eventi sono sufficientemente simili sia per quantità sia per qualità a quelli relativi all'Ottobre 2000 è opportuno soffermarsi per un confronto tra questi eventi.

Nell'evento attuale, così come nel '93, l'area maggiormente interessata risulta il Piemonte Nord Occidentale dalla Valle Ossola all' Alto Po, con massima gravità nelle Valli di Lanzo e nella Valle Orco dove le precipitazioni cumulate massime hanno superato i 700 mm. Rispetto all'evento del '93 si denota una maggiore estensione verso Sud-ovest (Valle Po) e soprattutto verso Nord-ovest: nella Valle d'Aosta le precipitazioni sono state elevatissime.

La distribuzione areale delle precipitazioni si differenzia maggiormente rispetto all'alluvione del '94; l'evento del '94, ha avuto infatti una distribuzione delle piogge diversa avendo interessato principalmente il Piemonte meridionale e secondariamente Biellese e Canavese, con massima gravità nei bacini del Tanaro e della Bormida, che in questo evento sono stati interessati in misura nettamente inferiore. Il confronto con il 1994 è utile soprattutto per quanto riguarda l'estensione e la durata dei fenomeni meteorici.

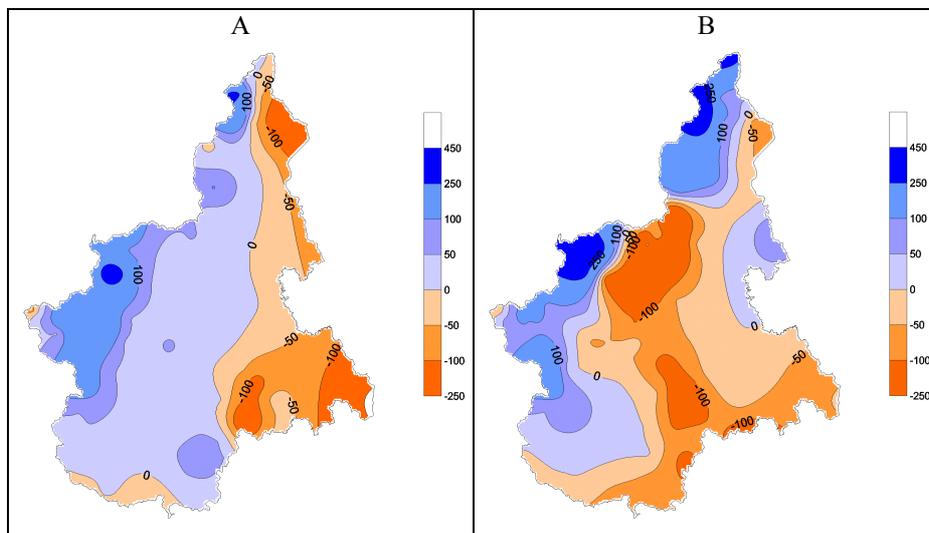
Figura 48 Totali pluviometrici negli eventi dell'Ottobre 2000, Settembre 1993 e Novembre 1994





Considerando la totalità delle piogge, da un'analisi dei valori nei tre eventi, emergono i 740 mm registrati a Pizzanco in Val Bognanco, i 711 mm di Ala nell'alta Valle della Stura di Lanzo, i 697 a Piamprato in Val Soana. Nel 1993 valori simili, seppure inferiori, si raggiunsero solo a Piamprato con 549 mm, mentre i pluviometri dalla Valle Ossola alle Valli di Lanzo registrarono quantitativi nettamente inferiori tra i 300 e i 400 mm. Nel 1994 i valori massimi, registrati nuovamente in Val Soana, superarono appena i 400 mm mentre i valori delle Valli Ossola e Lanzo furono rispettivamente intorno ai 200 e 300 mm. Anche nella Valle Sesia le piogge di questo evento sono state superiori a quelle del '93 e '94 con massimo valore a Rassa di 576 mm, contro i 385 mm del '93 e i 314 mm del '94. Tra le altre zone interessate dall'evento emerge la bassa Valle Susa con valori intorno ai 300 mm, corrispondenti quasi al doppio di quelli degli eventi precedenti. A Torino sono caduti 146 mm di pioggia mentre nel '93 se ne registrarono 178 e nel '94 120. Moncalieri, maggiormente colpita dagli effetti dell'alluvione, ha registrato 160 mm pressappoco come nel '94, mentre circa la metà ne caddero nel '93.

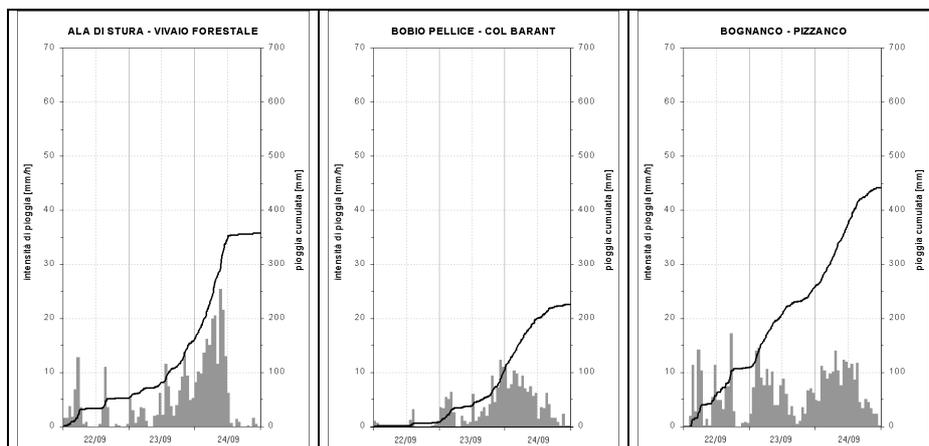
Figura 49 Differenze tra le cumulate di pioggia dell'evento dell'Ottobre 2000 e degli eventi del Settembre 1993 (A) e del Novembre 1994 (B)



Unitamente agli elevatissimi quantitativi di pioggia, ad accentuare la gravosità dell'evento del 2000 è stata la quota del limite della precipitazione nevosa, assolutamente il più elevato dei tre eventi considerati, collocandosi rispettivamente a 2700 m nel 1993, 2000 m nel 1994 e 3000 m nel 2000.

Come è possibile rilevare dai pluviogrammi di confronto tra i tre eventi, riportati in Figura 50 e in Figura 51, le precipitazioni dell'Ottobre 2000 sono caratterizzate da elevata variabilità sia spazialmente sia temporalmente. Nei 4 giorni dal 13 al 16 Ottobre, le piogge si sono manifestate con numerose flessioni e riprese, così come accadde nel '93, senza però mai attenuarsi completamente. Questa continuità ricorda le precipitazioni del '94 quando tuttavia i fenomeni si sono concentrati nei 2 giorni finali dell'evento, rispetto ai 4 giorni del 2000.

Figura 50 Ietogrammi relativi all'evento del Settembre 1993



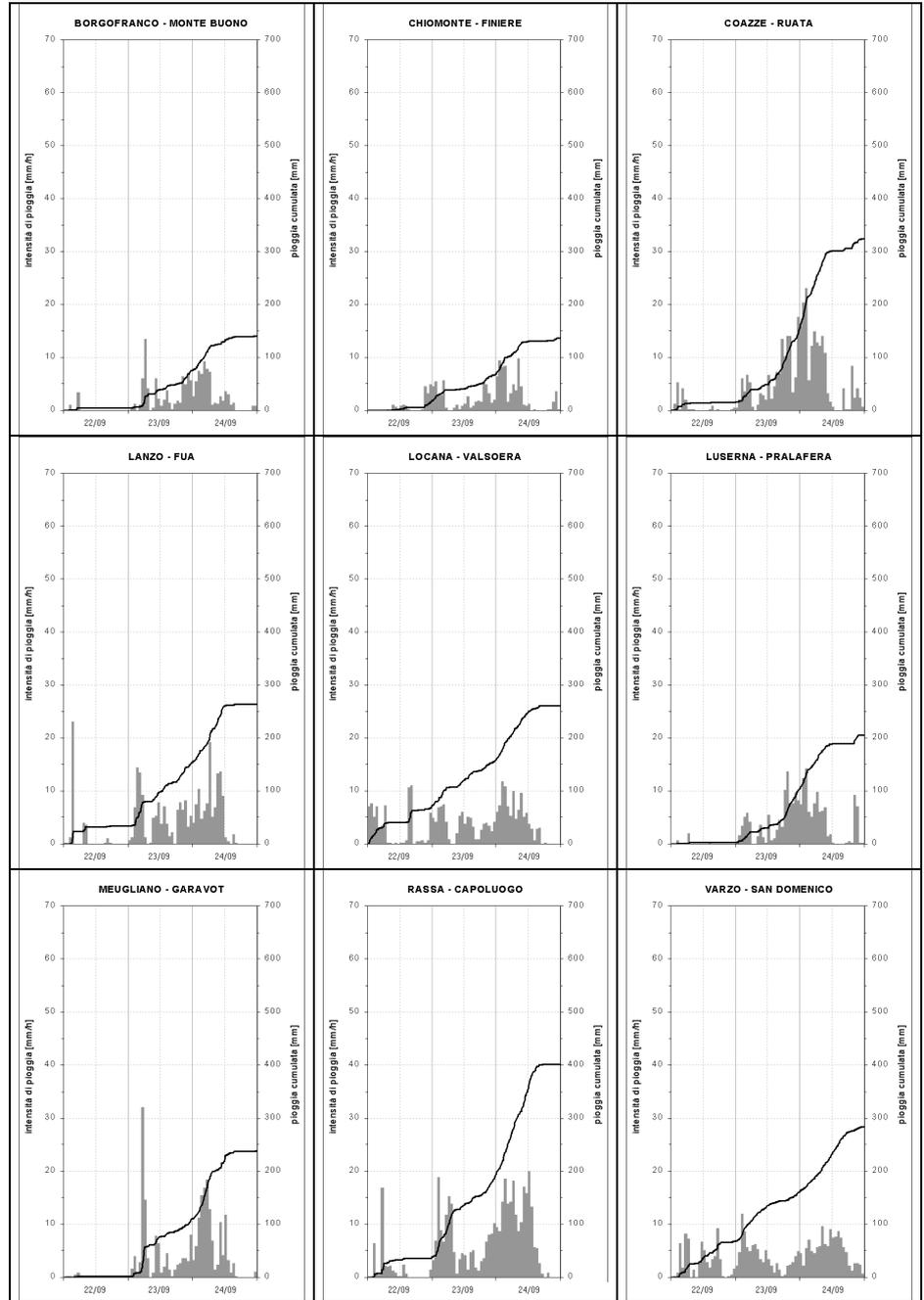
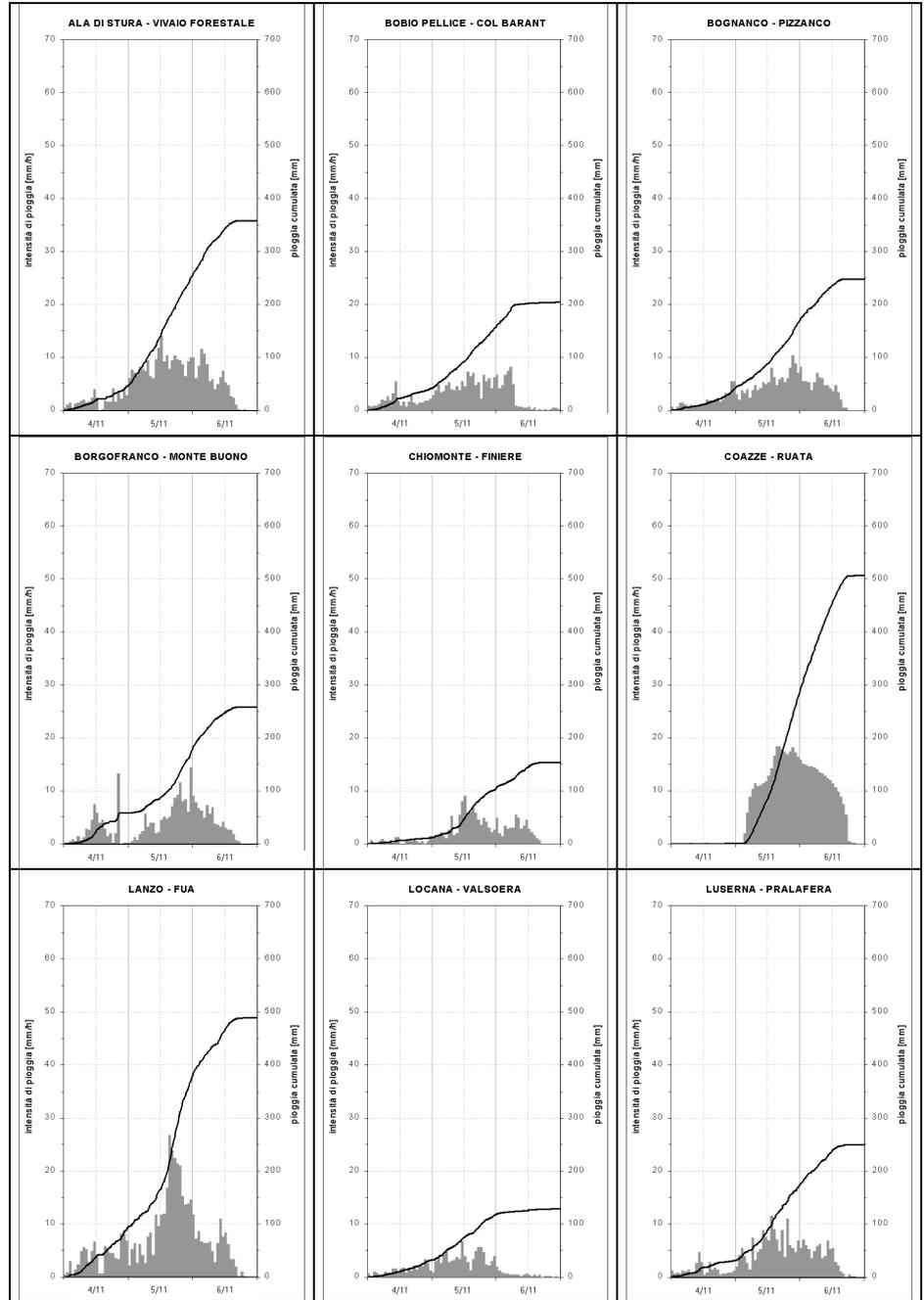


Figura 51 Ietogrammi relativi all'evento del Settembre 1994



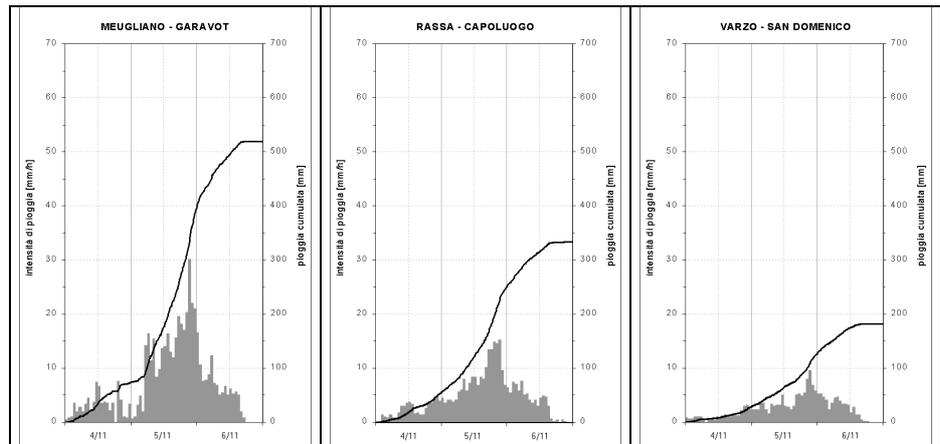


Tabella 11 Precipitazioni giornaliere e totali sull'evento del 1993 e differenze dall'evento del 2000

Bacino	Stazioni	Settembre 1993					Totale	Scarto00-93
		23	24	25	26			
Toce	VARZO	94.0	84.0	90.2	9.6	277.8	332.8	
Toce	BOGNANCO	143.2	150.0	117.8	14.2	425.2	314.8	
Toce	DOMODOSSOLA	115.6	145.2	96.2	13.6	370.6	41.8	
Toce	BACENO	111.8	92.0	96.6	7.8	308.2	100.2	
Sesia	RASSA	95.2	179.6	98.8	12.0	385.6	190.6	
Sesia	VARALLO	54.6	138.4	84.6	10.0	287.6	112.0	
Dora Baltea	MEUGLIANO	59.6	138.8	40.0	2.6	241.0	72.2	
Orco	VALPRATO SOANA	173.6	187.8	180.8	6.8	549.0	148.8	
Stura Lanzo	ALA DI STURA	38.6	206.0	80.8	3.4	328.8	382.8	
Stura Lanzo	LANZO TORINESE	48.4	138.0	45.8	2.4	234.6	163.0	
Dora Riparia	BORGONE SUSA	22.0	96.4	15.8	0.2	134.4	205.6	
Dora Riparia	CHIOMONTE	38.4	77.6	20.8	0.0	136.8	175.2	
Sangone	COAZZE	26.4	234.6	50.0	6.6	317.6	278.0	
Po	CUMIANA	26.0	83.6	11.6	12.8	134.0	81.8	
Po	PAESANA	5.8	69.4	7.8	24.4	107.4	156.4	
Pellice	PRALI	36.0	115.8	33.2	1.6	186.6	183.6	
Pellice	LUSERNA SAN GIOVANNI	20.6	150.0	33.0	1.6	205.2	96.0	
Tanaro	GARESSIO	13.6	120.2	5.8	6.0	145.6	75.6	
Tanaro	SALICETO	94.8	82.8	4.2	5.4	187.2	26.2	

Tabella 12 Precipitazioni giornaliere e totali sull'evento del 1994 e differenze dall'evento del 2000

Bacino	Stazioni	Novembre 1994				Totale	Scarto00-94
		3	4	5	6		
Toce	VARZO	6.8	27.8	97.4	55.6	187.6	423.0
Toce	BOGNANCO	9.2	42.0	125.4	78.8	255.4	484.6
Toce	DOMODOSSOLA	7.0	28.2	149.0	69.6	253.8	158.6
Toce	BACENO	11.0	33.6	90.6	56.4	191.6	216.8
Sesia	RASSA	5.6	54.4	194.2	82.6	336.8	239.4
Sesia	VARALLO	7.0	90.8	75.8	16.6	190.2	209.4
Dora Baltea	MEUGLIANO	10.2	74.0	320	121.8	526.0	-212.8
Orco	VALPRATO SOANA	5.0	31.0	277.4	126	439.4	258.4
Stura Lanzo	ALA DI STURA	5.2	45.0	207.8	103.6	361.6	350.0
Stura Lanzo	LANZO TORINESE	7.0	94.2	283.8	109.2	494.2	-96.6
Dora Riparia	BORGONE SUSA	5.4	25.8	136.0	80.4	247.6	92.4
Dora Riparia	CHIOMONTE	4.0	11.4	92.0	48.0	155.4	156.6

Sangone	COAZZE	0.2	0.6	285.0	218.4	504.2	91.4
Po	PAESANA	4.6	15.8	62.0	63.4	145.8	118.0
Po	CUMIANA	5.8	30.2	128.0	72.4	236.4	-20.6
Pellice	LUSERNA SAN GIOVANNI	6.4	31.0	142.0	75.6	255.0	46.2
Pellice	PRALI	3.0	22.8	94.0	79.8	199.6	170.6
Tanaro	GARESSIO	5.0	42.4	205.2	9.4	262.0	-40.8
Tanaro	SALICETO	8.2	31.8	207.8	10.6	258.4	-45.0

Nell'Ottobre 2000 le prime piogge sono cadute nel Verbano-Cusio-Ossola il giorno 13 e si sono estese nella giornata successiva alla Provincia di Torino interessando con maggiore intensità la Valle Orco, le Valli di Lanzo, il Canavese, la media Valle di Susa, fino alle Valli Chisone e Pellice. Esse sono state caratterizzate da forti variazioni di intensità per le quali si sono registrati picchi superiori a 40 mm/h, con punte di oltre 50 mm/h, alternati a piogge inferiori ai 5-10 mm/h. Il giorno 15 si sono diffuse in tutto il territorio regionale fino al Cuneese (Valle Po e Alto Tanaro), mantenendo tuttavia maggiori intensità nelle zone pedemontane nord-occidentali. Una riduzione delle precipitazioni si è registrata soltanto il giorno 16 con cessazione dei fenomeni nel pomeriggio del 17. Tutto l'evento ha presentato precipitazioni frammentate e discontinue con intensità variabili. Questa irregolarità nella distribuzione temporale delle intensità di precipitazione si verificò anche nel '93, in cui soprattutto nella prima parte dell'evento le precipitazioni furono brevi ma di notevole intensità. Da tale caratteristica si discosta invece l'evento del '94, caratterizzato, almeno nelle zone di sovrapposizione, da una distribuzione delle piogge più regolare, con una crescita costante delle intensità fino al culmine tra i giorni 5 e 6 ed un calo progressivo fino al termine dell'evento. Le massime intensità furono comunque più moderate rispetto agli altri eventi, comprese tra i 10 e i 20 mm/h, ad eccezione delle violentissime precipitazioni temporalesche rilevate sui rilievi appenninici nella prima fase dell'evento.

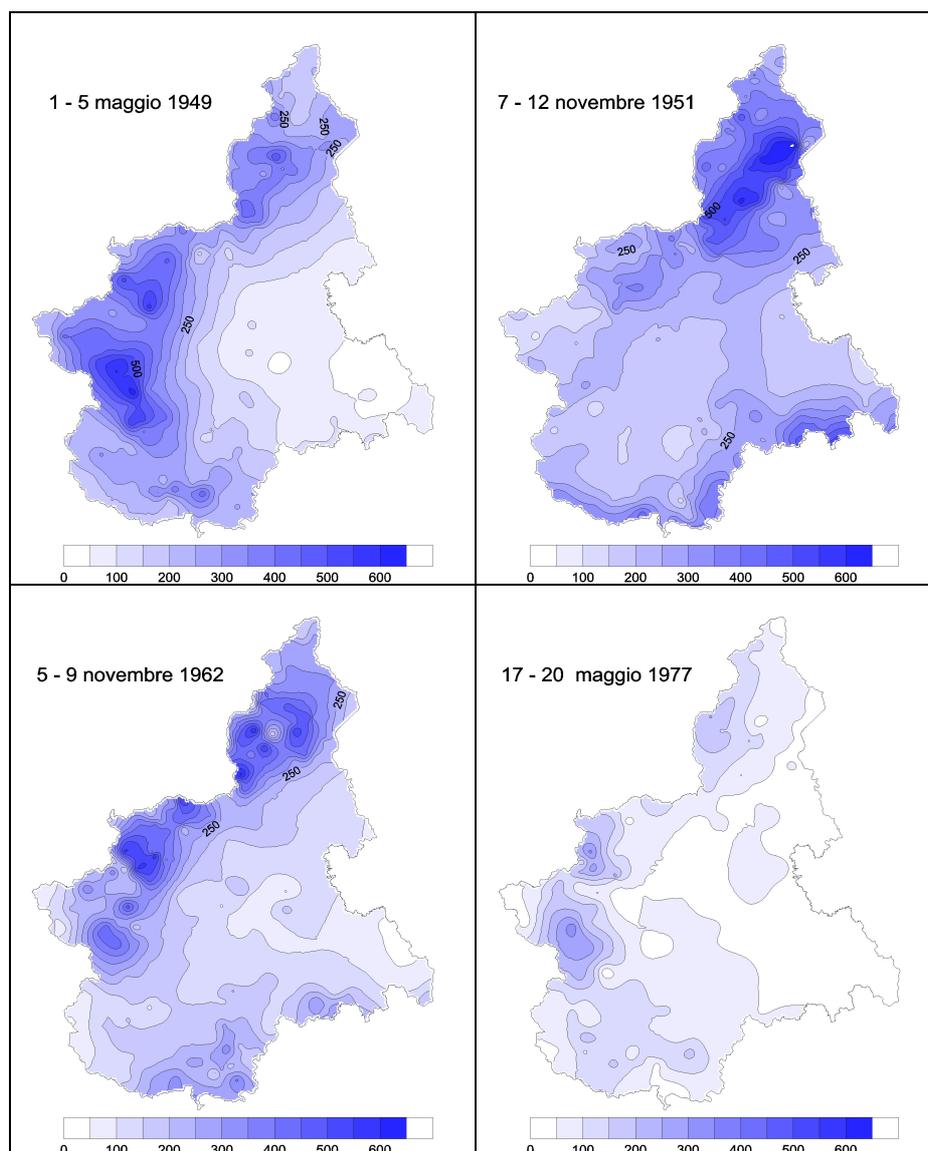
Un confronto tra l'intensità di precipitazione dei tre eventi è riportato nella Tabella 13. Considerando anche i decenni precedenti agli anni '90, l'evento presenta analogie con alcuni degli eventi più gravosi che hanno interessato la Regione Piemonte negli ultimi 50 anni. La Figura 49 presenta la distribuzione delle precipitazioni totali negli eventi degli anni 1949, 1951, 1962 e 1968, eventi che generarono importanti onde di piena sul Po.

Tabella 13 Confronto con le massime intensità di precipitazione degli eventi del Settembre 1993 e del Novembre 1994

	Stazione	Massime intensità orarie					Totale evento
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
2000	Bognanco Pizzanco -	49,0	108,8	167,6	261,4	397,4	740,0
	Varzo - San Domenico	39,2	83,6	132,2	215,8	346,6	610,6
	Rassa Capoluogo -	24,0	63,8	115,6	172,4	269,6	576,2
	Borgofranco Monte Buono -	22,8	33,4	49,8	75,8	140,6	239,4
	Meugliano Garavot -	16,4	33,8	53,4	98,4	170,0	310,4
	Locana Valsoera -	27,4	57,4	93,0	127,8	233,2	437,4
	Ala Di Stura - Vivaio Forestale	49,2	84,2	137,8	232,4	362,6	711,6
	Lanzo - Fua	36,2	67,4	84,6	110,4	190,6	378,6
	Chiomonte Finiere -	27,6	55,2	85,2	122,2	188,0	312,0
	Coazze - Ruata	34,6	74,6	111,4	174,8	303,0	595,6
	Bobio Pellice - Col Barant	37,2	97,0	160,6	225,0	329,4	437,8
	Luserna Pralafera -	27,4	53,2	86,8	151,2	209,2	294,2
1993	Bognanco Pizzanco -	20,2	37,8	67,6	130,6	199,6	442,4
	Varzo - San Domenico	12,0	27,0	47,4	84,0	130,0	284,2
	Rassa Capoluogo -	21,4	55,6	91,2	176,4	248,8	401,8
	Borgofranco Monte Buono -	17,2	25,4	44,0	72,0	102,4	140,6
	Meugliano Garavot -	38,2	53,0	83,2	118,6	154,4	238,2
	Locana Valsoera -	17,4	30,2	52,0	90,2	129,6	261,0
	Ala Di Stura - Vivaio Forestale	31,8	62,4	114,2	187,2	270,6	358,0
	Lanzo - Fua	23,8	42,2	69,0	107,4	162,4	264,0
	Chiomonte Finiere -	11,8	28,6	37,4	63,8	89,6	136,8
	Coazze - Ruata	27,4	61,6	95,0	166,0	253,0	324,4
	Bobio Pellice - Col Barant	13,0	35,0	61,0	107,8	166,6	226,2
	Luserna Pralafera -	14,2	35,0	59,4	109,8	158,6	205,8
1994	Bognanco Pizzanco -	10,8	27,2	48,4	84,4	148,4	248,6
	Varzo - San Domenico	10,0	24,6	40,8	70,0	112,2	182,4
	Rassa Capoluogo -	16,4	45,2	82,2	131,2	210,2	332,8
	Borgofranco Monte Buono -	15,4	31,4	58,6	102,8	161,2	258,0
	Meugliano Garavot -	31,2	77,8	131,0	222,2	360,0	519,0
	Locana - Valsoera	6,8	16,0	26,6	49,4	87,0	128,4
	Ala Di Stura - Vivaio Forestale	14,2	36,0	63,4	117,2	221,0	358,2
	Lanzo - Fua	28,6	73,0	134,0	215,2	309,0	489,4
	Chiomonte Finiere -	9,0	23,6	43,0	67,0	105,4	153,0
	Coazze - Ruata	18,6	54,6	106,2	205,2	368,4	506,8
	Bobio Pellice - Col Barant	8,2	22,8	37,6	70,8	130,4	204,6
	Luserna Pralafera -	12,6	28,4	52,0	92,0	156,2	249,6

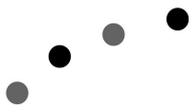
In particolare l'evento dell'Ottobre 2000 rappresenta una distribuzione delle precipitazioni, estesa alla fascia alpina e prealpina nord-occidentale, sovrapponibile a quella degli eventi del 1949 e del 1962, mentre differisce dagli eventi del 1951 e del 1968 in quanto in questi eventi furono maggiormente interessati i bacini del Piemonte meridionale (come nel 1994) risparmiando le zone alpine occidentali.

Figura 52 Distribuzione delle precipitazioni totali degli eventi degli anni 1949, 1951, 1962 e 1977



Idrometria

Per quanto riguarda i livelli idrometrici è possibile un primo generale confronto con i massimi livelli storici di riferimento riportati in Tabella 14 .Dai dati relativi alle stazioni storiche, dove tale confronto è



significativo, si evince come l'evento del 2000 abbia assunto caratteri di estrema gravità in gran parte dei corsi d'acqua piemontesi.

In particolare si osserva che nei bacini alpini settentrionali e nordoccidentali si sono registrati livelli molto superiori rispetto agli eventi precedenti con l'unica eccezione del fiume Sesia.

Per meglio caratterizzare l'evento è utile tuttavia soffermare l'attenzione sui due eventi più recenti, quelli del Settembre 1993 e del novembre 1994, che per magnitudine dei fenomeni ed aree coinvolte più ricordano l'evento dell'ottobre 2000.

Per i bacini del Piemonte settentrionale è significativo il confronto con l'alluvione del settembre 1993. L'analogia con il fenomeno del 1993 si rileva sul fiume Sesia dove l'andamento è sostanzialmente analogo, mentre negli altri corsi d'acqua la piena che si è avuta nel 2000 risulta decisamente superiore. La Dora Baltea ha ampiamente superato l'evento del 1993 infatti a Tavagnasco, dall'analisi delle tracce lasciate dalla piena, il livello ha raggiunto i 6.45 m (contro i 4.72 m del 1993) corrispondente ad una portata superiore alla massima storica che risale al 1920. Per la Stura di Lanzo l'evento del 2000 risulta essere l'evento più gravoso, come testimoniano gli idrogrammi a confronto nella Figura 53 in cui al momento dell'asportazione dello strumento il livello era già oltre 0.5 m superiore al 1993 (3.57 m) giungendo poi a circa 4.37 m come testimoniano le tracce di piena. Analogamente il Toce, il Lago Maggiore, e l'Orco hanno fatto registrare livelli nettamente superiori a quelli registrati nel 1993.

Per l'asta del Tanaro il confronto più significativo può essere fatto con l'alluvione del 1994, sebbene la piena dell'ottobre 2000 sia stata di entità molto inferiore: anche in questo caso i contributi dalla Stura di Demonte sono stati modesti mentre il Belbo e le Bormide hanno dato considerevoli apporti.

Nel Po a monte della confluenza con il Tanaro è transitata una piena decisamente superiore al 1994 sia in termini di valore massimo che di volumi transitati come si evidenzia dagli idrogrammi a confronto della Figura 53 a Torino risulta essere la più importante dopo quella del 1839. Dopo la confluenza del Tanaro invece, ad Isola S. Antonio la portata è

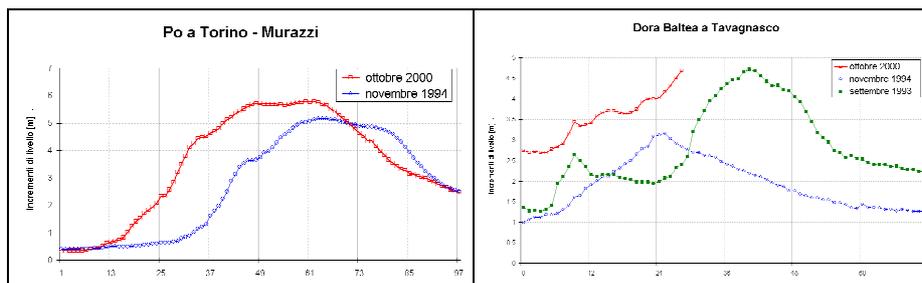
Paragonabile al 1994, mentre è più gravosa a Pavia e a Ponte Becca per l'immissione del Ticino anch'esso in piena.

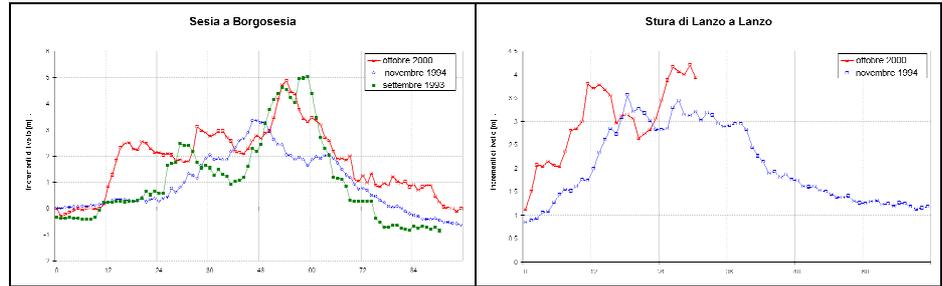
Tabella 14 Confronto con eventi storici

Corso d'acqua	Evento Ottobre 2000			Evento storico		
	(m)	(mc/s)	Data(UTC)	(m)	(mc/s)	Data
PO a CARIGNANO	6.29	2050	04:00 16/10/00	4.61	940	11/94
PO AI MURAZZI	5.79	2350	11:30 16/10/00	5.20	1830	06/11/94
PO a CRESCENTINO ⁽¹⁾	6.45	8150	04:00 16/10/00	5.21	5200	30/09/00
PO a ISOLA S.ANTONIO	9.31	10500	15:00 16/10/00	8.80	10000-11000	11/94
PO a PONTE BECCA	7.81	13220	04:30 17/10/00		11500	07/11/94
CHISONE a SAN MARTINO	4.05	980	14:30 15/10/00	2.11	410	11/94
PELLICE a LUSERNA S.G.		700			1160	1945
CENISCHIA a SUSÀ	2.97	165	19:30 15/10/00	0.99		19/05/98
DORA RIPARIA a SUSÀ				1.76	90	11/94
CERONDA VENARIA ⁽¹⁾	3.07	480	21:30 15/10/00	2.89	400	30/09/00
STURA DI LANZO a LANZO	4.37 ⁽²⁾	2000 ⁽²⁾		4.18	1600	1947
ORCO a PONT CANAVESE	4.29	1650	12:30 14/10/00		1500	09/93
MALONE a FRONT	2.69	490	07:30 15/10/00	2.22	240	30/09/00
DORA BALTEA a TAVAGNASCO	6.45 ⁽²⁾	3100	04:30 15/10/00		2670	1920
SESA a BORGOSIESA	4.87	2470	06:00 15/10/00	8.81	3100	04/09/48
SESA a PALESTRO		4000	13:30 15/10/00		3900	02/11/68
TOCE a CANDOGLIA	9.16	2600	23:30 14/10/00	8.76	2400	24/09/93
LAGO MAGGIORE a PALLANZA	7.94		21:30 16/10/00	7.61		14/10/93
TANARO ad ALBA	3.47	1600	00:30 16/10/00	6.74	4200	06/11/94
TANARO a MASIO ⁽¹⁾	4.57	1800	09:30 16/10/00	4.32	1567	30/09/00
TANARO a MONTECASTELLO	6.92	3000	17:00 16/10/00	8.48	4400	11/94
BELBO a CASTELNUOVO	5.05	350	10:00 15/10/00		850	11/1968
BORMIDA a CASSINE	3.24	1200	11:30 15/10/00	4.70		11/94

(¹) Stazioni installate dopo il 1996 (²) Stimato da tracce di piena

Figura 53 Confronti idrometrici con gli eventi del settembre 1993 e del novembre 1994



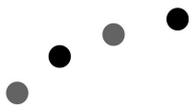


Un ulteriore elemento di confronto, soprattutto per quanto riguarda l'Alto Po, può essere ritrovato nell'evento alluvionale del 12-14 maggio 2000 che ha interessato i bacini occidentali e sudoccidentali della Regione. Il 14 maggio è transitata a Torino - Murazzi un'onda di piena, già significativa in quanto, raggiungendo il livello idrometrico massimo di metri 3,19 ha superato la soglia di pericolo senza peraltro provocare nel tratto successivo particolari danni. Il confronto fra le due fotografie scattate in prossimità dei momenti di massimo livello permette l'immediata percezione della differente gravità degli eventi

Figura 54

Figura 54 Livelli idrometrici a Torino – Murazzi nell'Ottobre e nel Giugno 2000





Attività di previsione e monitoraggio

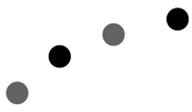
Attività operative della Sala Situazione Rischi Naturali

L'evento è stato costantemente seguito dalla Sala Situazioni Rischi Naturali, operativa h24 in tutte le sue fasi dal momento di previsione, al monitoraggio delle precipitazioni alla fase finale di propagazione ed esaurimento dell' onda di piena, secondo le procedure codificate del sistema di allertamento regionale per situazioni meteopluviometriche di particolare attenzione, in contatto continuo con il Settore Regionale di Protezione Civile e le Prefetture e Province interessate, nonché come punto di riferimento per Amministrazioni comunali, Enti di gestione ed erogazione di pubblici servizi e collettività locali.

Nella giornata di Venerdì 13 ottobre, con l' emissione ordinaria del Bollettino previsionale sulla situazione pluviometrica si provvedeva a segnalare una situazione di Attenzione "2" sulle aree del Verbano - Cusio - Ossola e Val Sesia, Biellese, Eporediese per condizioni di rischio di dissesto idrogeologico, provocato dalle forti precipitazioni attese su tali aree per le prossime 24 ore, ed una indicazione di stato di Preallerta sulle rimanenti aree del territorio regionale ad eccezione dei settori orientali di pianura, in considerazione delle precipitazioni forti, o molto forti previste a partire dal pomeriggio successivo, del 14 ottobre.

Alle ore 21.30 del 13/10 un messaggio di aggiornamento confermava, sulla base dei dati osservati, le precipitazioni intense in atto sull' Ossola, segnalando i primi superamenti dei livelli di attenzione delle relative soglie pluviometriche e dei livelli dei corsi d' acqua della zona (Bogna; Diveria, Isorno, Toce). La situazione di crisi delle valli occidentali Ossolane veniva ulteriormente descritta nel successivo messaggio di aggiornamento emesso alle 9:00 del 14/10, che dava atto inoltre dell' inizio delle criticità sui bacini nord-occidentali della Provincia di Torino (superamento dei livelli di attenzione della Dora Baltea e dell' Orco).

La criticità della situazione in atto e la sfavorevole previsione meteorologica determinavano l' emissione con il Bollettino di Sabato 14 ottobre, di un codice di Allerta "3" sulle aree già interessate dalla



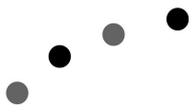
precedente Attenzione (Verbano - Cusio - Ossola e Val Sesia, Biellese, Eporediese), esteso all' adiacente area del Canavese, Valli di Lanzo, Bassa Valle di Susa, per condizioni di rischio di dissesto idrogeologico, e di Attenzione sulle rimanenti aree Piemontesi precedentemente interessate dalla Preallerta del giorno precedente. I messaggi di aggiornamento susseguenti informavano sull' estendersi del fenomeno: in quello delle ore 13 si segnalava il superamento della soglia di pericolo dell' Orco della Dora Baltea, e dell' Orco; in quello delle 17 quello della Stura di Lanzo; in quello delle 7 del 15/10 della Dora Riparia.

In quest' ultimo messaggio appare già evidente l' eccezionale criticità della situazione: l' estensione areale e cumulata delle precipitazioni, la loro intensificazione nella notte trascorsa, l' intensità locale degli scrosci più violenti, la crisi di tutti i corsi d' acqua.

Il Bollettino di allertamento delle ore 13 confermava la situazione di Allerta su Verbano - Cusio - Ossola, Val Sesia, Biellese, Eporediese, Canavese, Valli di Lanzo, Bassa Valle di Susa ed Attenzione su tutto il rimanente territorio regionale con la sola eccezione delle aree sud orientali delle Valli Curone, Borbera, Scrivia. Nei successivi messaggi di aggiornamento, oltre alle informazioni sull' evoluzione della situazione nelle aree già sotto osservazione, si provvedeva ad informare sull' andamento delle precipitazioni e della idrometria dei bacini del Piemonte meridionale (superamento delle soglie di attenzione dell' alto Tanaro, della Bormida, del Belbo e dell' Orba con il messaggio delle 12), sui violenti rovesci abbattutisi sulle Valli Pellice e Chisone nel pomeriggio di Domenica (messaggio delle 17) e sulla fascia prealpina della provincia di Torino (messaggio delle 23).

Le gravi preoccupazioni per la propagazione dell' onda di piena lungo l' asta del Po, ed in minor misura del Tanaro, hanno indotto l' emissione di tre messaggi di aggiornamento straordinario della situazione idrometrica, riportanti la previsione dei livelli e delle portate e la loro sequenza temporale alle varie sezioni fornite dalle applicazioni di modellistica idraulica.

La giornata di lunedì 17 ottobre, ancora interessata da precipitazioni, ma soprattutto dal decorso delle onde di piena attraverso il territorio regionale, è stata seguita tramite i consueti messaggi previsti dalla procedura: il bollettino di allertamento del 13 manteneva ancora il



codice di allerta per il solo settore del Verbano - Cusio - Ossola, legato alla maggior entità delle precipitazioni previste ed alla situazione critica del Lago Maggiore (nel messaggio delle 7 del 17/10 si è segnalato il superamento del livello massimo della piena del 1993), mentre si indicava il codice di Attenzione sulle aree Val Sesia, Biellese, Eporediese, Canavese, Valli di Lanzo, nonché sulla Pianura essenzialmente legato ai deflussi sopra descritti: detti messaggi progressivamente informavano della progressiva attenuazione delle situazioni di criticità, confermata dai messaggi della mattinata del 18 ottobre e dal Bollettino di allertamento del medesimo giorno che riportava, da un punto di vista previsionale, alla situazione di ordinaria attenzione.

In considerazione della criticità dell' evento occorso, viene comunque mantenuta attiva l' attività di monitoraggio, con l' emissione di ulteriori messaggi informativi, adeguati all' evoluzione della situazione.

Durante tutto l' evento è stato mantenuto un contatto prioritario con il Dipartimento della Protezione Civile, conseguentemente ai messaggi di Avviso di condizioni meteorologiche avverse emessi dal Centro Operativo Veglia Meteorologica, ricevuti il 13 ottobre alle ore 14, il 14 ottobre alle ore 14 ed il 16 ottobre alle ore 16.45, garantendo i flussi informativi previsti dalla Direttiva del Dicembre 1996.

In allegato sono riportati i Bollettini di Allertamento emessi in correlazione all' evento, il messaggio delle 7 del 15 ottobre, rappresentativo di una delle fasi più critiche dell' evento e l' aggiornamento straordinario della situazione idrometrica delle 4.30 del 16 ottobre, al momento della massima criticità della a della piena del Po.

Il quadro complessivo dell' attività di previsione e monitoraggio è rappresentato nelle seguenti tabelle, che riportano la sintesi temporale dei bollettini e aggiornamenti emessi (Tabella 15), l' elenco dei destinatari istituzionali esterni all' Amministrazione Regionale dell' informazione (Tabella 16).

Fin dalla giornata di Sabato 14 ottobre sono iniziati i sopralluoghi nelle aree da cui provenivano le prime segnalazioni da parte del personale tecnico della Direzione (geologi e ingegneri) che ha assicurato il

necessario supporto alle Amministrazioni Locali per tutta la durata dell'evento.

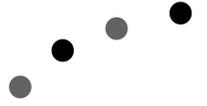
Dalla giornata di Lunedì 16 sono operative 8 squadre di rilevatori, suddivisi nelle aree colpite dall' evento, per fornire l' assistenza geologico-tecnica nelle aree colpite (prioritariamente finalizzata alla tutela della pubblica e privata incolumità e per il censimento dei danni di concerto con le Direzioni Regionali Opere Pubbliche, Difesa del Suolo e pianificazione delle Risorse Idriche) e per il rilevamento dei dissesti e la delimitazione delle aree colpite.

Tabella 15 SINTESI DE BOLLETTINI E AGGIORNAMENTI EMESSI DURANTE L'EVENTO DEL 13-16 OTTOBRE 2000

GIORNO	Bollettino allertamento	Aggiornamenti situazione idropluviometrica	Aggiornamenti straordinari situazione idrometrica
13/10	13.00	21.00	
14/10	13.00	9.00 13.00 17.00 23.00	
15/10	7.00 12.00 17.00 23.00	7.00 12.00 17.00 23.00	24.00
16/10	13.00	7.00 12.30 17.00 23.00	4.30 7:00
17/10	13.00	7.00 13.00	

Tabella 16 Elenco utenti allertamento

ORDINE	NOME UTENTE
01	REGIONE PIEMONTE SETTORE PROTEZIONE CIVILE
02	DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE
03	MAGISTRATO PO DIO PARMA
04	PREFETTURA DI TORINO
05	PREFETTURA DI ALESSANDRIA
06	PREFETTURA DI ASTI
07	PREFETTURA DI BIELLA
08	PREFETTURA DI CUNEO
09	PREFETTURA DI NOVARA
10	PREFETTURA VERBANO CUSIO OSSOLA
11	PREFETTURA DI VERCELLI
12	PREFETTURA DI PAVIA
13	PROVINCIA DI TORINO
14	PROVINCIA DI ALESSANDRIA
15	PROVINCIA DI ASTI
16	PROVINCIA DI BIELLA
17	PROVINCIA DI NOVARA
18	PROVINCIA VCO
19	PROVINCIA DI VERCELLI
20	IDROGRAFICO REGIONE VALLE D'AOSTA
21	VIGILI DEL FUOCO - ISPETTORATO INTERREGIONALE
22	SERVIZIO METEO DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA
23	SERVIZIO PROT. CIVILE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA
24	ANSA



Andamento previsioni

Vengono di seguito esaminate le previsioni meteorologiche formulate dai modelli numerici in uso presso la SSRN.

Una valutazione dell'andamento della performance dei modelli, allora utilizzati dal Settore Meteo-Iidrografico Regionale, evidenzia le difficoltà riscontrate ed è indispensabile per una valutazione complessiva dell'attività previsionale.

Si è focalizzata in particolare l'attenzione sui campi di pressione e temperatura, in quota ed al suolo, e sui valori di precipitazione prevista.

Per i campi di pressione e temperatura sono state esaminate le previsioni numeriche del modello ECMWF, per le scadenze a +12, +24, +36 e +48 ore, relative alle corse di Giovedì 12 Ottobre ed a quelle successive, confrontate con i campi di analisi del medesimo modello ECMWF.

Per le precipitazioni il confronto è stato effettuato con i valori osservati dalla rete meteo-pluviometrica regionale ed è stato esteso ai modelli ad area limitata MEPHISTO e LOKAL-MODELL (non idrostatico).

Il confronto con i valori di precipitazione osservati dalla rete regionale di rilevamento al suolo viene poi rivolto anche alle previsioni elaborate dal personale del servizio meteorologico regionale.

Infine viene riportato il totale di precipitazione cumulato sull'intero evento osservato e previsto da vari modelli meteorologici.

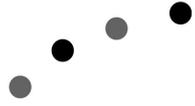
Previsioni dei modelli numerici

Circolazione generale

La situazione sinottica nella giornata di Venerdì 13 Ottobre presenta una profonda area depressionaria che si estende dalle Isole Britanniche fino alle coste dell'Africa settentrionale, con un corrispondente nucleo di aria fredda in quota.

Nella Figura 55 è riportata la pressione al suolo prevista dal modello ECMWF nelle corse dal 12 al 15 Ottobre per le scadenze a +24, +36 e +48 riferentisi alle giornate del 13, 14, 15 e 16 Ottobre; in ultima riga sono riportate le analisi del ECMWF della pressione al livello del mare, che descrivono la reale evoluzione dell'evento.

La corsa del modello ECMWF di Giovedì 12 Ottobre individua la presenza dell'area depressionaria, ma la considera meno profonda e con valori di temperatura in quota più elevati di quanto realmente

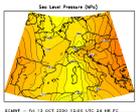
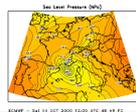
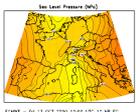
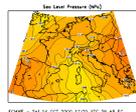
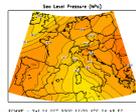
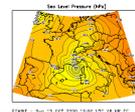


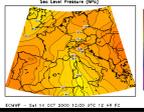
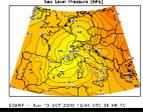
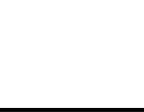
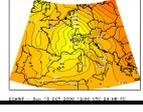
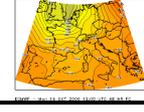
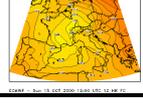
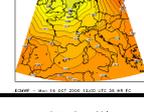
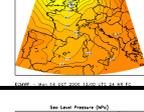
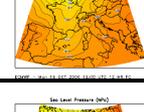
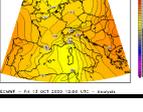
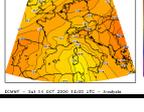
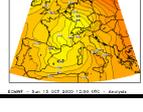
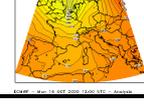
verificatosi. La sovrastima della temperatura si manterrà, attraverso le successive corse del modello, per l'intera durata dell'evento. La previsione della corsa del 12 Ottobre assegna quindi alla depressione un'evoluzione che porta alla rapida formazione di un minimo depressionario sul Golfo del Leone, anticipando l'effettiva evoluzione dell'evento.

Nei giorni successivi si struttura un minimo barico sul Tirreno che assume la sua massima intensità nella notte tra Sabato 14 e Domenica 15 Ottobre, con un'associata irruzione di aria fredda sull'Italia nordoccidentale per la giornata di Domenica 15 e la prima parte della giornata di Lunedì 16. Le corse del modello ECMWF dei giorni 13 e 14 Ottobre ritardano la formazione del minimo barico, che viene previsto per la giornata di Domenica 15, e con esso ritardano l'irruzione di aria fredda, di importanza determinante per l'intensità delle precipitazioni di Domenica.

Il minimo di pressione intraprende quindi un moto retrogrado, inizialmente verso nordovest, fino a posizionarsi in prossimità del Golfo del Leone, e poi verso l'Europa centrale, con una conseguente progressiva attenuazione. Questi spostamenti sono indicati in maniera difficoltosa ed imprecisa dalle ultime corse del modello esaminate, che anticipano la definitiva attenuazione dell'evento anche perché sottostimano la presenza di una circolazione depressionaria sulla Francia meridionale, che contribuisce a mantenere condizioni di instabilità e tempo perturbato fino alla mattina di Martedì 17 Ottobre, quando si ha finalmente un effettivo miglioramento.

Figura 55 modello ECMWF - confronto tra pressione al suolo prevista, nelle corse dal 12 al 16 Ottobre 2000 alle scadenze +12, +24, +36 e +48 ore, e pressione al suolo osservata nelle analisi relative ai giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000

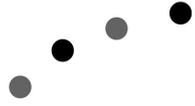
	13/10/00	14/10/00	15/10/00	16/10/00
corsa delle h12 del 12/10/00				
corsa delle h00 del 13/10/00				
corsa delle h12 del 13/10/00				

corsa delle h00 del 14/10/00				
corsa delle h12 del 14/10/00				
corsa delle h00 del 15/10/00				
corsa delle h12 del 15/10/00				
corsa delle h00 del 16/10/00				
ANALISI				

Precipitazioni

Tra i prodotti forniti dal ECMWF è disponibile la previsione della probabilità di precipitazione cumulata in 24 ore (ensemble forecast) a differenti scadenze. Questo prodotto, seppur basato su corse parallele del modello ad una risoluzione inferiore, può risultare un buon indicatore di fenomeni precipitativi intensi ed estesi, soprattutto per le scadenze temporali avanzate, quando il degrado delle previsioni deterministiche incomincia ad essere importante.

Relativamente a quanto verificatosi tra il 13 ed il 16 Ottobre, l'ensemble forecast della giornata del 10 Ottobre prevede l'elevata probabilità di un evento intenso tra le giornate del 14 e 15 Ottobre, localizzato sulle regioni settentrionali italiane con valori massimi sul nord-est dell'Italia. Solamente nelle corse del 12 Ottobre sono individuate probabilità molto elevate di precipitazioni intense con valori massimi centrati sul Piemonte e sulla bassa Pianura Padana. Per il periodo tra il 15 ed il 16 Ottobre la previsione di probabilità di evento intenso risulta discontinua, per le corse fino al 12 Ottobre, con una prematura tendenza alla diminuzione dell'intensità sulla nostra regione e con massimi posizionati ancora sull'Italia nordorientale; solamente l'ensemble forecast del 13 Ottobre mostra correttamente una probabilità molto elevata di un evento intenso sul Piemonte.



Nella seguente è riportata la precipitazione cumulata nelle 24 ore precedenti relativa alle ore 12 UTC delle giornate del 13, 14, 15 e 16 Ottobre, prevista dal modello ECMWF nelle corse dal 12 al 15 Ottobre, per le scadenze a +24, +36, +48 h; nell'ultima riga è riportata la distribuzione delle precipitazioni, per i medesimi intervalli temporali, osservata dalla rete meteo-idrografica regionale di rilevamento al suolo.

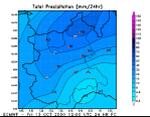
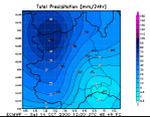
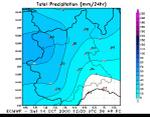
La distribuzione delle precipitazioni prevista dalla corsa delle ore 12 UTC del modello ECMWF, per la scadenza a +48 ore relativa alle giornate del 14, 15 e 16 Ottobre, mostra un generale buon accordo con quella osservata. I valori forniti sono qualitativamente significativi e la localizzazione delle zone di massima intensità della precipitazione sulle aree settentrionali è in buon accordo con i valori osservati; meno precisa risulta invece la localizzazione sul basso Piemonte.

Per la scadenza a +24 ore le previsioni della corsa delle ore 12 del modello ECMWF mostrano una precisione minore, per quanto riguarda sia i valori di precipitazione sia la localizzazione delle zone di maggior intensità.

Dall'analisi di questo comportamento del modello si conferma la caratteristica, dei modelli a circolazione generale, di prevedere correttamente la situazione a scala sinottica ed a mesoscala sulle scadenze a medio termine: con una capacità superiore a quella di prevedere nel dettaglio le caratteristiche di un evento a breve termine, e un ritardo nella fase di innesco delle precipitazioni intense.

Le corse delle ore 00 UTC per le scadenze a +36 ore mostrano infine i risultati in minor accordo con i valori osservati.

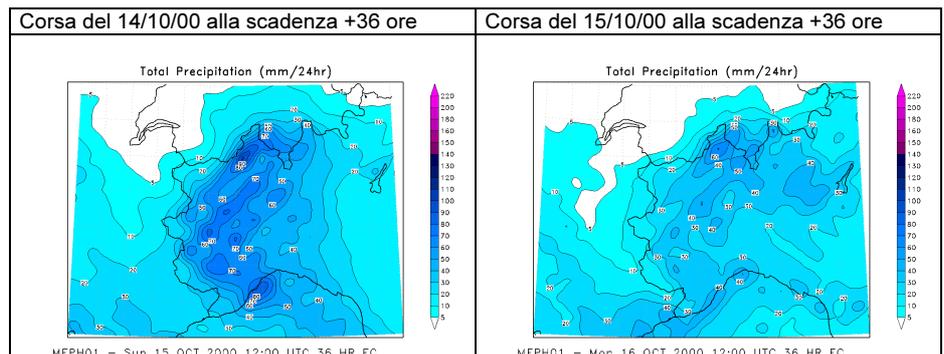
Figura 56 Confronto delle precipitazioni cumulate in 24 ore alle h 12 UTC, tra i valori previsti dalle corse del modello ECMWF dal 12 al 15 Ottobre 2000, alle scadenze +24, +36 e +48 ore, per i giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000, ed i valori osservati dalla rete meteopluviometrica regionale nei giorni 13, 14, 15 e 16 Ottobre 2000

	13/10/00	14/10/00	15/10/00	16/10/00
corsa delle h12 del 12/10/00				
corsa delle h00 del 13/10/00				

corsa delle h12 del 13/10/00				
corsa delle h00 del 14/10/00				
corsa delle h12 del 14/10/00				
corsa delle h00 del 15/10/00				
corsa delle h12 del 15/10/00				
ANALISI				

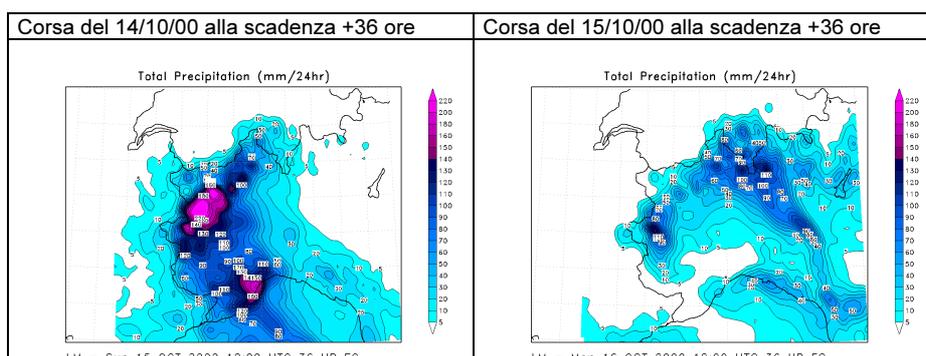
La previsione di precipitazione elaborata dal modello MEPHISTO (Figura 57) ad alta risoluzione (circa 15 Km) nella giornata del 14 Ottobre, per le 24 ore comprese tra le 12 UTC del 14 e le 12 UTC del 15 Ottobre, mostra una distribuzione coerente con quanto osservato ma con massimi d'intensità decisamente sottostimati; la previsione emessa il giorno seguente, relativamente alle precipitazioni cumulate tra le ore 12 UTC del giorno 15 e le ore 12 UTC del giorno 16 Ottobre, evidenzia una distribuzione in scarso accordo coi valori registrati, eccezion fatta per la previsione di un picco di precipitazione localizzato sul nord del Piemonte, al quale si assegnano tuttavia valori ancora sottostimati.

Figura 57 Precipitazioni cumulate in 24 ore, previste dal modello MEPHISTO ad alta risoluzione, nelle corse del 14 e 15 Ottobre 2000 alle scadenze +36 ore, relative alle giornate del 15 e 16 Ottobre 2000

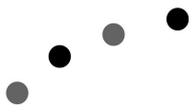


La previsione emessa nella giornata del 14 Ottobre (Figura 58) elaborata dal modello non idrostatico Lokal Modell (con risoluzione di circa 7 Km), relativamente alle precipitazioni cumulate in 24 ore per il periodo compreso tra le ore 12 UTC del 14 e le 12 UTC del 15 Ottobre, mostra una distribuzione in buon accordo con quanto osservato anche se con valori massimi d'intensità lievemente sottostimati. La previsione di precipitazioni attese tra le ore 12 UTC del giorno 15 e le ore 12 UTC del giorno 16 Ottobre evidenzia una distribuzione in minore accordo con quanto registrato: presenta valori ancora elevati sulle zone nordoccidentali, seppur ampiamente sottostimati, ma evidenzia una prematura attenuazione dei fenomeni sul Piemonte sudoccidentale, che si è invece verificata solamente nelle prime ore della successiva giornata di Martedì 17 Ottobre.

Figura 58 Precipitazioni cumulate in 24 ore, previste dal modello Lokal Modell, nelle corse del 14 e 15 Ottobre 2000 alle scadenze +36 ore, relative alle giornate del 15 e 16 Ottobre 2000



Completivamente le previsioni numeriche hanno segnalato con un certo anticipo la presenza d'intense precipitazioni sulle regioni nordoccidentali italiane per le giornate del 13, 14 e 15 Ottobre e anche la loro persistenza; hanno di fatto fornito, al di là dei limiti eventualmente manifestati, il presupposto indispensabile per elaborare delle previsioni mirate e specifiche da parte dei meteorologi. Particolarmente difficoltosa è risultata l'individuazione dell'evoluzione a mesoscala delle strutture e la distribuzione a scala regionale delle precipitazioni, soprattutto nelle scadenze più ravvicinate. In particolare la traiettoria del minimo barico al suolo nel suo transito sul Mediterraneo occidentale e la sua precisa localizzazione al largo delle coste francesi sono state un elemento di difficile previsione. Ci si è confrontati infatti con un pattern con caratteristiche ai limiti delle capacità dei modelli a circolazione



generale: di dimensioni confrontabili con la risoluzione del modello, posizionato sul mare, dove sono più sporadiche le informazioni disponibili per elaborare l'analisi e dove le forzanti termiche rendono il comportamento dell'atmosfera quanto mai variabile. La limitata capacità dei modelli a circolazione generale di risolvere accuratamente l'orografia a scala regionale inoltre può essere posta alla base delle difficoltà, riscontrate nelle previsioni numeriche, di rappresentare correttamente il forcing orografico, che ha avuto un ruolo preponderante nelle precipitazioni di Venerdì 13 e Sabato 14 Ottobre. Tutti i modelli numerici qui confrontati hanno infine previsto in anticipo l'attenuazione dei fenomeni sul Piemonte sudoccidentale, in estensione al resto della regione, a partire dalla prima parte della giornata di Lunedì 16 Ottobre, mentre nella realtà si è osservata una marcata attenuazione soltanto nella serata.

Previsioni di precipitazione sulle zone del sistema di allertamento regionale

A partire dalle previsioni numeriche fornite direttamente dai modelli utilizzati, i meteorologi della SSRN formulano quotidianamente previsioni della quantità di precipitazione attesa. Le previsioni fanno riferimento alle zone del sistema di allertamento in cui viene suddiviso il territorio regionale, individuate in base ai bacini idrografici principali, a caratteristiche idrogeologiche omogenee, con tolleranza e tipologia di risposta simile in caso di eventi intensi. Sulla base dei valori medi areali e massimi locali di precipitazione, previsti su ciascuna area per intervalli consecutivi di sei ore, e sulla base dei valori osservati viene quindi valutata l'entità del rischio idrogeologico conseguente.

Nel corso dell'evento considerato, sulle aree che sono risultate maggiormente colpite (Toce, Dora Baltea, Sesia, Orco-Stura di Lanzo, Dora Riparia-Pellice) è stata fornita una previsione di situazione ad elevato rischio, prolungata sui tre giorni.

In particolare una buona previsione per le precipitazioni intense è stata formulata Venerdì 13 per le scadenze di Sabato 14 e Domenica 15 Ottobre 2000. La criticità della previsione si evidenzia confrontando i valori delle precipitazioni previste in 48 ore con la massima precipitazione stimata per tempi di ritorno di 20 anni o di 5 anni, come riportato nella seguente Tabella 17

La previsione formulata Sabato 14 Ottobre per le scadenze di Domenica 15 e Lunedì 16 conferma le caratteristiche dell'evento in corso e la conseguente situazione di elevato rischio sulle aree indicate, intensifica la precipitazione sulle aree occidentali e prolunga la persistenza di precipitazioni intense fino alla giornata di Lunedì 16 (come si vede nella seguente Tabella 18 dai valori di precipitazioni previste in 24 ore).

Tabella 17 Confronto fra valori critici e previsioni della precipitazione cumulata sulle 48 ore (mm)

Zona	Massima precipitazione con tempo di ritorno 20 anni	Massima precipitazione con tempo di ritorno 5 anni	Precipitazione prevista sulle 48 h	Intervallo di previsione
Dora Baltea-Sesia	233	178	225	Sabato/Domenica
			241	Domenica/Lunedì
Dora Riparia-Pellice	138	105	130	Sabato/Domenica
			146	Domenica/Lunedì
Canavese	134	115	100	Domenica/Lunedì

Tabella 18 Confronto fra valori critici e previsioni della precipitazione cumulata sulle 24 ore (mm)

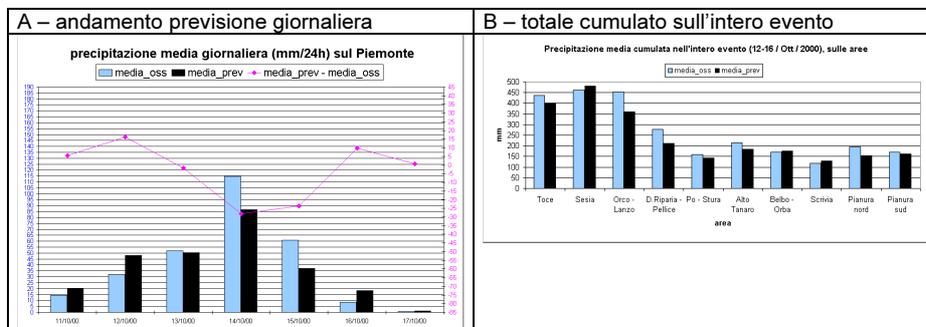
Zona	Massima precipitazione con tempo di ritorno 20 anni	Massima precipitazione con tempo di ritorno 5 anni	Precipitazione prevista sulle 48 h	Intervallo di previsione
Orco-Stura di Lanzo	135	99	155	Domenica
Dora Riparia-Pellice	91	68	100	Lunedì

Pur presentando alcune imprecisioni nella distribuzione spaziale dei valori massimi, le previsioni delle precipitazioni attese sulle differenti zone, attraverso il confronto con le quantità critiche, hanno consentito un preventivo allertamento delle aree colpite.

A livello regionale la quantità di precipitazione prevista e osservata risulta confrontabile, come mostrato dalla Figura 59A anche se risulta evidente una sottostima per le giornate del 14 e 15 Ottobre.

Lo stesso si può dire osservando la Figura 59B le quantità di precipitazione prevista e osservata sulle varie aree risultano piuttosto simili, anche se prevale una generale sottostima sulla maggior parte dei bacini.

Figura 59 Precipitazione media giornaliera (cumulata in 24 ore, dalle h00 alle h24) osservata e prevista; la previsione è ogni volta quella emessa il giorno precedente con il Bollettino di allertamento: figura A - andamento giornaliero (mm/24h) della media regionale su tutto il Piemonte (è anche riportata la differenza tra valore previsto e valore osservato); figura B - totale cumulato sull'intero evento (dal 12 al 16 Ottobre 2000) sulle singole aree di allertamento



Per guardare in dettaglio l'andamento sulle singole aree di allertamento della previsione emessa Venerdì 13 e Sabato 14 Ottobre, si riportano nei grafici seguenti (da Figura 60 a Figura 65) i valori medi areali di precipitazione prevista e osservata sulle 24 ore, ad intervalli successivi di 12 ore.

Figura 60 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Venerdì 13 Ottobre h 12 UTC a Sabato 14 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice

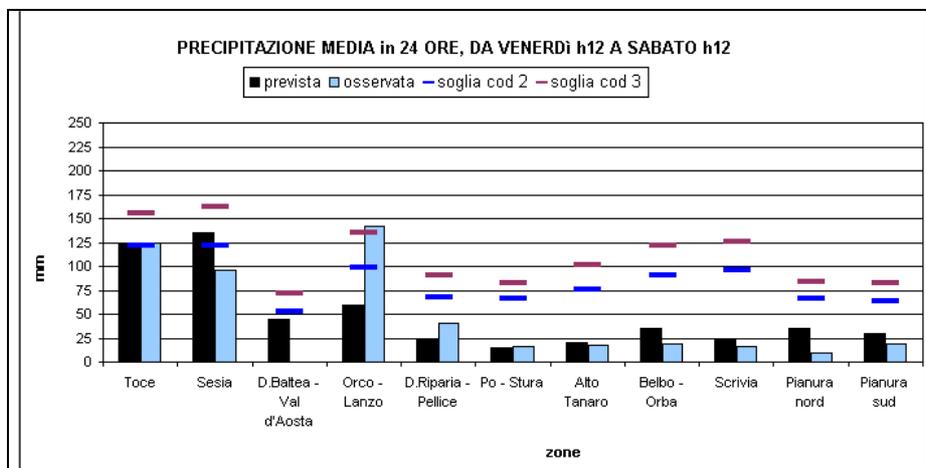


Figura 61 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 00 UTC a Sabato 14 Ottobre h 24 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice

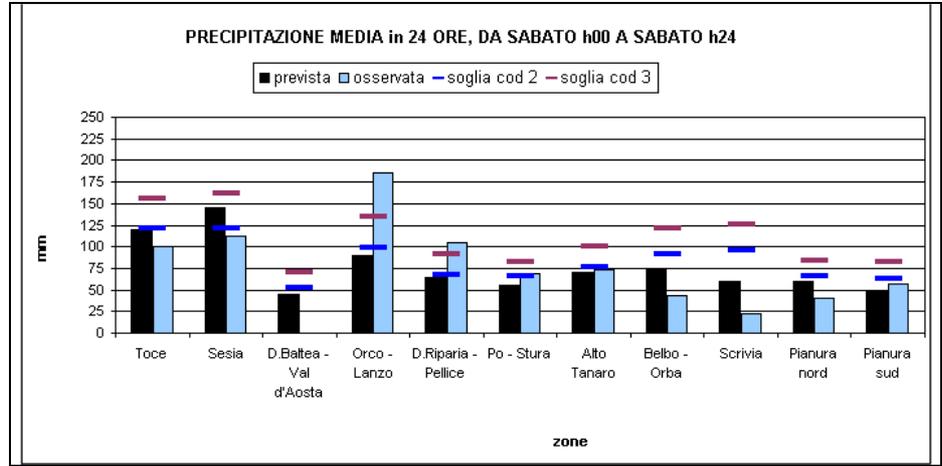


Figura 62 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 12 UTC a Domenica 15 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Venerdì 13; sono anche riportate le rispettive soglie da codice

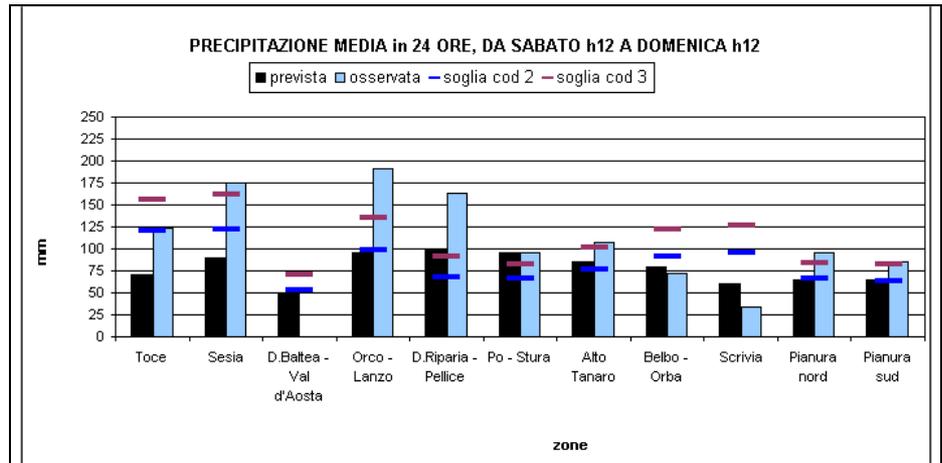


Figura 63 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Sabato 14 Ottobre h 12 UTC a Domenica 15 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice

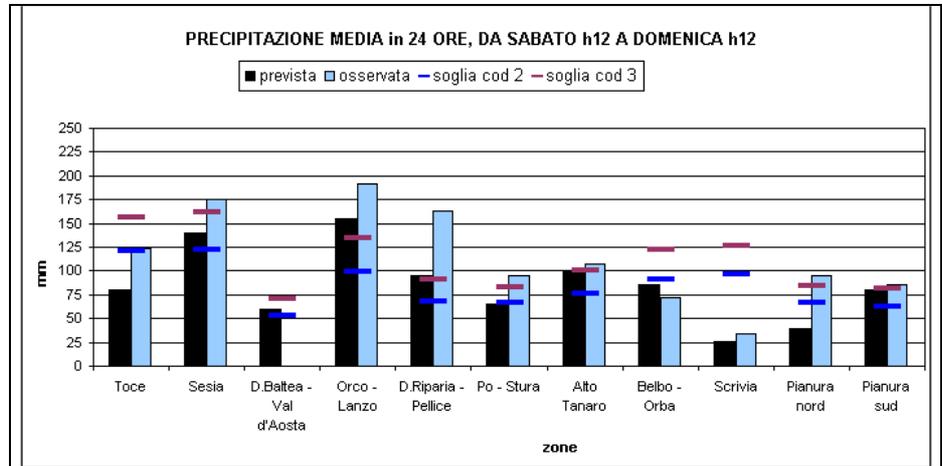


Figura 64 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Domenica 15 Ottobre h 00 UTC a Domenica 15 Ottobre h 24 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice

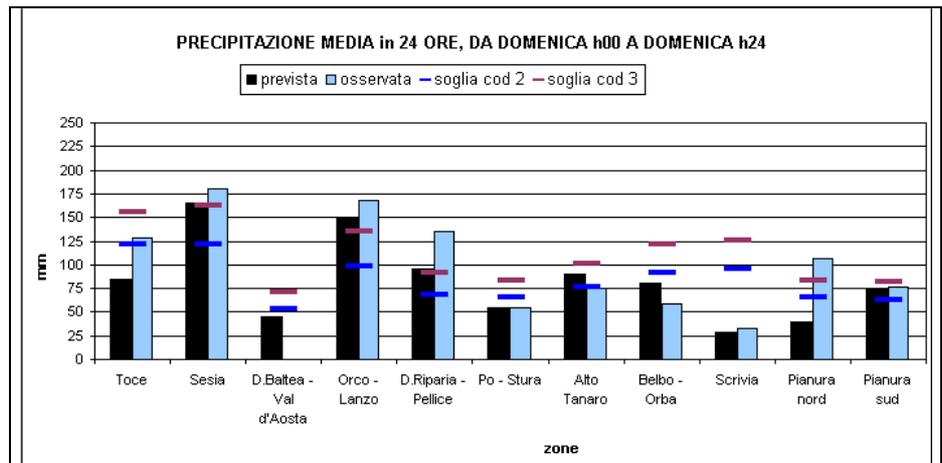
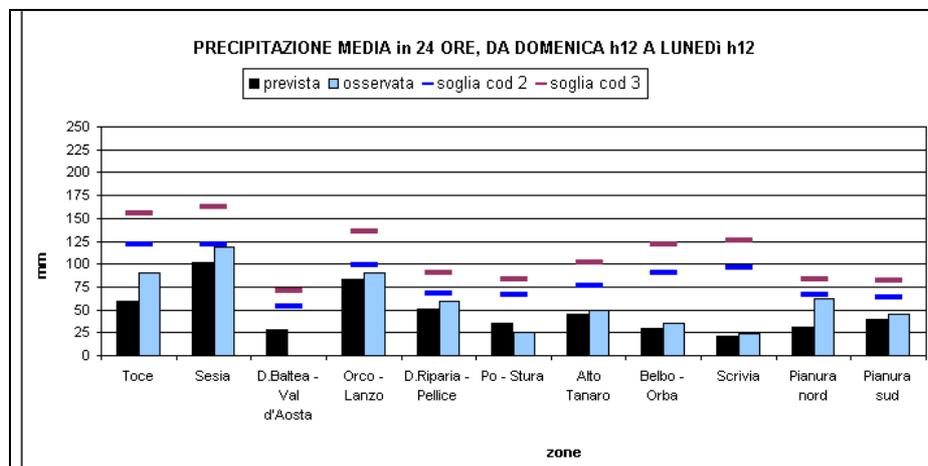


Figura 65 Confronto tra valori medi areali, di precipitazione cumulata sulle 24 ore, previsti e osservati per aree di allertamento, relativi al periodo da Domenica 15 Ottobre h 12 UTC a Lunedì 16 Ottobre h 12 UTC; la previsione è emessa Sabato 14; sono anche riportate le rispettive soglie da codice



Anche quando i valori medi areali risultano confrontabili, si deve considerare che la variabilità dei dati osservati all'interno delle singole aree, data l'entità dei valori medi ed il ruolo giocato dal sollevamento orografico, può essere elevata. Una dimostrazione di quanto detto si ritrova nella zona del Toce dove, nella Figura 60, i valori medi areali previsto e osservato raggiungono al limite la soglia critica di attenzione, mentre le precipitazioni misurate puntualmente da alcune stazioni (ad esempio Lago Paione Superiore a Bognanco e San Domenico a Varzo) raggiungono livelli tali da causare gravi dissesti. Nella Figura 61 invece, sempre sulla zone del Toce, il valore medio areale previsto raggiunge la soglia di attenzione sovrastimando il valore medio areale osservato ma con valori puntuali misurati nettamente superiori (ad esempio Bognanco Pizzanco e Antrona Alpe Cheggio). Al contrario, nei giorni successivi, con valori medi areali osservati confrontabili o leggermente superiori, i valori puntuali registrati nelle stazioni non sono stati altrettanto elevati.

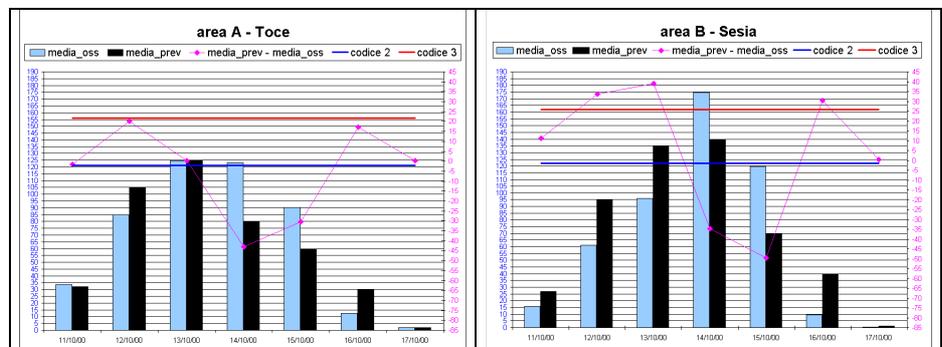
Nella previsione emessa Venerdì 13 Ottobre per le scadenze più ravvicinate (Figura 60 e Figura 61) si osserva una sovrastima delle precipitazioni previste sulle zone del Toce e Sesia, mentre si ha una sottostima per la zona Orco-Stura di Lanzo, a causa di una distribuzione spaziale prevista traslata rispetto a quella osservata, determinata da un'imprecisa localizzazione del minimo depressionario al suolo e di conseguenza della direzione del flusso umido negli strati bassi. Dati i valori elevati di precipitazione avutisi

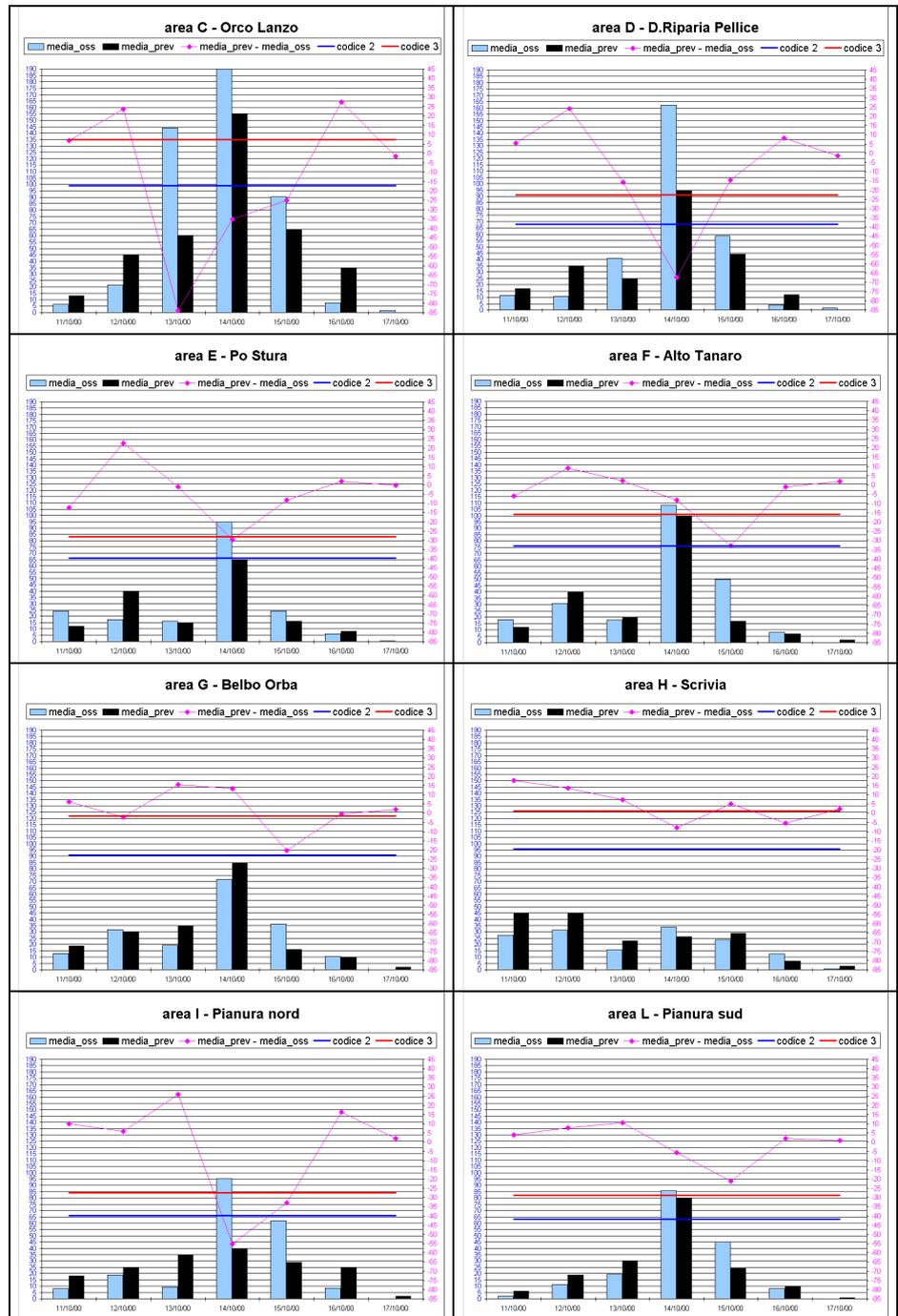
durante l'evento, è utile ricordare che piccoli scostamenti nella componente dinamica si amplificano notevolmente negli effetti.

In riferimento alla medesima previsione emessa Venerdì 13, relativamente alla notte tra Sabato 14 e Domenica 15 Ottobre (Figura 62), ci si attende, non correttamente, un'attenuazione dei fenomeni; attenuazione che non viene confermata nella previsione successiva emessa Sabato 14 relativamente alla medesima scadenza (Figura 63). Troviamo in questo una dimostrazione evidente di come sia importante, una volta individuato un evento intenso, aggiornare le previsioni ogni volta che si dispone di nuove informazioni.

Le previsioni emesse Sabato 14 Ottobre relativamente alle giornate di Domenica 15 e Lunedì 16 (Figura 64 e Figura 65) risultano infine essere più precise, e riescono anche a migliorare notevolmente la previsione dei valori medi areali di precipitazione attesa, in particolare sulle zone Dora Baltea-Sesia e Orco-Stura di Lanzo. È questo il momento in cui si modifica il carattere dell'evento e l'afflusso di aria fredda in quota, che ha destabilizzato l'atmosfera, assume un aspetto preponderante innescando precipitazioni a carattere temporalesco. Passando da una scala piccola dei fenomeni in gioco, in cui gli effetti orografici delle singole valli sono determinanti, ad una scala più grande, in cui determinante diventa soprattutto la forzante sinottica, l'andamento dell'evento risulta predicibile con maggior precisione.

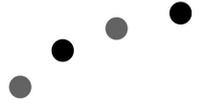
Figura 66 Precipitazione areale media giornaliera (cumulata in 24 ore, dalle h00 alle h24) osservata e prevista; la previsione è ogni volta quella emessa il giorno precedente con il Bollettino di Allertamento sulle singole aree (previsione quindi emessa alle h 12 UTC, a +12/36 ore); sono anche riportate le rispettive soglie da codice e la differenza tra valore previsto e valore osservato





Guardando nel dettaglio l'andamento della previsione giornaliera sulle singole aree di allertamento (Figura 66), si rileva una generale precoce attenuazione dei fenomeni su tutte le aree, come già precedentemente osservato.

Si nota una previsione non corretta per la zona Orco-Stura di Lanzo, dove si ha un mancato allarme il giorno 13 Ottobre, ma questo errore è stato poi corretto il successivo giorno 14 quando, pur perdurando la sottostima della previsione rispetto alle precipitazioni osservate, il



valore previsto è sufficiente a superare la soglia da codice 3 raggiungendo quindi correttamente il suo fine.

È confortante notare come anche nelle altre zone del Piemonte (dall'area E all'area L) dove è complessivamente piovuto meno del settore alpino nordoccidentale (dall'area A alla D), il picco di precipitazione associato al carattere temporalesco del 14 Ottobre è previsto generalmente in maniera corretta.

Purtroppo rimane una sottostima delle precipitazioni sulle pianure settentrionali (area I) che è inevitabilmente legata anche alla distribuzione delle precipitazioni prevista dai modelli meteorologici disponibili, i quali (come si vede nelle mappe successive, dalla Figura 67 alla Figura 72) prediligevano le zone montuose alle pianure per i massimi di precipitazione più elevati.

L'area in cui sono sempre stati previsti valori di precipitazione inferiori a quelli osservati, durante l'intero corso dell'evento, risulta la zona Dora Riparia-Pellice, dove, anche climatologicamente, sono attesi bassi valori di precipitazione, tipicamente dovuti ad afflussi convettivi locali e scarsamente legati a specifici patterns a scala sinottica o mesoscala. Tuttavia il valore più intenso previsto il giorno 14 Ottobre raggiunge comunque la soglia da codice 3.

Confronto con i modelli meteorologici

Si riportano infine le mappe di precipitazione, cumulata sull'intero evento, prevista da alcuni modelli meteorologici. Questo sia per valutare la capacità intrinseca dei modelli di "vedere" la precipitazione osservata sia per evidenziare le difficoltà incontrate dai previsori nel fornire una stima di quantità di precipitazione univoca sulle aree di allertamento a partire dalle previsioni numeriche dei modelli.

Figura 67 Precipitazione osservata: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)

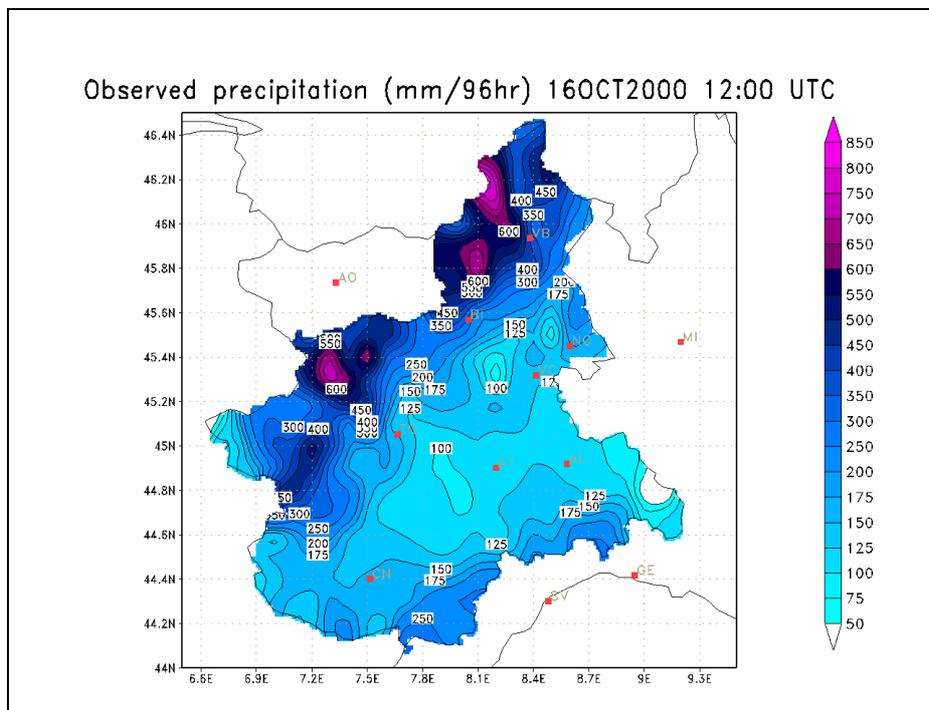


Figura 68 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello ECMWF, nelle 4 corse consecutive delle h12 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +24/48 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)

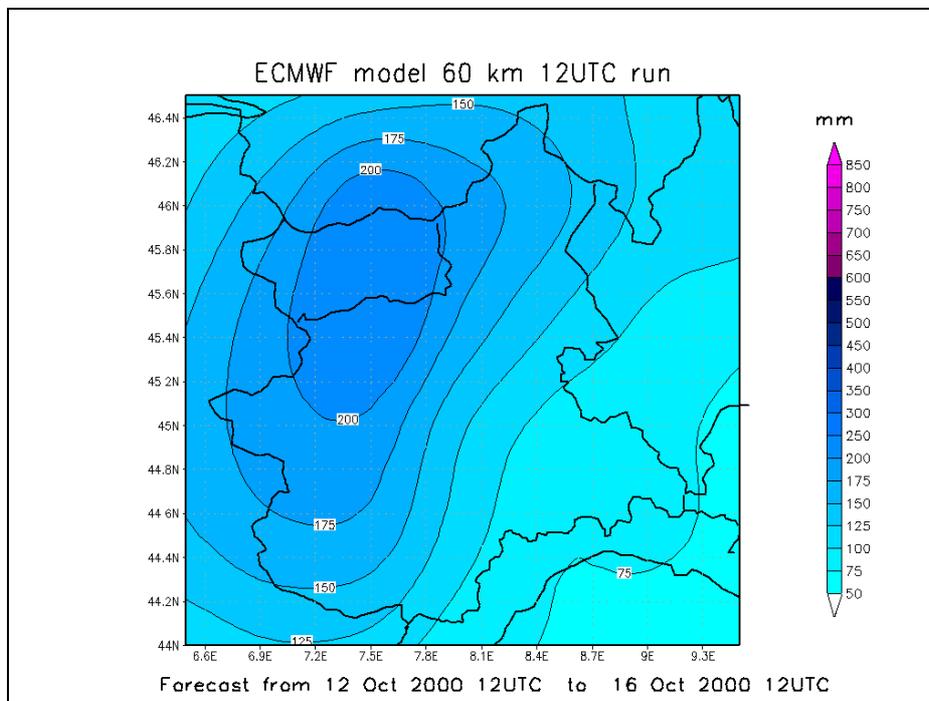


Figura 69 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello Lokal Modell (DWD), nelle 4 corse consecutive delle h12 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +24/48 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000

h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)

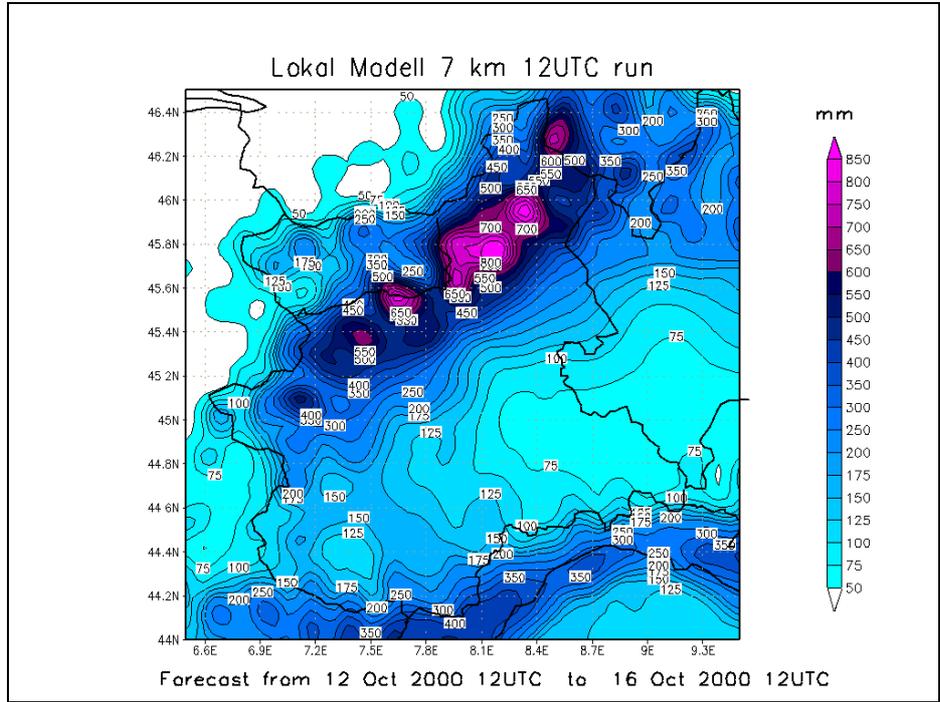


Figura 70 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello LAMI, nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)

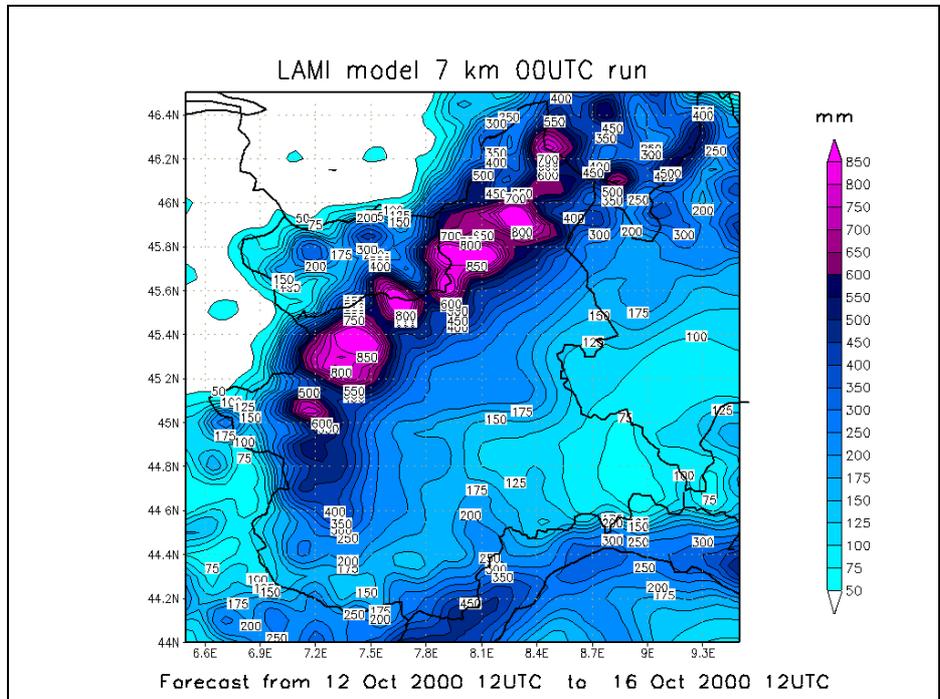


Figura 71 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello LAMBO, nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)

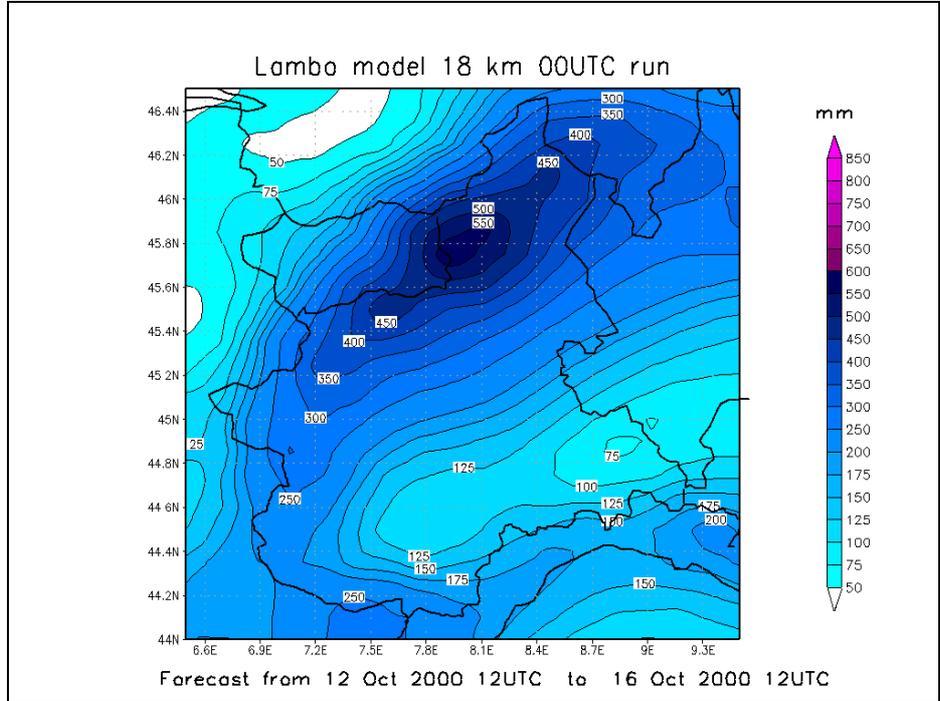
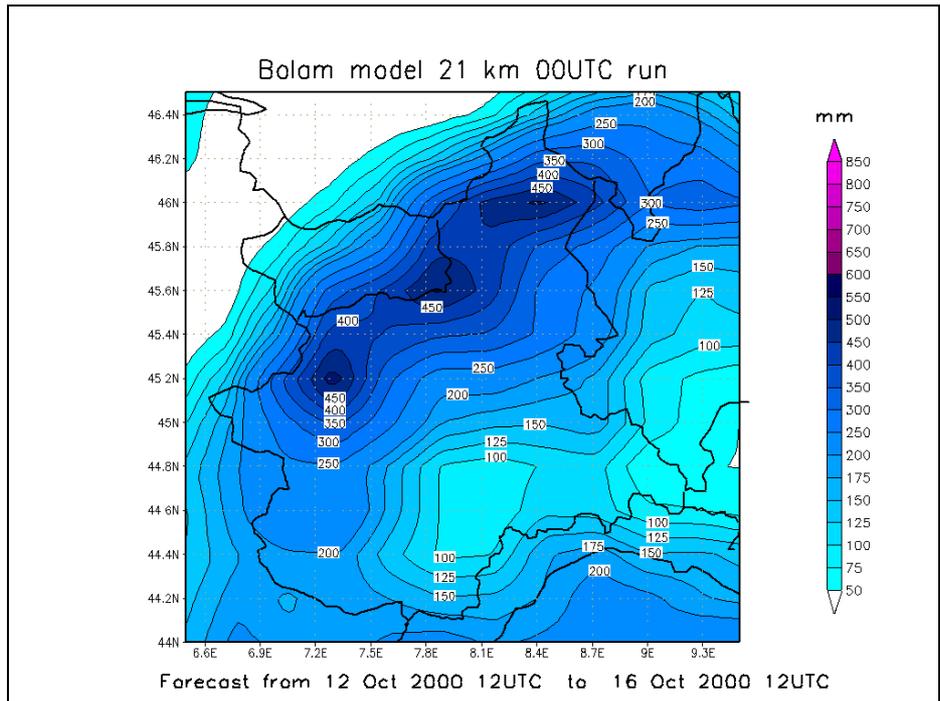
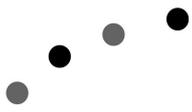


Figura 72 Previsione delle precipitazioni in 24 ore (mm/24h) emessa dal modello BOLAM (risoluzione 21 km), nelle 4 corse consecutive delle h00 UTC dal 12 al 15 Ottobre 2000 alle scadenze +12/36 ore, relative alle giornate dal 13 Ottobre h12 UTC al 16 Ottobre 2000 h12 UTC: totale cumulato sull'intero evento (96 ore da Giovedì 12 Ottobre h12 UTC a Lunedì 16 Ottobre 2000 h12 UTC)





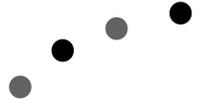
Sostanzialmente tutti i modelli (anche se con differenti errori di sotto- o sovra-stima) identificano le zone dove si sono registrate le precipitazioni più intense, corrispondenti alle Alpi nordoccidentali di Piemonte e Val d'Aosta. Il modello a circolazione globale del ECMWF non individua il secondo massimo di precipitazione localizzato sull'Appennino Ligure-Piemontese, massimo che è invece riconosciuto dai modelli a scala locale (LAM).

La maggior risoluzione dei modelli LAM permette anche di individuare con miglior dettaglio i massimi locali di precipitazione localizzati in corrispondenza delle zone montuose e delle valli pedemontane.

In particolare i modelli LAM non idrostatici (Lokal Modell e LAMI) prevedono bene la distribuzione della precipitazione osservata, con una buona localizzazione dei picchi di pioggia in corrispondenza dei rilievi montuosi ed una netta distinzione tra valori di precipitazione previsti per le montagne e per le pianure. Tale differenza si è addirittura rivelata un'eccessiva sottostima per i valori di precipitazione occorsi nelle zone pianeggianti, specie sulle pianure settentrionali del Piemonte (come già osservato con la Figura 66–area I).

L'approssimazione non idrostatica infatti permette di risolvere più correttamente l'interazione del flusso dei bassi strati con l'orografia, fattore che ha giocato un ruolo preponderante nella distribuzione delle piogge intense durante l'evento. Questi modelli (in particolare il modello LAMI) sono gli unici che mostrano anche delle sovrastime dei valori di precipitazione arealmente osservati.

Le differenze tra Lokal Modell e LAMI lasciano supporre che il differente dominio d'integrazione del modello è in grado d'influenzare profondamente i valori di precipitazione prevista. Infatti i codici dei due modelli possiedono la stessa dinamica ed equazioni della fisica, ma il modello LAMI ha un dominio spostato più a sud, che copre anche parte del Mar Mediterraneo il quale ha avuto un ruolo notevole in questo evento. La stazionarietà dei minimi di pressione al suolo sul Mediterraneo occidentale, con un persistente flusso sudoccidentale, ha contribuito in modo determinante all'umidificazione dell'aria, portando grandi quantitativi di vapore acqueo dalla superficie del mare agli strati più alti dell'atmosfera.



I modelli ECMWF e Lokal Modell fornivano due corse previsionali, una alle ore 12 UTC e un'altra alle 00 UTC, che qui non viene riportata. Anche senza mostrarne le figure, si segnala come la performance delle corse delle 00 UTC sia stata generalmente peggiore di quella delle 12 UTC.

I modelli meteorologici hanno senz'altro costituito un efficace mezzo di supporto come punto di partenza per formulare le previsioni quantitative di precipitazione da parte del Sistema di Allertamento regionale, se non altro per fornire una primaria indicazione dei superamenti di soglie critiche di precipitazione.

Tuttavia, nonostante le previsioni dei modelli numerici segnalassero il verificarsi di una situazione estrema per la nostra regione, la previsione quantitativa e dettagliata della precipitazione è risultata spesso problematica, per l'incertezza dell'evoluzione delle strutture meteorologiche a piccola scala e per gli effetti di interazione del flusso con l'orografia, che intensifica e modifica la distribuzione delle precipitazioni.

Indubbiamente in questo evento la conoscenza del territorio e della sua dettagliata configurazione orografica è stata fondamentale, per riportare la "meteorologia" prevista dai modelli alla scala regionale e per formulare conseguentemente previsioni di rischio di dissesto idrologico sulle differenti aree di allertamento.