

Le condizioni meteorologiche e idrometriche

PREMESSA

In Piemonte l'autunno 1994 è stato caratterizzato, fino alla prima decade di novembre, da una forte instabilità meteorologica.

In particolare, dalla seconda metà di ottobre si sono instaurate spiccate condizioni di variabilità con precipitazioni a carattere temporalesco e deboli neviccate oltre i 2000 metri. Nell'ultima decade del mese un forte afflusso di aria instabile in quota, proveniente da Sud, ha determinato un'intensificazione dei fenomeni con piogge copiose e neviccate di notevole intensità.

Il giorno 28 un nuovo flusso di correnti sudoccidentali ha interessato il Piemonte apportando deboli precipitazioni a carattere nevoso sui rilievi alpini per valori da 5 a 10 cm di neve fresca.

Dal giorno 29 fino ai primi di novembre si è registrato un forte aumento della temperatura dell'aria che ha determinato lo scioglimento dell'esiguo manto nevoso al di sotto dei 2000 metri di quota ed un incremento dell'umidità dell'aria che ha contribuito al verificarsi, nei giorni successivi, di un evento di precipitazioni di eccezionale intensità.

Le aree maggiormente colpite sono state:

- *in Provincia di Cuneo*: il Monregalese, il bacino del Tanaro escluso il sottobacino della Stura di Demonte, il Cebano e la Langa Cuneese;
- *in Provincia di Torino*: la zona di pianura, la fascia pedemontana, il Pinerolese, il Canavese, l'Eporediese, nonché porzioni di territorio confinante con la Langa Astigiana e Cuneese;
- *nelle Province di Biella e Vercelli*: le colline e prealpi del Biellese e la Val Sesia;
- *in Provincia di Alessandria*: il bacino del Tanaro, il Capoluogo ed i bacini dell'Acquese e del Bormida di Millesimo fino alla testata in Provincia di Cuneo;
- *in Provincia di Asti*: la piana del Tanaro e suoi affluenti nonché la Langa Astigiana.

Nel presente capitolo si descrivono gli aspetti meopluviometrici dell'evento utilizzando i dati misurati dalle stazioni idrometeorologiche del Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio della Regione Piemonte e le analisi elaborate dal Centro Meteorologico Europeo (ECMWF) di Reading (UK).

1.1. ANALISI METEOROLOGICA

Introduzione

Le avverse condizioni meteorologiche che hanno interessato il Piemonte nei giorni 4 e 5 novembre 1994 sono state determinate da intense correnti meridionali che hanno convogliato aria umida ed instabile sulla regione. Una situazione di blocco ha determinato il persistere per alcuni giorni (dal 3 al 6 novembre) della struttura depressionaria sull'Europa occidentale, rallentando la propagazione verso Est del fronte freddo associato. Sovrapposte alla struttura depressionaria a scala sinottica che ha imposto una intensa circolazione sudoccidentale, forzanti dinamiche e termodinamiche a mesoscala hanno contribuito a rendere più intenso il fenomeno. La caratteristica meteorologica principale del periodo è stata la convergenza del flusso ai bassi livelli sul Piemonte dovuta ad una circolazione da Est sulla pianura Padana e venti da Sud-Est dal golfo di Genova attraverso l'Appennino ligure-piemontese. Il flusso da Est nei bassi livelli è concentrato al di sotto degli 850hPa e raggiunge la velocità massima di 20m/s.

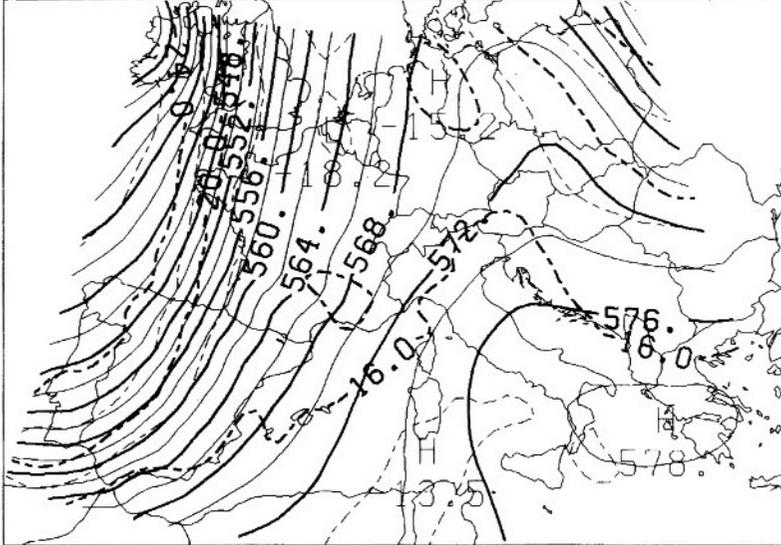
Intensi moti verticali e una forte convergenza di umidità sono state le caratteristiche coesistenti e persistenti della circolazione a mesoscala. Durante i giorni 5 e 6 il flusso in quota si è mantenuto meridionale disegnando un zona di confluenza molto evidente, anche nella media troposfera, tra il flusso da Sud-Est nella zona prefrontale e quello da Sud-Ovest nella zona post-frontale.

L'instabilità convettiva classica non è stata il fenomeno principale di innesco delle forti precipitazioni ma ha contribuito a renderle più intense, in particolare durante il giorno 4. Velocità verticali di origine dinamica sono stati gli effetti predominanti dei giorni 5 e 6 quando si sono verificate le maggiori precipitazioni.

In Fig. 25 sono rappresentate le precipitazioni (in mm) integrate dal 4 novembre 00 UTC al 7 novembre 00 UTC: su quasi tutta la regione sono state misurate precipitazioni superiori ai 100mm; in due aree le precipitazioni sono state a carattere eccezionale, con conseguenze diverse sul territorio.

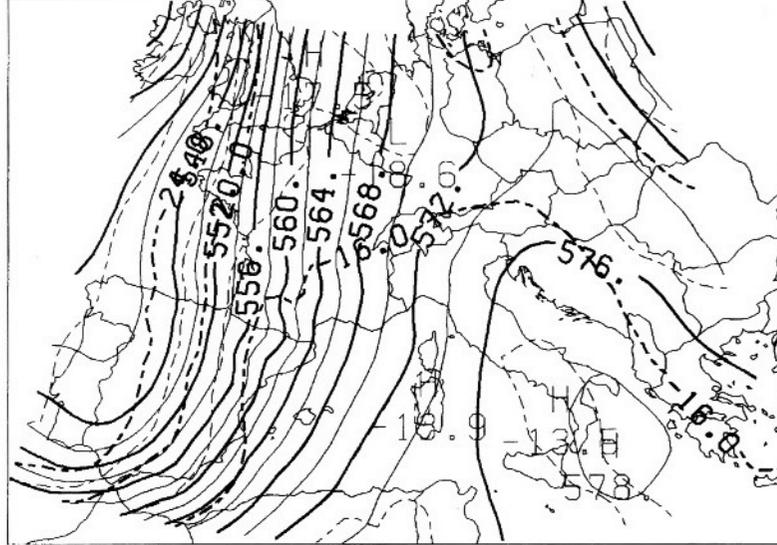
L'escursione della pressione al livello del mare durante il periodo 4-6 novembre è stata piuttosto contenuta, con un massimo di circa 10hPa registrato in alcune stazioni della rete regionale.

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



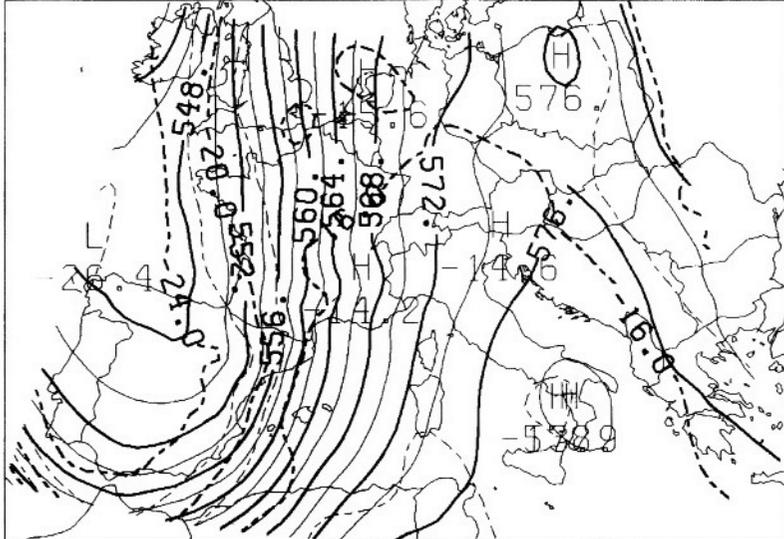
GRIB ANALYSIS AT 04/11/94 00:00 GMT (VEN)

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



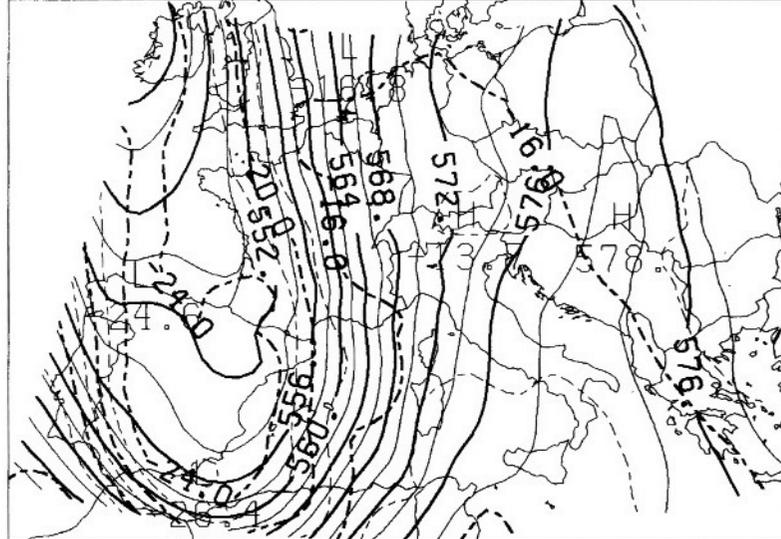
GRIB ANALYSIS AT 04/11/94 12:00 GMT (VEN)

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 05/11/94 00:00 GMT (SAB)

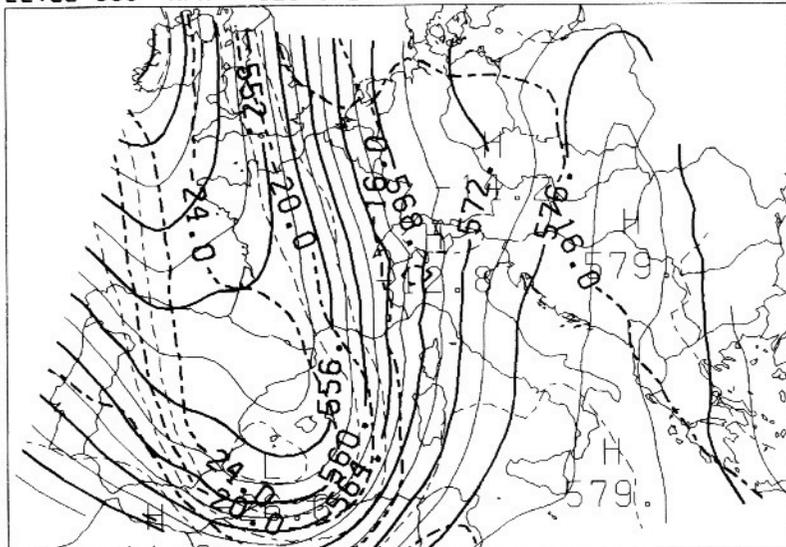
LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 05/11/94 12:00 GMT (SAB)

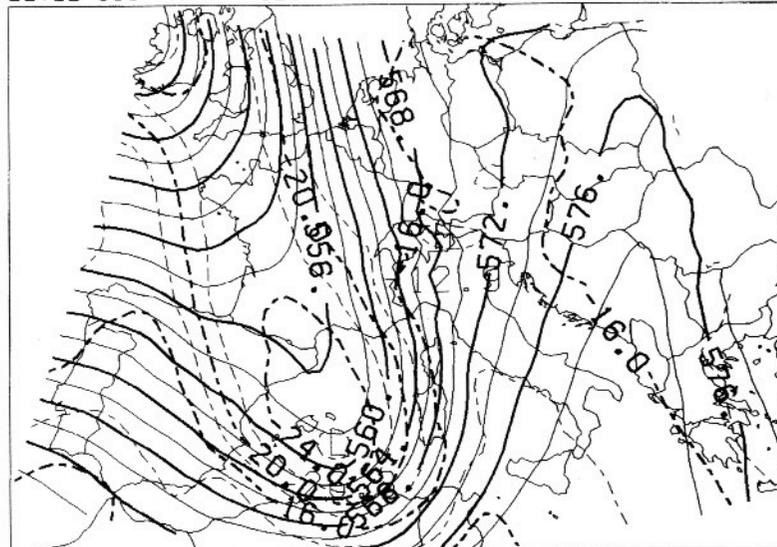
Fig. 1. Analisi ECMWF dell'altezza geopotenziale (dam, isolinee continue ogni 2 dam) e temperatura (°C, isolinee tratteggiate ogni 2 °C) a 500hPa per il giorno 4 ore 00UTC, 4 ore 12UTC, 5 ore 00UTC, 5 ore 12UTC.

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



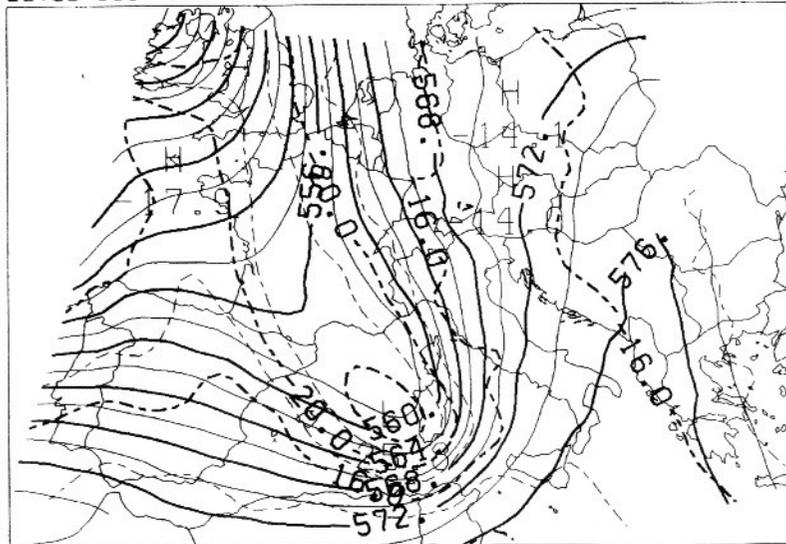
GRIB ANALYSIS AT 05/11/94 18:00 GMT (SAB)

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



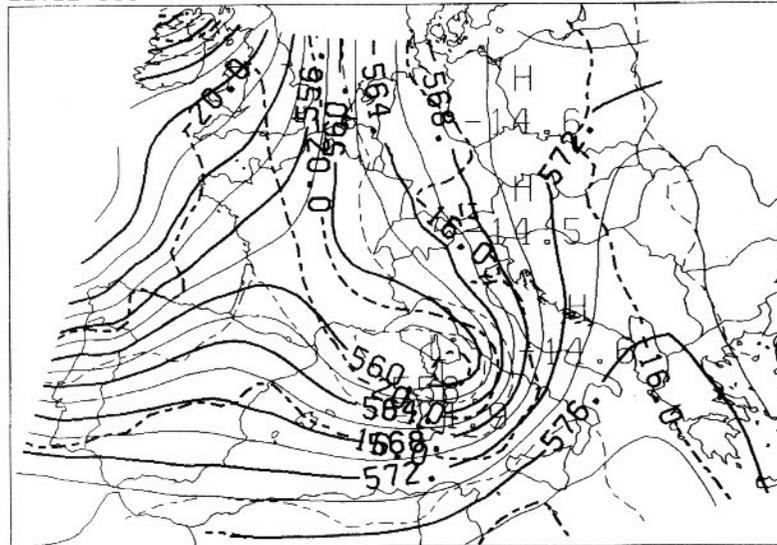
GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 00:00 GMT (DOM)

LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 06:00 GMT (DOM)

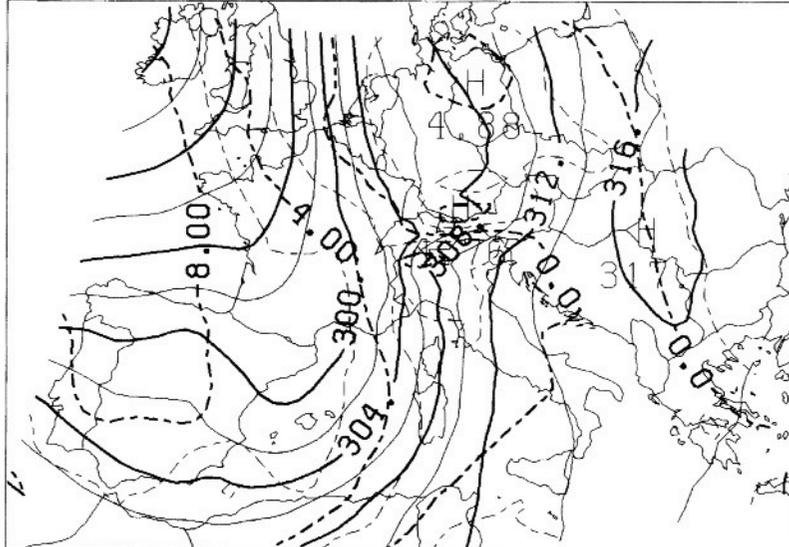
LEVEL 500 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 12:00 GMT (DOM)

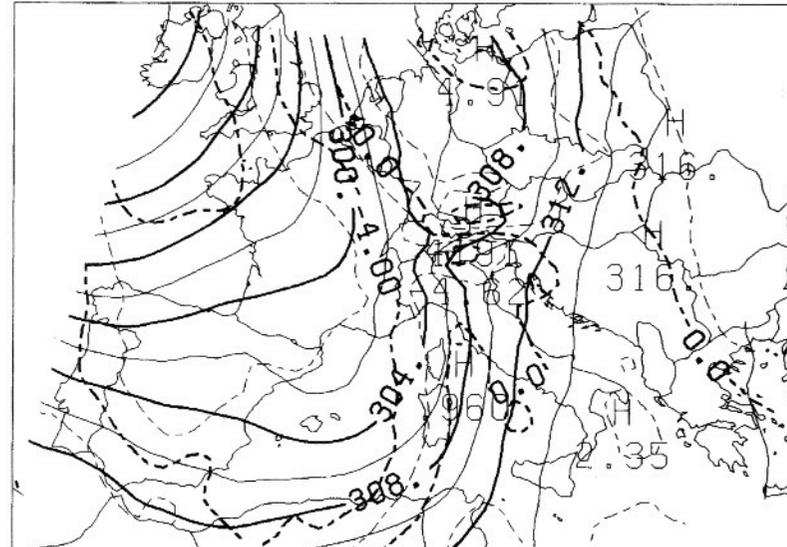
Fig. 2. Analisi ECMWF dell'altezza geopotenziale (dam, isolinee continue ogni 2 dam) e temperatura (°C, isolinee tratteggiate ogni 2°C) a 500hPa per il giorno 5 ore 18 UTC, 6 ore 00 UTC, 6 ore 12 UTC, 6 ore 18 UTC.

LEVEL 700 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



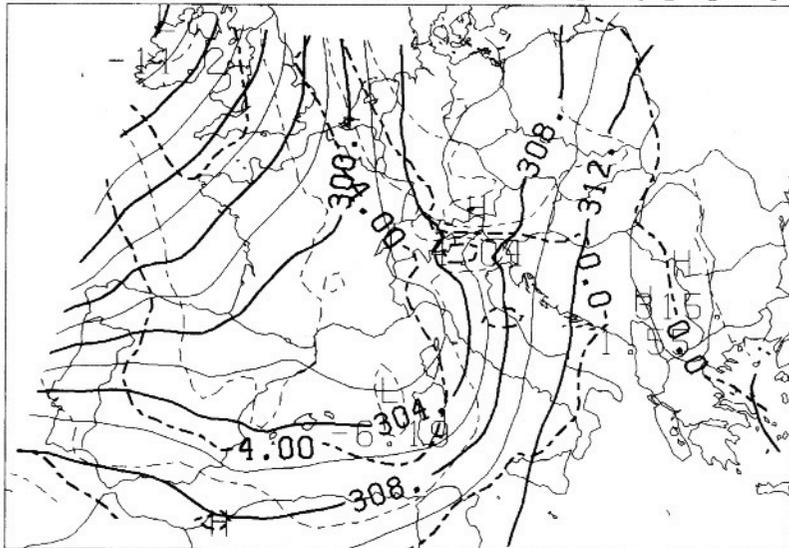
GRIB ANALYSIS AT 05/11/94 18:00 GMT (SAB)

LEVEL 700 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



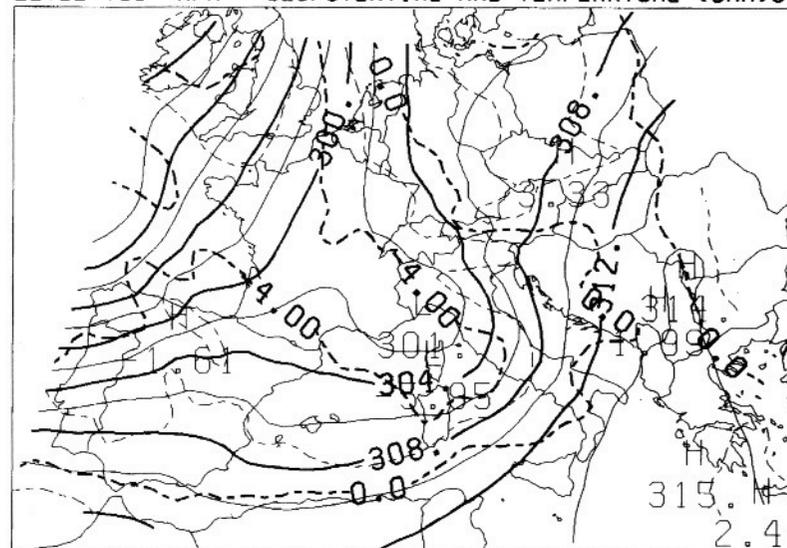
GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 00:00 GMT (DOM)

LEVEL 700 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 06:00 GMT (DOM)

LEVEL 700 HPA - GEOPOTENTIAL AND TEMPERATURE (DAM.C)



GRIB ANALYSIS AT 06/11/94 12:00 GMT (DOM)

Fig. 4. Analisi ECMWF dell'altezza geopotenziale (dam, isolinee continue ogni 2 dam) e temperatura (°C, isolinee tratteggiate ogni 2 °C) a 700hPa per il giorno 5 ore 18 UTC, 6 ore 00 UTC, 6 ore 12 UTC, 6 ore 18 UTC.

Situazione sinottica

Come si può osservare dal campo di geopotenziale a 500 (Fig. 1 e 2) e 700hPa (Fig. 3 e 4) una profonda saccatura con asse Nord-Sud, nella quale si isola un minimo ad ovest delle isole Britanniche è presente sull'Europa occidentale già dal giorno 4. La depressione, che risulta molto profonda interessando tutta la troposfera, si estende latitudinalmente dall'Islanda fino al Mediterraneo occidentale, convogliando correnti sudoccidentali sulle Alpi. La presenza di una vasta area anticiclonica sull'Europa orientale, che si rafforza e si estende verso Nord nella notte tra il 4 ed il 5 novembre, rallenta il moto verso Est della struttura depressionaria. Questo determina sia la persistenza della saccatura stessa, con il flusso di correnti umide meridionali, che una contrazione della struttura sull'Italia occidentale con conseguente aumento del gradiente orizzontale di geopotenziale sul ramo orientale. Le correnti ascendenti dalle latitudini più basse si intensificano raggiungendo il massimo nel periodo tra il giorno 5 alle 18 UTC ed il 6 alle 00 UTC.

Il transito delle correnti meridionali sul Mediterraneo, la cui temperatura superficiale è ancora relativamente elevata, aumenta l'apporto di umidità sull'Italia settentrionale.

4 novembre

Alle ore 12 UTC del giorno 4, il fronte freddo principale, presente sulla Francia e sul Mediterraneo occidentale, risulta direttamente alimentato da correnti che trasportano aria fredda di origine artica, mentre il settore caldo è alimentato da correnti africane (*warm conveyor belt* associato al sistema frontale). Le Alpi occidentali sono interessate dal settore caldo che determina nuvolosità diffusa, visibile nell'immagine Meteosat del 4 alle 12 UTC (Fig. 5) nella quale si identifica la

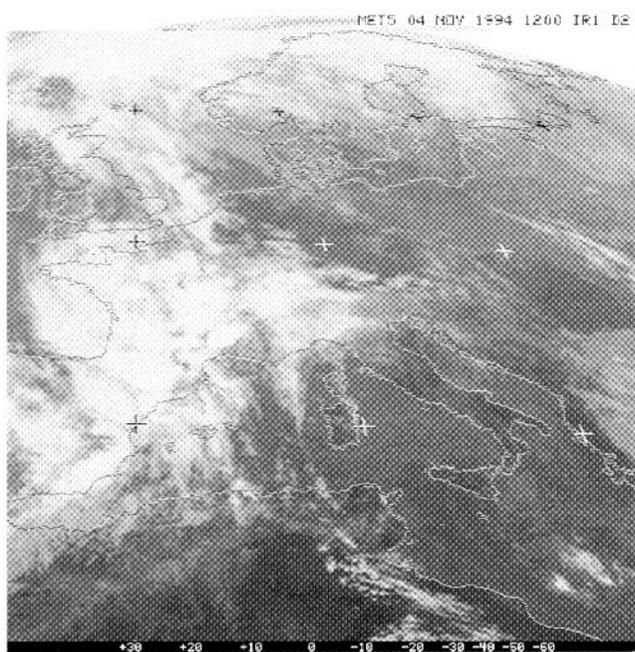


Fig. 5. Immagine Meteosat (IR) valida il 4 alle ore 12 UTC.

presenza di una banda nuvolosa formatasi sul Mediterraneo davanti al fronte freddo principale.

Sempre il giorno 4, negli strati più bassi si osserva una zona di convergenza del vento sul Mar Tirreno (Fig. 6) che dà luogo, il giorno successivo, al *low level jet* di origine prefrontale.

Le correnti in quota provengono da Sud-Ovest fino alle ore 12 UTC del giorno 4, quando iniziano a ruotare da Sud, intensificandosi (20m/s a 700hPa e 30m/s a 500hPa). Negli strati più bassi il flusso risulta già da Sud-Est la mattina del giorno 4 con una netta intensificazione nel corso del pomeriggio sull'Italia nordoccidentale (da 10 a 15m/s a 850hPa). La componente del flusso nei bassi livelli da Est, Sud-Est sul Piemonte meridionale, bloccato dai rilievi dell'Appennino ligure, crea una stratificazione stabile della bassa atmosfera (confermata dal radiosondaggio di Milano Linate): le precipitazioni del giorno 4 sono rilasciate dal flusso umido da Sud-Ovest che è costretto ad innalzarsi sopra la massa d'aria bloccata. Elementi convettivi hanno contribuito, nella seconda metà della giornata del 4, ad intensificare le precipitazioni.

Sul Piemonte meridionale (in particolare nella zona di Acqui) e sulla zona centrale dell'Appennino ligure (zona di Voltri) si sono registrate precipitazioni intense a partire dal pomeriggio del 4, in particolare sui rilievi a ridosso delle Alpi Marittime occidentali (massimo di 176 mm dal 4 ore 12 UTC al 5 ore 00 UTC nella stazione di Ponzone, AL), zona dove il sollevamento orografico ha contribuito all'innesco delle stesse (Fig. 19 e 20). La convezione lungo la costa ligure risulta invece dall'avvezione di aria stratificata instabile dal mare a causa del flusso da Sud-Ovest.

I radiosondaggi di Cagliari e Ajaccio, al contrario di quello di Milano, presentano un'energia CAPE (Convective Available Potential Energy) positiva durante i giorni 4 e 5 novembre, mentre risulta quasi nulla il giorno 6. Il valore massimo raggiunto nella stazione di Cagliari, è stato di 1033 J/Kg il giorno 5 alle 00 UTC.

L'analisi della velocità verticale del giorno 4 alle ore 18 UTC (Fig. 7) evidenzia le strutture legate al sistema frontale, in particolare il massimo presente sul golfo del Leone, coerente a tutte le quote, dovuto ai forti moti ascendenti innescati dal fronte freddo principale. Al livello di 850hPa, è presente una zona più avanzata di instabilità prefrontale allungata sulle Alpi occidentali, con moti verticali ascendenti, ben correlata con la banda nuvolosa presente nell'immagine Meteosat (Fig. 5).

5 novembre

Durante il giorno 5, l'asse della saccatura si sposta leggermente verso Est, mentre l'anticiclone continentale mantiene la sua posizione e l'effetto del blocco risulta così più marcato. La relativa vicinanza, in termini di gradi di longitudine, tra l'asse della saccatura e quello del promontorio determina, a partire dal pomeriggio del 5, un gradiente termico orizzontale in quota concomitante con la zona dove il flusso da Sud-Ovest risulta più intenso. L'intensificazione

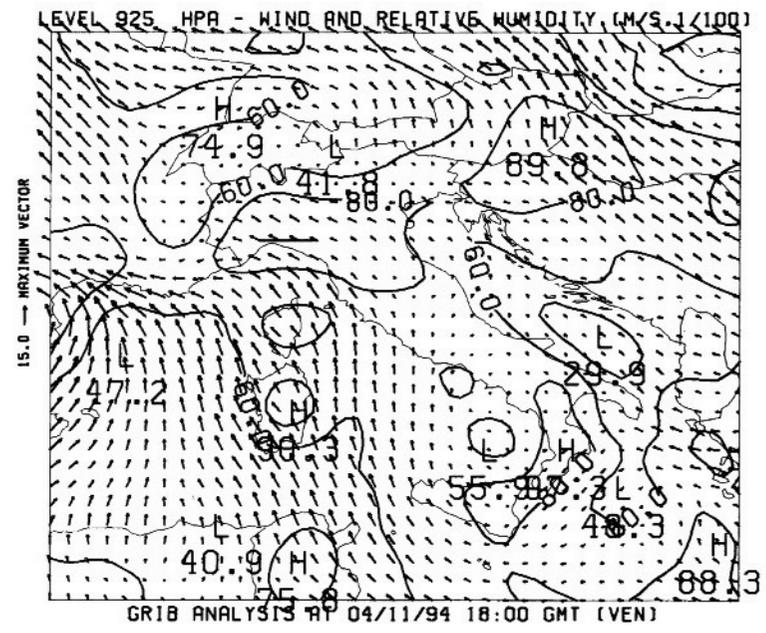
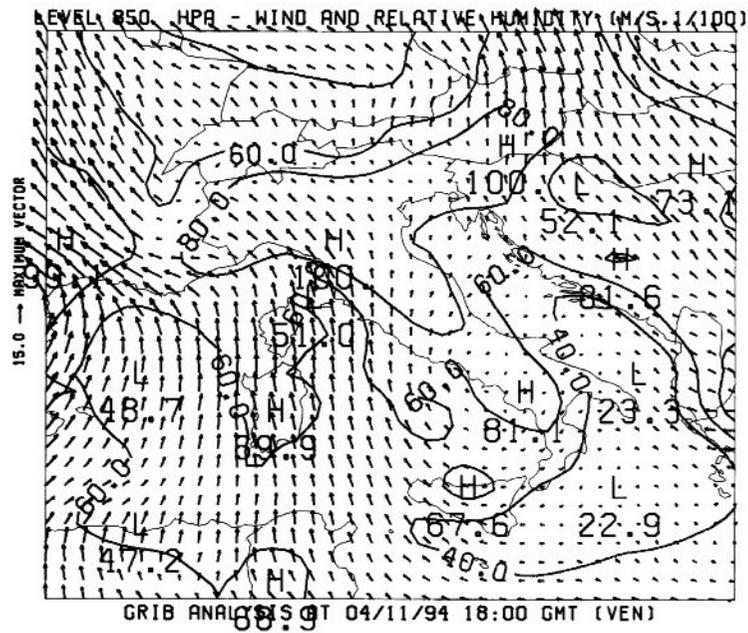
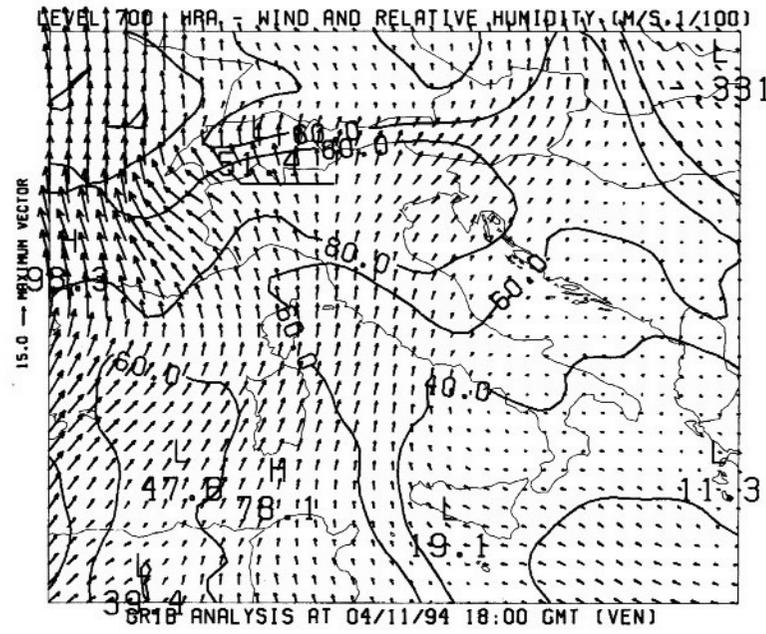
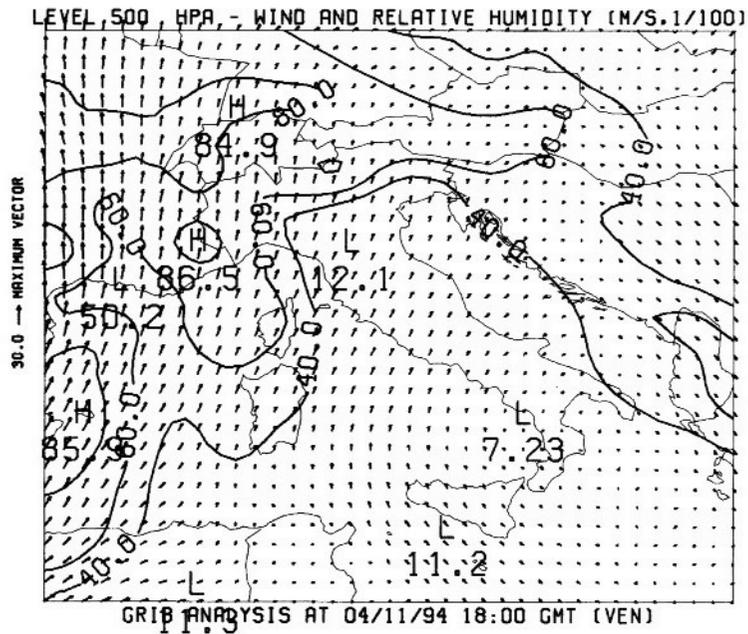


Fig. 6. Analisi ECMWF del campo di vento (m/s) e di umidità relativa (%) il giorno 4 alle ore 18 UTC ai livelli 500, 700, 850, 925 hPa.

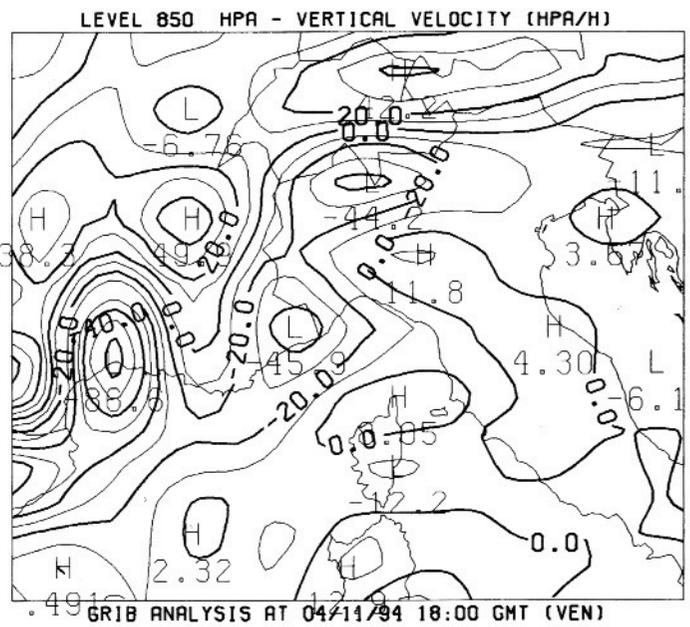
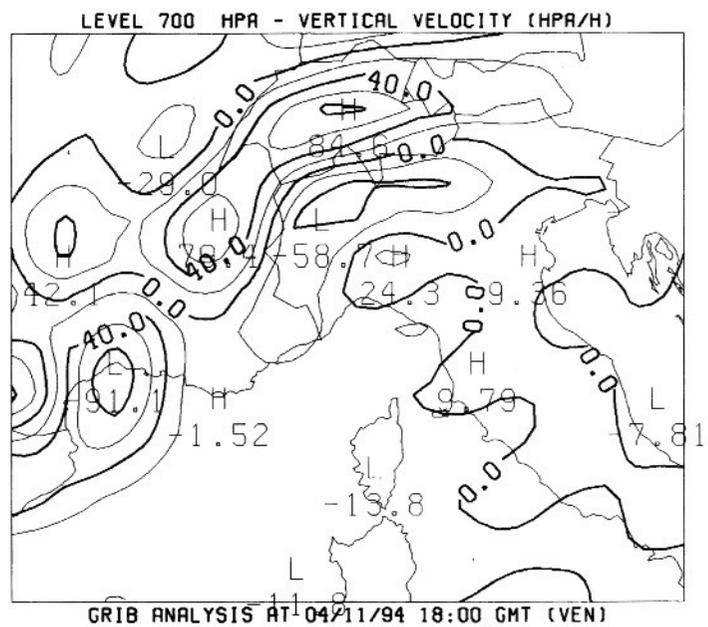
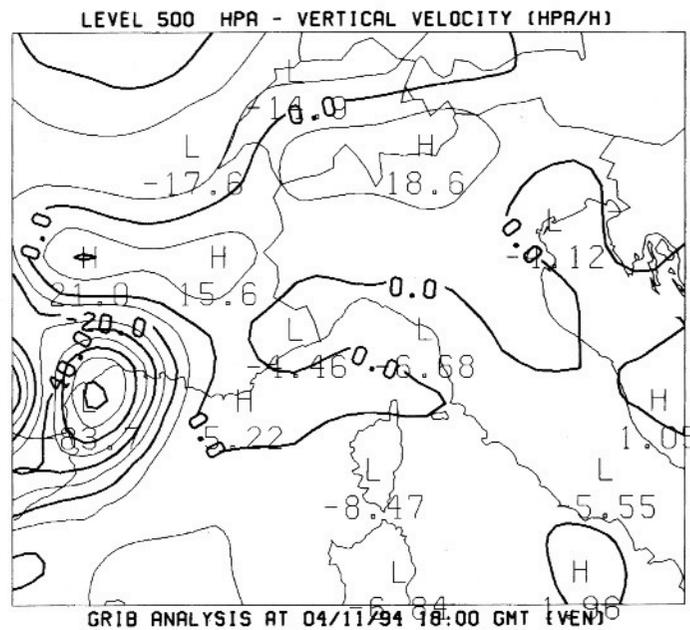
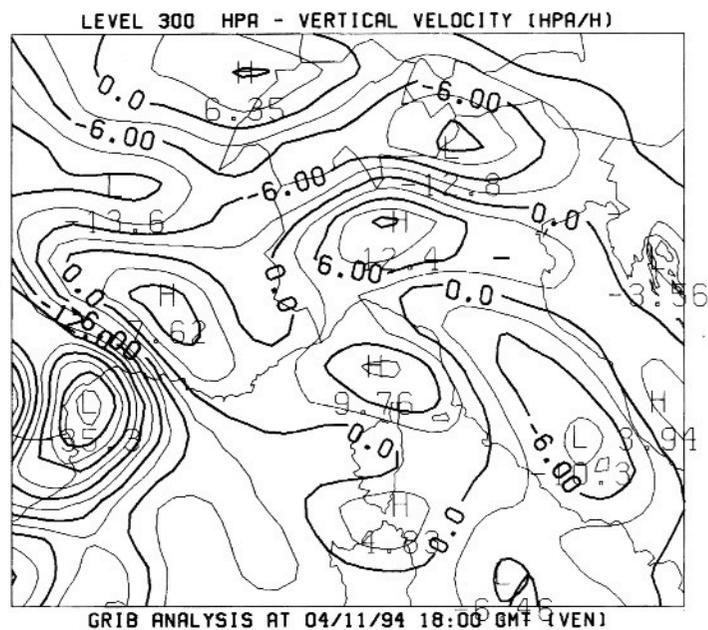


Fig. 7. Analisi ECMWF del campo di velocità verticale (hPa/h) il giorno 4 alle ore 18 UTC ai livelli 300, 500, 700, 850 hPa.

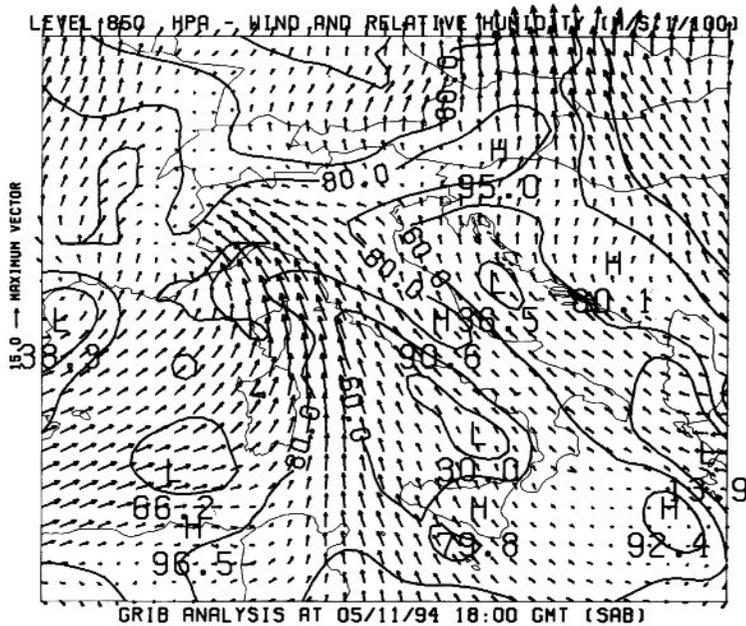
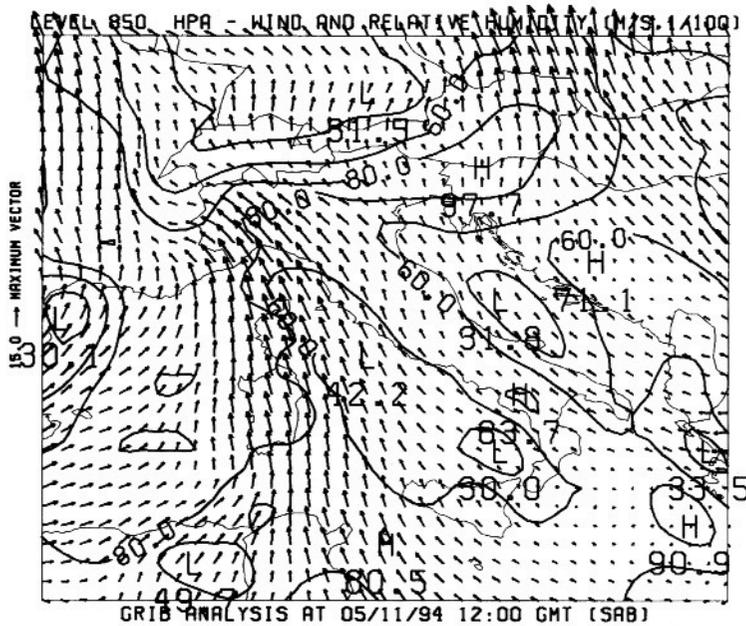
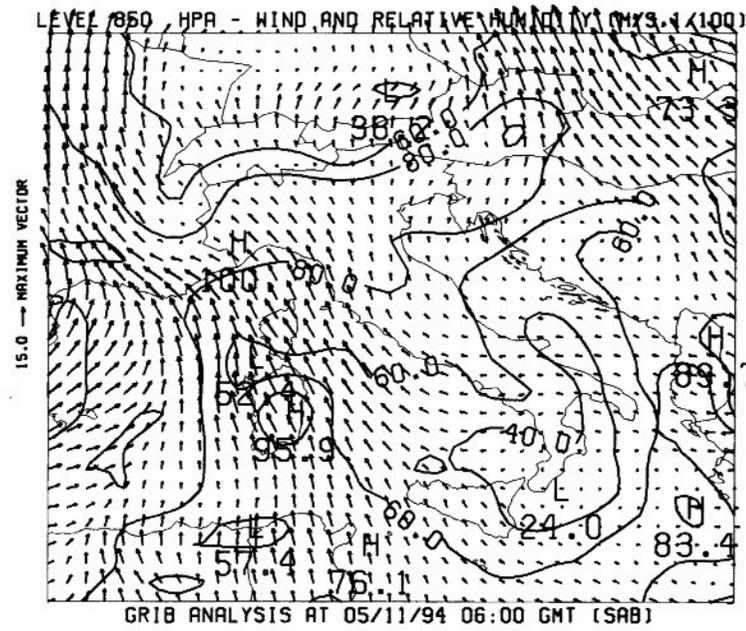
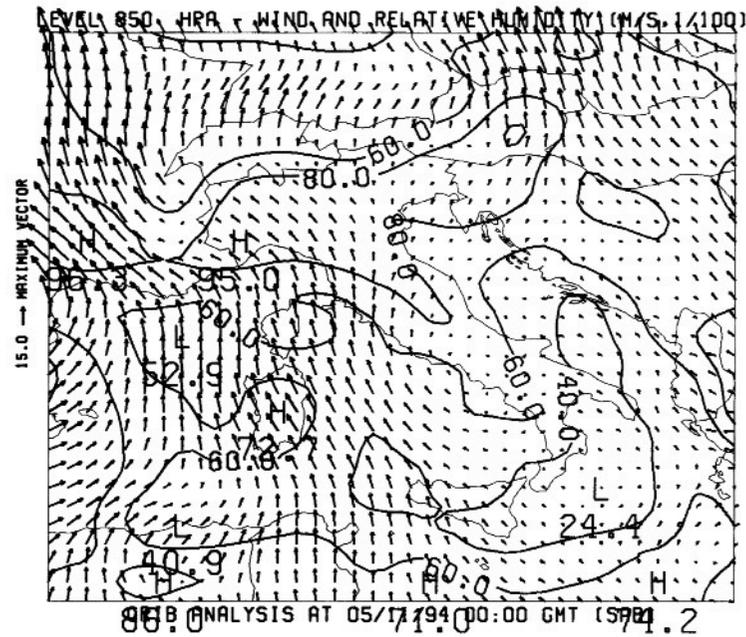


Fig. 8. Analisi ECMWF del campo di vento (m/s) e di umidità relativa (%) a 850hPa del 5 alle 00 UTC, 5 alle 06 UTC, 5 alle 12 UTC, 5 alle 18 UTC.

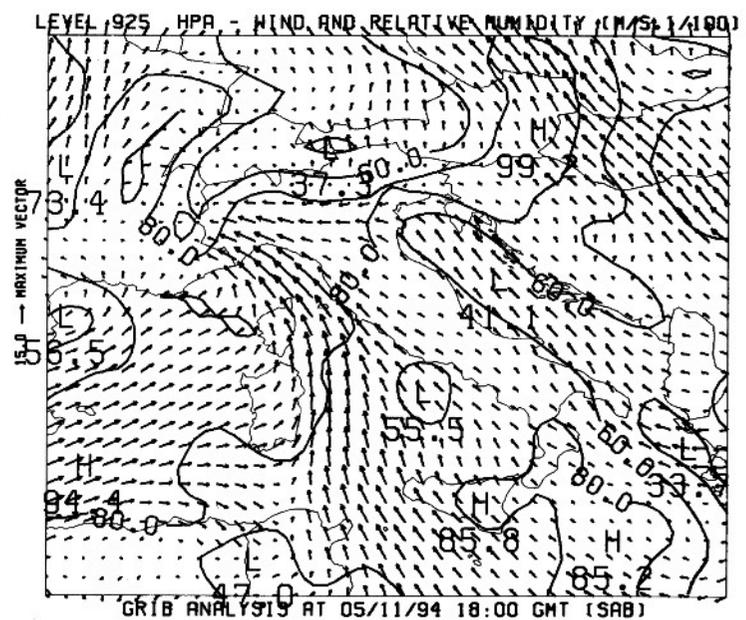
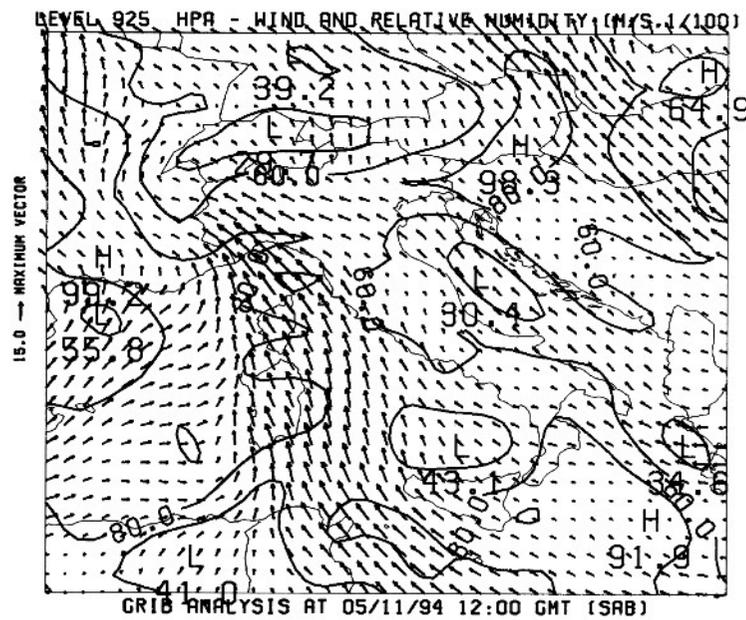
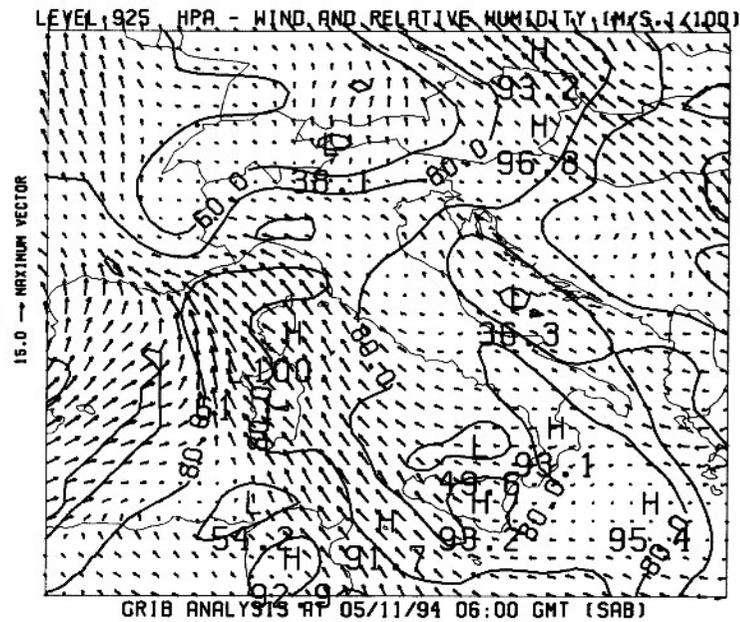
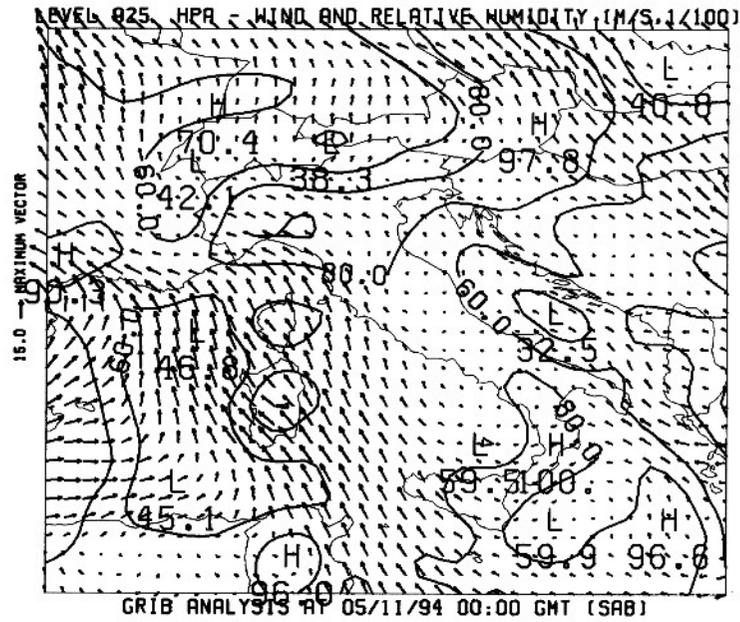


Fig. 9. Analisi ECMWF del campo di vento (m/s) e di umidità relativa (%) a 925hPa del 5 alle 00 UTC, 5 alle 06 UTC, 5 alle 12 UTC, 5 alle 18 UTC.

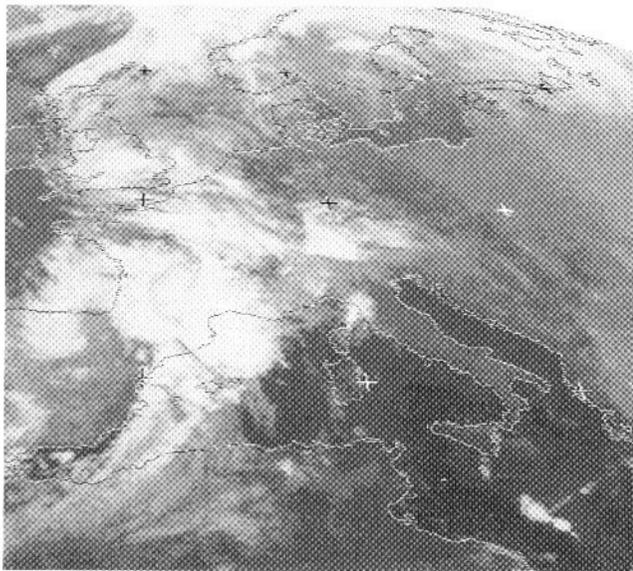


Fig. 10. Immagine Meteosat (IR) valida il 5 alle ore 00 UTC.

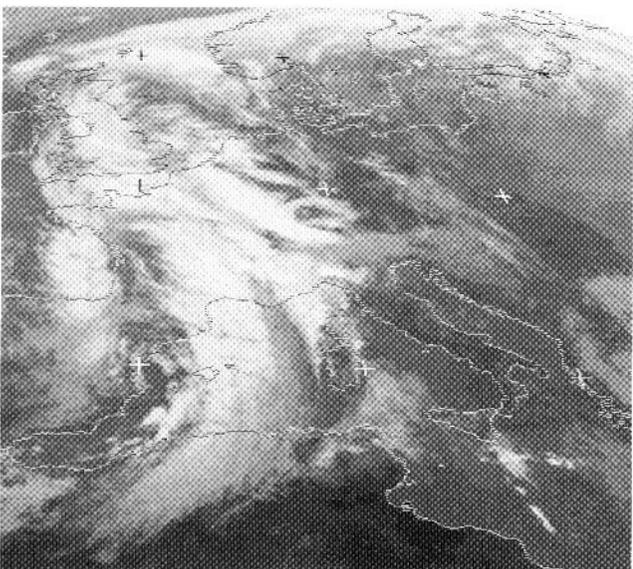


Fig. 11. Immagine Meteosat (IR) valida il 5 alle ore 12 UTC.

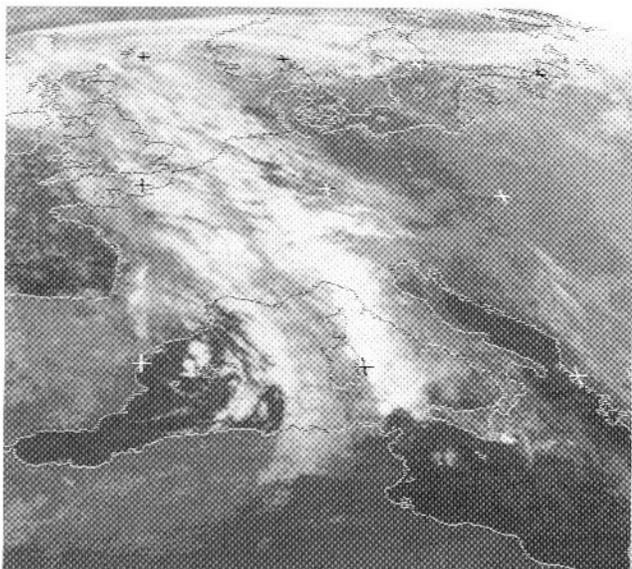


Fig. 12. Immagine Meteosat (IR) valida il 5 alle ore 21 UTC.

del flusso meridionale si può evincere anche dal campo del vento a 850 e 925hPa (Fig. 8 e 9). Alla sacca è associata un'area di bassa pressione al suolo con centro sulla Francia (1005hPa) che si sposta gradualmente verso Sud-Est posizionandosi a Nord delle isole Baleari il giorno 6 alle 00 UTC.

Il flusso meridionale in quota è accompagnato da una zona di evidente convergenza allungata sul Mar Tirreno (*low level jet* prefrontale) ben visibile anche a 850hPa (Fig. 8) che orienta il flusso verso le Alpi occidentali. La confluenza avviene infatti sulle regioni occidentali alpine dove si incontrano il flusso prefrontale da Sud-Est e quello postfrontale da Sud-Ovest determinando una forte convergenza di umidità.

Alle ore 12 UTC del giorno 5, il fronte freddo principale si trova fra le isole Baleari e la Corsica e, più a nord, immediatamente a ridosso delle Alpi occidentali. Sull'immagine Meteosat del giorno 5 alle 12 UTC sono presenti bande precipitative prefrontali. Alle 18 UTC del 5 il fronte transita sulla Sardegna e si estende verso nord sul Piemonte, dove permane durante le 3-6 ore successive (Fig. 12).

Il contrasto termico tra l'aria artica portata dal fronte freddo su una zona caratterizzata precedentemente dall'afflusso di aria calda delle basse latitudini (la *warm conveyor belt* alle 06 UTC risulta immediatamente davanti al fronte freddo mentre il 5 alle 18 UTC è sempre evidente ma spostata su Corsica e Sardegna e con una struttura che si allunga sulla pianura Padana) rende più intense le precipitazioni.

La convergenza di massa negli strati bassi sulla pianura Padana occidentale innesca forti velocità verticali, favorite dall'interazione del flusso con l'orografia ligure. In Fig. 14 si può osservare l'evoluzione del-

Tab. 1. Indice di Whiting calcolato dai dati dei radiosondaggi.

Indice di Whiting			
	Cagliari	Milano	Ajaccio
04 00UTC	25.5	27.3	35.1
04 12UTC	25.8	28.4	24.9
05 00UTC	28.0	26.4	27.8
05 12UTC	28.7	26.4	34.9
06 00UTC	27.4	26.5	27.1
06 12UTC	30.0	28.9	23.3

Tab. 2. Umidità relativa media dello strato dal suolo a 500hPa calcolata dai dati dei radiosondaggi.

Umidità relativa (%) suolo-500hPa			
	Cagliari	Milano	Ajaccio
04 00	54	84	81
04 12	62	89	50
05 00	67	78	56
05 12	67	82	76
06 00	78	89	91
06 12	48	87	65

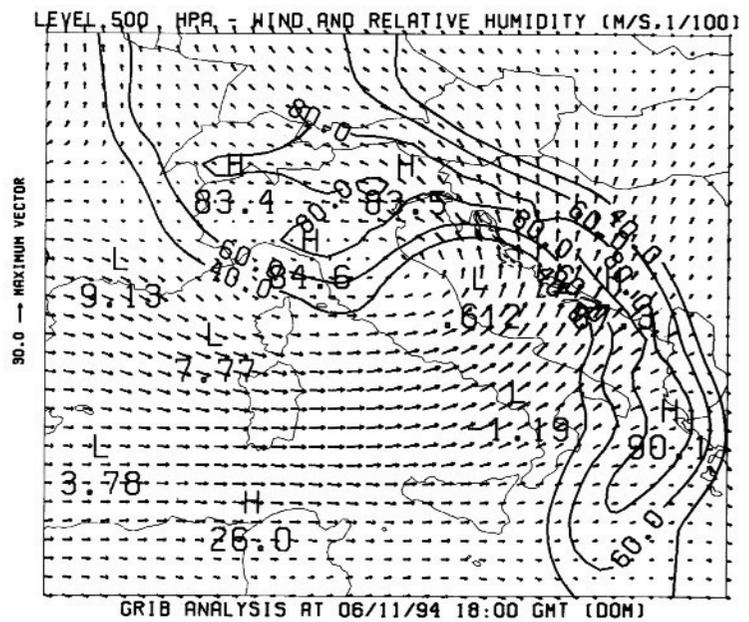
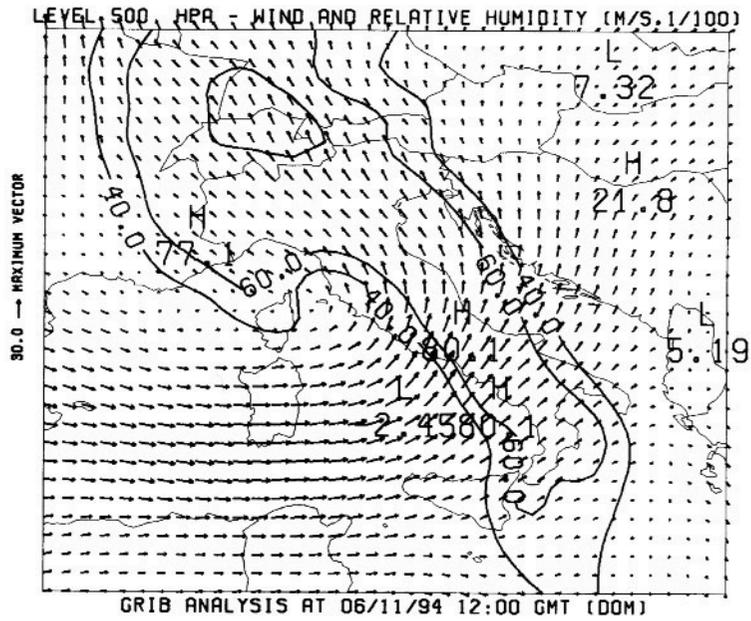
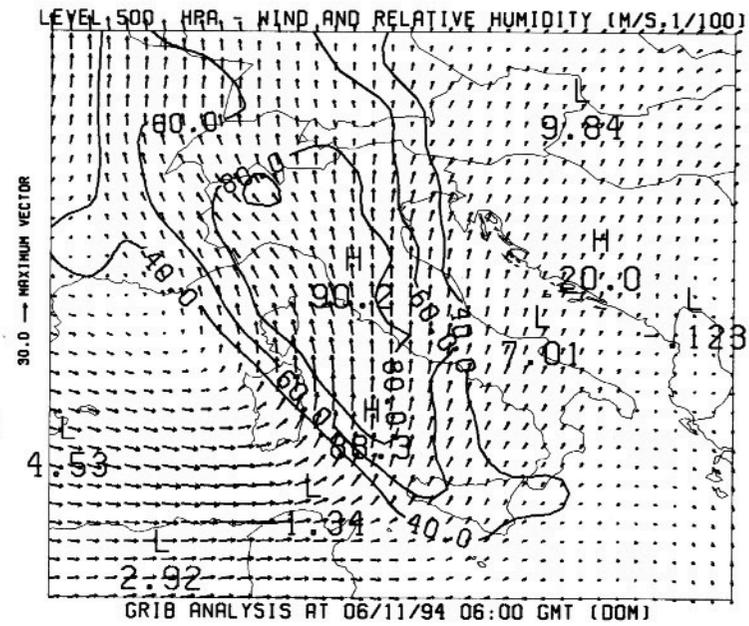
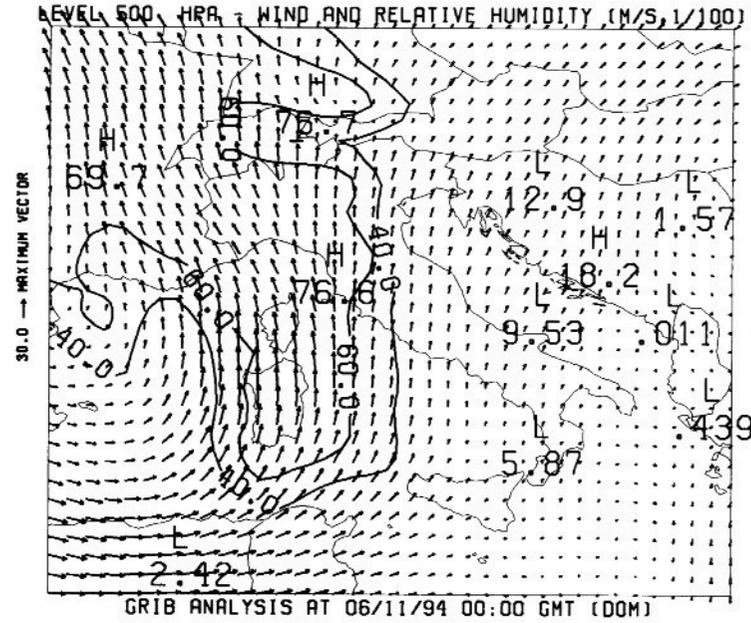


Fig. 13. Analisi ECMWF del campo di vento (m/s) e di umidità relativa (%) a 500hPa del 6 alle 00 UTC, 6 alle 06 UTC, 6 alle 12 UTC, 6 alle 18 UTC.

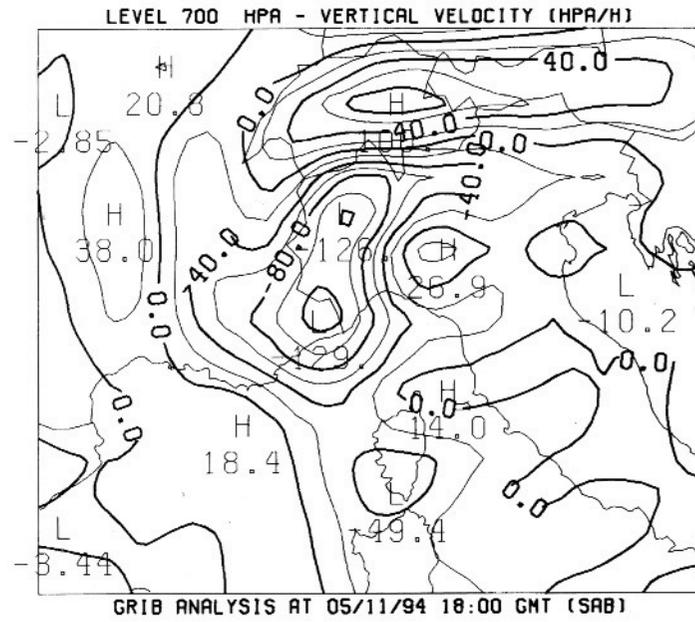
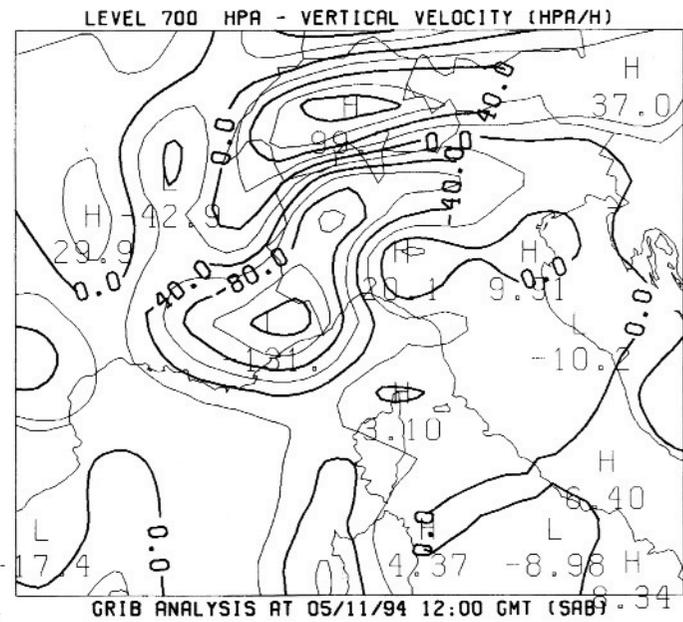
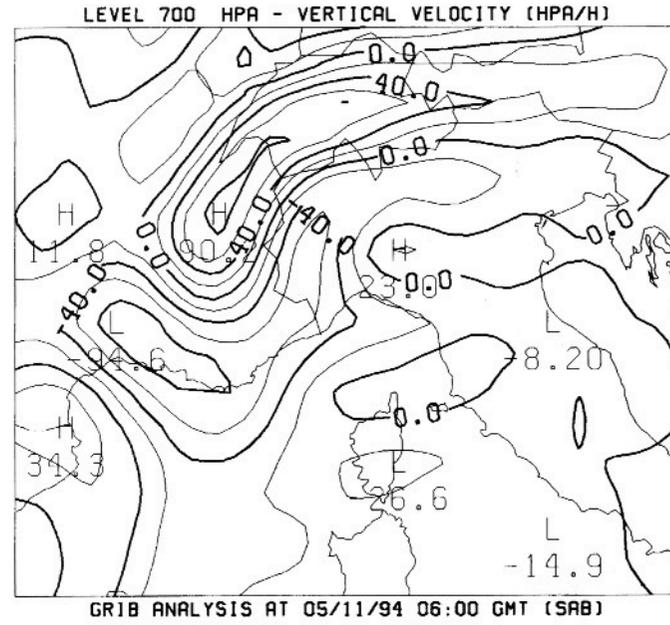
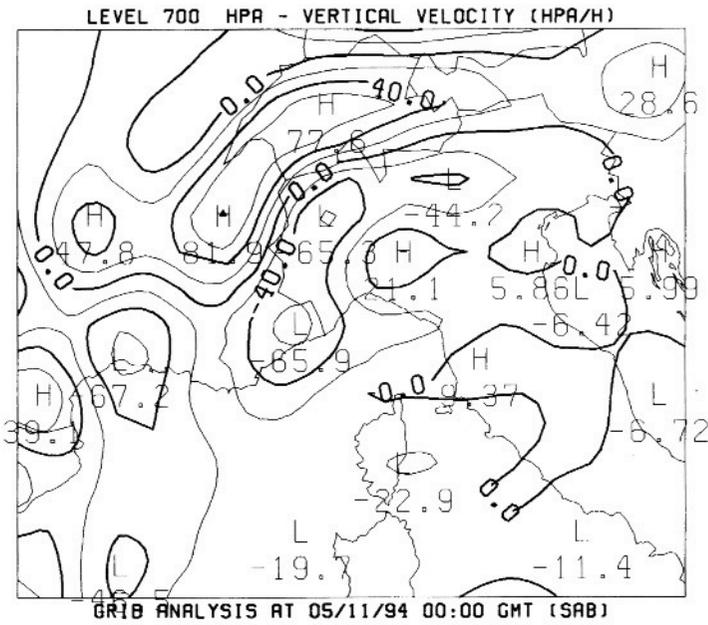


Fig. 14. Analisi ECMWF del campo di velocità verticale (hPa/h) a 700hPa del 5 alle 00 UTC, il 5 alle 06 UTC, il 5 alle 12 UTC, il 5 alle 18 UTC.

la velocità verticale a 700hPa durante la giornata del 5: un massimo sotto costa si forma sulle zone più occidentali, in corrispondenza delle Alpi Marittime, dovuto alla convezione orograficamente indotta nel flusso da Sud-Ovest. L'area di correnti ascendenti intense si rafforza e si estende con l'avanzare verso Est del fronte. La componente della circolazione da Sud-Est negli strati bassi risulta più intensa rispetto al giorno precedente, supera l'Appennino ligure ed interessa tutto il Piemonte. Il profilo del vento con la quota del radiosondaggio di Milano mostra un jet ai bassi livelli da Est con velocità massima fino a 40m/s a 900hPa il giorno 5 alle 12 (Fig. 15). Il profilo termodinamico risulta stabile, pur mostrando un'elevata umidità relativa (Tab. 2): questo dimostra quanto l'innesco delle forti precipitazioni sia dovuto non tanto alla convezione termodinamica quanto al jet umido ai bassi livelli trasversale all'Appennino ligure ed alle Alpi Marittime.

Il giorno 5 un aumento della velocità del vento al suolo nelle prime ore del mattino (2-4 UTC) è stato registrato in diverse stazioni del basso Piemonte con una direzione coerente da Sud-Est. La stazione di Ponzone (AL), prossimo allo spartiacque dell'Appennino ligure a Sud di Acqui, misura un aumento da 3 a 10 m/s alle 5 UTC e continua ad aumentare fino a quasi i 18 m/s verso le 16 UTC. I 10 m/s vengono raggiunti anche nella stazione di Casale (AL). Fino all'estremo occidentale delle Alpi Marittime (Colle della Lombarda) il vento proviene da Sud-Est durante tutta la giornata del 5. In serata l'intensità del vento diminuisce in modo coerente per tutte le stazioni.

La propagazione del fronte verso Est determina una netta diminuzione nella temperatura potenziale calcolata dal radiosondaggio di Cagliari dal 5 alle 12 UTC al 6 alle 0 UTC che risulta in media di 3°C nello strato 1000-700hPa. Poche ore dopo il dopo il passaggio del fronte si ha un aumento della temperatura potenziale (il giorno 6 alle ore 12 UTC) nello strato in prossimità del suolo fino a 900hPa.

Il profilo della temperatura potenziale equivalente θ_e a Cagliari indica un graduale aumento fino al giorno 5 alle 00 UTC fino al livello di 500hPa, mostrando la presenza di un boundary layer umido e di un'atmosfera potenzialmente instabile. Successivamente (Fig. 16) si ha una netta diminuzione nello strato 1000-800hPa il 6 alle 00UTC, con valori di e inferiori a 313°K, che conferma una destabilizzazione potenziale di uno strato di 200hPa di spessore posizionato vicino al suolo, dovuto al cambiamento della massa d'aria. Nelle 12 ore successive si ha una destabilizza-

Tab. 3. Indice di instabilità IP calcolato dai dati dei radiosonaggi.

Indice IP			
	Cagliari	Milano	Ajaccio
04 00	2.3	6.2	-3.4
04 12	-1.6	5.6	3.7
05 00	-2.6	4.8	-0.7
05 12	-0.9	5.1	-4.5
06 00	3.7	7.1	4.6
06 12	6.3	3.3	3.8

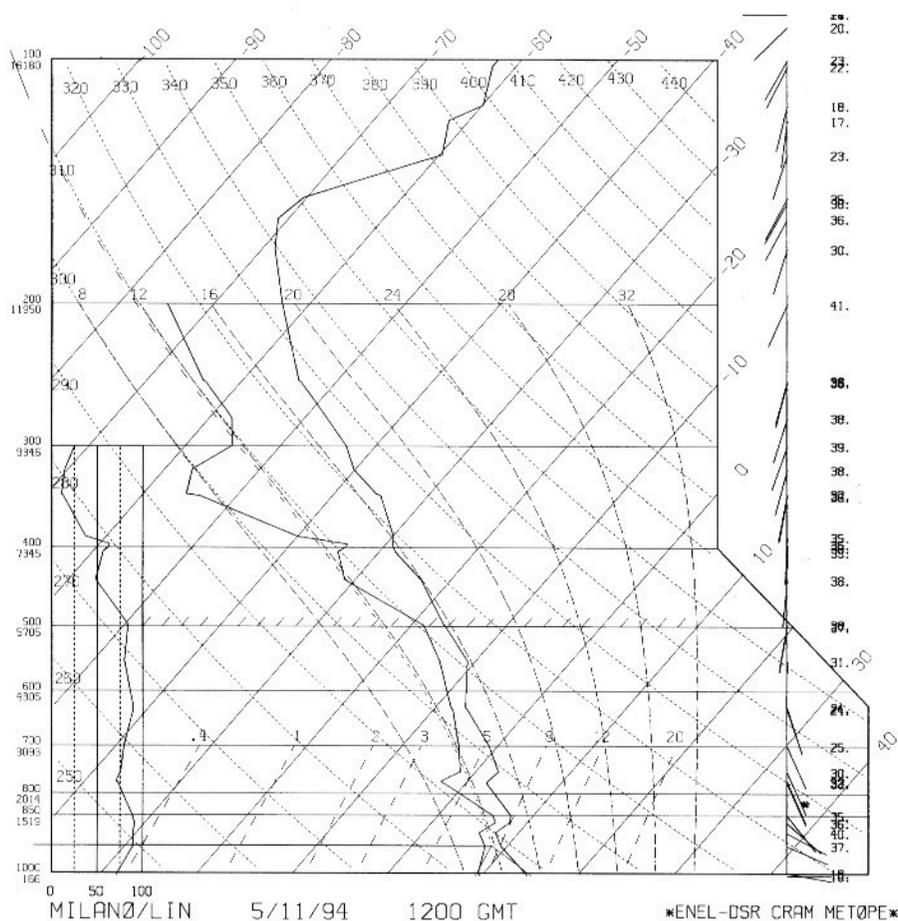


Fig. 15. Radiosondaggio termodinamico dell'atmosfera effettuata dalla stazione di Milano Linate il 5 alle 12 UTC.

zione della parte superiore. Queste considerazioni sono sinteticamente espresse dall'indice di instabilità IP (riportato in Tab. 3), costruito dall'espressione $\theta_e(500) - \theta_e(850)$.

Il profilo verticale su Milano risulta invece convettivamente stabile. Il gradiente orizzontale della tem-

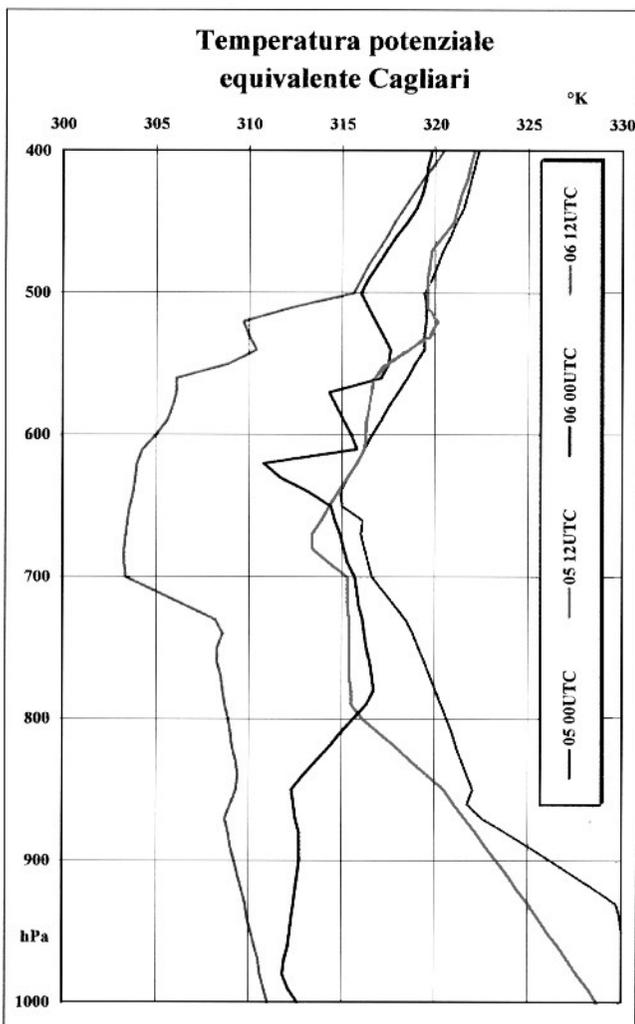


Fig. 16. Andamento della temperatura potenziale equivalente da 1000hPa a 400hPa sulla verticale di Cagliari il giorno 5 alle 00 UTC, il 5 alle ore 12 UTC, il 6 alle ore 00 UTC, il 6 alle ore 12 UTC.

peratura potenziale tra Milano e Cagliari è di 6°C a 850hPa prima del passaggio del fronte mentre diminuisce il 6 alle 00 UTC; il gradiente orizzontale della temperatura potenziale equivalente θ_e è più elevato ma segue lo stesso andamento: fino a 18°-20°C nello strato 1000-850hPa fino al 5 alle 12 UTC mentre è quasi nullo il 6 alle 00 UTC. Questo andamento del gradiente orizzontale di θ_e è coerente con la differenza temporale dell'innesco delle precipitazioni intense sul Piemonte orientale e sulle Alpi settentrionali.

Il giorno 5 il nucleo di precipitazioni intense si sposta verso Ovest di circa 50 km, interessando le Alpi Liguri ed in particolare le testate della Val Bormida e del Tanaro. Un'altra zona di precipitazione intensa è presente sul versante sud delle Alpi a Nord-Ovest di Torino dovuto ad un successivo sollevamento orografico del flusso, congruente con la situazione di foehn presente sul versante a Nord delle Alpi. La fascia di maggiori precipitazioni (vedi isolinea 60 mm della Fig. 22) individua una zona con una forma che segue l'orografia delle Alpi occidentali. È possibile infatti che la zona di convergenza sulla pianura Padana occidentale abbia determinato una zona di convergenza di massa contro i rilievi, corrispondente alla fascia di precipitazioni più intense. Per distinguere il carattere delle precipitazioni verificatesi in questo episodio, è stato calcolato l'andamento delle stesse sulle diverse province del Piemonte mediando i dati delle stazioni ivi presenti (Fig. 17-18). Nella Fig. 17, si può evidenziare l'inizio delle precipitazioni intense nella provincia di Alessandria e, a seguire, nella provincia di Asti: tale andamento è causato dal sollevamento orografico del flusso da Sud-Ovest e nel flusso da Sud-Est sul basso Piemonte, con presenza di elementi convettivi. Questo episodio ha avuto una temporanea attenuazione il giorno 5 dalle 12 UTC alle 17 UTC per poi riprendere fino alle prime ore del giorno 6, questa volta a seguito del passaggio frontale. La provincia di Cuneo, geograficamente estesa più ad Ovest, risente delle precipitazioni del giorno 4 in ritardo, mentre anticipa l'episodio dovuto al passaggio del fronte da Ovest, con le maggiori precipitazioni registrate la sera del giorno 5. Sempre legate al passaggio del fronte freddo sono le precipitazioni

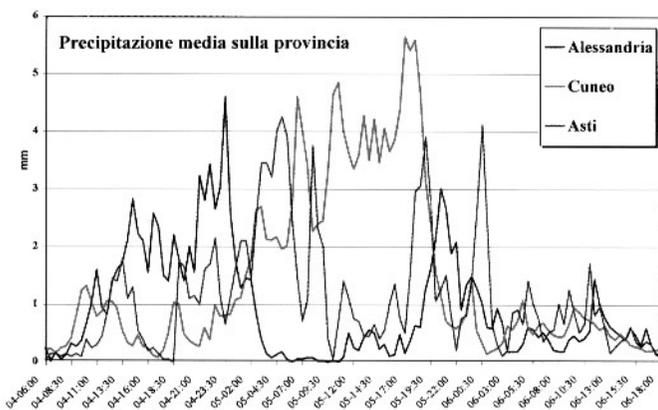


Fig. 17. Andamento temporale della precipitazione mediata sulle stazioni delle province di Alessandria, Cuneo, Asti.

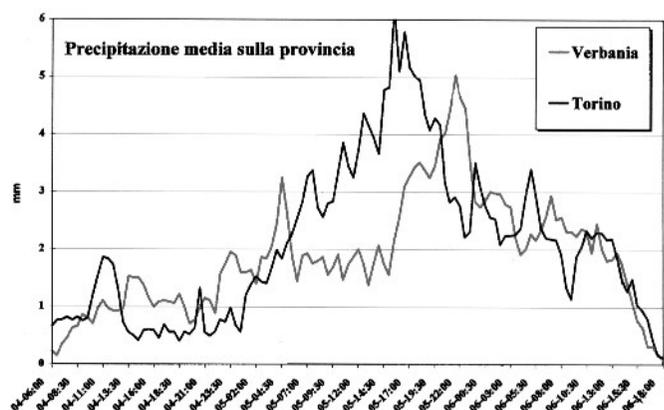


Fig. 18. Andamento temporale della precipitazione mediata sulle stazioni delle province di Verbania e Torino.

medie per le province di Torino e Verbania rappresentate in Fig.18. I fenomeni più intensi si registrano durante il pomeriggio del giorno 5 nella provincia di Torino, ulteriormente posticipati, durante la notte tra il 5 ed il 6, in Provincia di Verbania e sulle Alpi settentrionali nella seconda metà del giorno 5 (Fig. 22) e la mattina del giorno 6 (Fig. 23) in concomitanza del flusso da Sud, Sud-Est che ha investito quella zona in modo più intenso e con il passaggio della massa di aria fredda.

Infatti alle 00 UTC del giorno 6 il fronte freddo è posizionato sull'alto Tirreno e la parte più a Nord si incunea sul Piemonte, mentre alle 12 UTC interessa già la dorsale appenninica.

Il transito del fronte freddo è evidenziato anche dal minimo di pressione registrato dalle stazioni della rete regionale nella giornata del 6 (Alessandria, Fig. 26). Il vento al suolo ruota da 100° a 270° nord in modo repentino il 6 alle ore 12. L'altezza della tropopausa determinata dal radiosondaggio di Milano aumenta gradualmente fino al 5 alle 12 UTC, successivamente si ha una rapida diminuzione sempre causata dal passaggio del fronte (Fig. 27).

6 novembre

In quota, durante il giorno 6, si ha un indebolimento del blocco, con un cut off del campo di geopotenziale ai livelli 500, 700 e 850 hPa e la formazione di un minimo sul Mar Ligure. Tutta la struttura depressionaria è in fase di colmamento. Il campo di umidità relativa a 500hPa sovrapposto al campo di ven-

to (Fig. 13) risulta una buona rappresentazione dell'evoluzione del fronte freddo durante la giornata del 6.

Durante il giorno 6 le precipitazioni continuano e, anche se di intensità moderata, contribuiscono all'alluvione in atto (Fig. 23 e 24). Si attenua l'apporto di aria umida dal Mediterraneo sul Piemonte, mentre permane sulle zone centro orientali, dove si registrano precipitazioni anche se di minore intensità. In seguito l'attenuazione del blocco sui Balcani permette il movimento verso Est della struttura.

1.2. ANALISI PLUVIOMETRICA

Dall'analisi dei dati pluviometrici, rilevati dalle stazioni automatiche della rete regionale riportati in Tab. 4, dalle immagini elaborate dal Satellite Meteosat e dal Radar Meteorologico e dalle carte delle isoiete, si individuano 3 fasi successive, che hanno interessato distinte aree territoriali nel corso dell'evento.

Le precipitazioni sono iniziate sul Piemonte il giorno 2 novembre. Si è trattato di precipitazioni deboli e sparse che sono continuate nei giorni 3 e 4. Nella serata del 4 si è avuto un marcato aumento dell'intensità dei fenomeni. Le aree nelle quali si sono verificate le precipitazioni più intense sono l'Appennino ligure, le Langhe e il Monferrato e il Biellese. La grande differenza morfologica delle aree interessate giustifica i diversi effetti causati dalle precipitazioni.

Prima fase - Le prime precipitazioni intense, verificatesi il giorno 4 (Figg. 19 e 20), hanno interessato

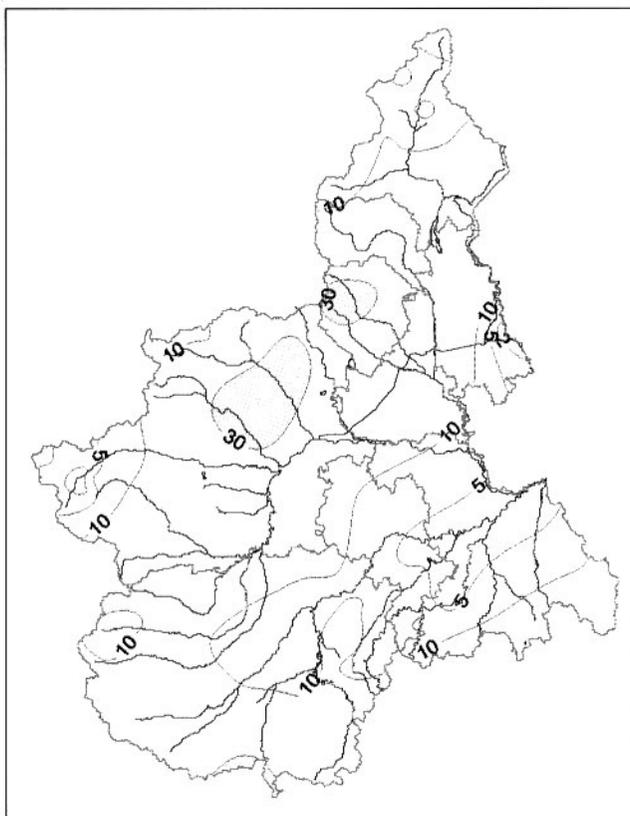


Fig. 19. Precipitazioni osservate cumulate dal 4 ore 00 UTC al 4 ore 12 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

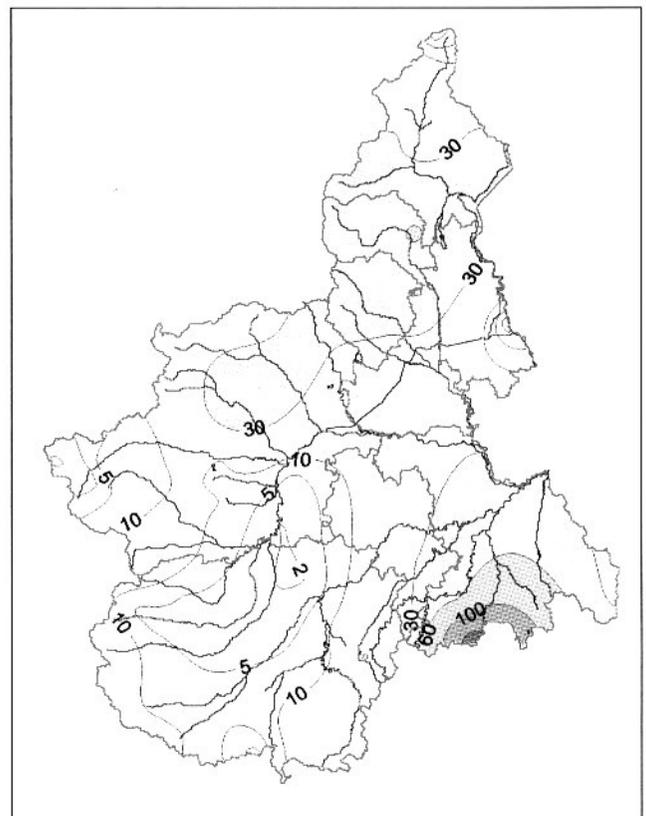


Fig. 20. Precipitazioni osservate cumulate dal 4 ore 12 UTC al 5 ore 00 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

Tab. 4. Totali giornalieri di precipitazione sul Piemonte dall'1 al 7 novembre 1994 registrati dalle stazioni della rete della Regione Piemonte.

Bacino	Stazione	Quota m slm	totali di pioggia (mm)						
			02 nov	03 nov	04 nov	05 nov	06 nov	07 nov	totali 2-7
Agogna	Cameri	173	0,0	0,0	0,0	14,8	59,6	2,4	76,8
Agogna	Borgomanero	300	5,8	11,6	65,6	45,2	76,0	0,2	204,4
Bormida	Acqui	215	14,8	13,2	54,4	50,6	12,2	0,2	145,4
Bormida	Serole	765	8,8	6,4	29,8	130,0	21,8	0,0	196,8
Bormida	Ponzone	773	23,6	22,4	187,2	77,0	16,4	1,0	327,6
Curone	Brign. Frascata	520	7,4	13,4	44,0	20,6	17,2	2,4	105,0
Dora Baltea	Piverone	230	6,0	7,8	46,2	162,4	104,8	0,0	327,2
Dora Riparia	Avigliana	340	5,0	5,4	29,8	91,6	66,8	0,0	198,6
Dora Riparia	Borgone	400	5,2	5,4	25,8	136,0	80,4	0,0	252,8
Dora Riparia	Susa Autoporto	470	5,4	3,8	16,8	101,6	50,8	0,0	178,4
Dora Riparia	Pictrastretta	520	5,8	5,2	14,2	104,0	52,4	0,0	181,6
Dora Riparia	Finiere	813	5,4	4,0	11,4	92,0	48,0	0,0	160,8
Dora Riparia	Salbertrand	1010	3,8	2,2	9,6	62,2	39,8	0,0	117,6
Dora Riparia	Gad	1065	3,8	2,4	2,2	36,6	37,2	0,0	82,2
Dora Riparia	Gran Bosco	1950	3,8	1,6	14,2	122,8	45,6	0,8	188,8
Dora Riparia	Lago pilone	2320	0,4	3,4	4,0	49,4	14,8	0,0	72,0
Pellice	Luserna	475	4,4	6,4	31,0	142,0	75,6	0,0	259,4
Pellice	Colle Barant	2294	0,8	7,6	41,6	114,6	46,6	0,4	211,6
Po	Isola S. Antonio	77	12,0	13,2	41,0	14,8	19,2	0,4	100,6
Po	Casale Monferrato	118	6,4	12,4	35,8	21,6	22,0	0,0	98,2
Po	Verolengo	165	5,2	7,8	31,6	101,0	46,4	0,0	192,0
Po	Moncalieri	226	4,8	4,2	22,8	119,0	39,6	0,0	190,4
Po	Carmagnola	232	4,6	5,8	19,8	125,8	26,4	0,0	182,4
Po	Torino Buon Pastore	240	5,2	6,6	34,4	144,2	43,8	0,0	234,2
Po	Italgas - Torino	240	5,6	7,2	34,2	150,8	48,6	0,0	246,4
Po	Torino AAM	240	4,4	5,2	27,4	132,2	45,0	0,0	214,2
Po	Pralormo	295	8,6	8,2	19,4	171,6	22,8	0,0	230,6
Po	Cumiana	332	5,2	5,8	30,2	128,0	72,4	0,0	241,6
Po	Pino Torinese	619	3,8	5,4	25,0	123,8	36,2	0,0	194,2
Po	Paesana	1080	5,8	4,6	15,8	62,0	63,4	0,0	151,6
Scrivia	Capanne Cosola	1550	2,8	13,8	44,6	44,0	23,6	1,0	129,8
Sesia	Vercelli	132	4,0	9,0	33,4	26,2	46,4	0,2	119,2
Sesia	Albano Vercellese	155	4,0	12,2	41,0	27,6	53,6	0,0	138,4
Sesia	Massazza	226	5,0	9,8	44,0	42,8	61,8	0,0	163,4
Sesia	Masserano	243	5,6	9,4	66,0	41,6	70,4	0,0	193,0
Sesia	Oropa	1186	9,4	10,2	95,0	311,8	140,8	0,0	567,2
Stura di Lanzo	Lanzo Fua	580	7,4	7,0	94,2	283,8	109,2	0,0	501,6
Tanaro	Alessandria	90	13,6	18,0	54,2	17,4	15,2	0,4	118,8
Tanaro	Bra	285	8,6	5,6	10,4	106,4	16,8	0,0	147,8
Tanaro	Montaldo Scarampi	290	10,2	6,4	27,6	54,6	25,0	0,2	124,0
Tanaro	Treiso	376	10,2	9,6	25,4	228,8	16,0	0,0	290,0
Tanaro	Fossano	403	7,4	5,6	13,4	90,2	13,6	0,0	130,2
Tanaro	Mondovì	422	6,4	3,0	17,4	108,2	19,2	0,0	154,2
Tanaro	Boves	575	4,2	4,0	19,2	82,8	34,6	0,0	144,8
Tanaro	Priero	610	11,8	8,0	43,0	251,6	15,2	0,0	329,6
Tanaro	Somano	640	8,0	7,6	28,8	180,0	17,2	0,0	241,6
Tanaro	Perlo	700	12,2	5,8	44,6	245,4	7,4	0,0	315,4
Tanaro	Mombarcaro	906	9,0	4,0	15,0	161,4	14,2	0,2	203,8
Tanaro	Garessio	980	13,2	4,8	42,4	195,4	9,4	0,0	265,2
Tanaro	Ormea	1245	10,0	10,6	62,0	206,6	9,6	6,8	305,6
Tanaro	Malanotte	1741	5,8	6,0	34,2	154,2	25,2	0,4	225,8
Tanaro	Limone Piemonte	2020	12,2	21,6	36,8	129,8	26,2	0,2	226,8
Toce	Domodossola	252	2,2	7,0	28,2	149,0	69,6	0,8	256,8
Toce	Someraro	470	8,0	11,2	76,4	113,6	75,8	0,8	285,8
Toce	Crodo	560	2,6	5,6	19,6	111,0	61,0	0,2	200,0
Toce	Druogno	831	2,2	5,8	29,0	120,8	70,2	0,4	228,4
Toce	Pizzanco	1142	5,0	9,2	42,0	125,4	78,8	0,2	260,6
Toce	Mottarone	1491	7,4	10,2	68,0	81,6	87,0	0,8	255,0
Varaita	Villanova Solaro	267	2,8	5,8	14,6	71,2	21,2	0,0	115,6
Varaita	Costigliole Saluzzo	440	3,8	6,2	12,2	49,8	22,4	0,0	94,4
Varaita	Pontechianale	1575	5,6	5,6	10,8	57,0	21,6	0,0	100,6
Varaita	Pian delle Baracche	2125	5,2	7,0	16,0	55,6	40,8	0,2	124,8

prevalentemente i settori piú meridionali del Piemonte, al confine con la Liguria, in particolare l'Acquese, dove, presso la stazione di Ponzone (AL) – Bric Berton (773 m slm) – sono caduti 152.2 mm in cinque ore, tra le ore 19.30 del 4 sino alle 00.30 del 5 con intensità orarie attorno ai 35 mm/ora, ed un picco di 54.8 mm/ora intorno alla mezzanotte - Fig. 28 (le ore riportate nel testo e nelle figure, salvo diversa segnalazione, sono riferite al meridiano di Greenwich). Si è trattato, infatti, di forti precipitazioni a carattere temporalesco. Nelle stesse ore si sono verificate precipitazioni di rilievo anche nella fascia pedemontana settentrionale (Canavese e Biellese) ma con caratteristiche di continuità e di moderata intensità, mai superiore ai 10 mm/ora, per valori giornalieri di circa 100 mm.

Nelle prime ore del 5 e durante tutta la mattinata successiva nella zona appenninica le precipitazioni si sono mantenute di debole intensità, aumentando lievemente nel pomeriggio e nella serata del 5, con intensità comunque basse, comprese tra i 5 e i 10 mm/ora.

Seconda fase - Il giorno 5 le precipitazioni si sono estese alle zone dell'Astigiano e del Cuneese (Fig. 21 e 22); i bacini piú colpiti sono stati quelli del Tanaro, del Bormida e del Belbo. Le precipitazioni si sono intensificate poco dopo la mezzanotte del 4; durante la notte, tra le 2.30 e le 7.30 del giorno 5, l'intensità delle piogge si è mantenuta quasi costantemente superiore ai 20 mm/ora. Durante queste ore si sono verificati i primi dissesti: frane, esondazioni ed alluvio-

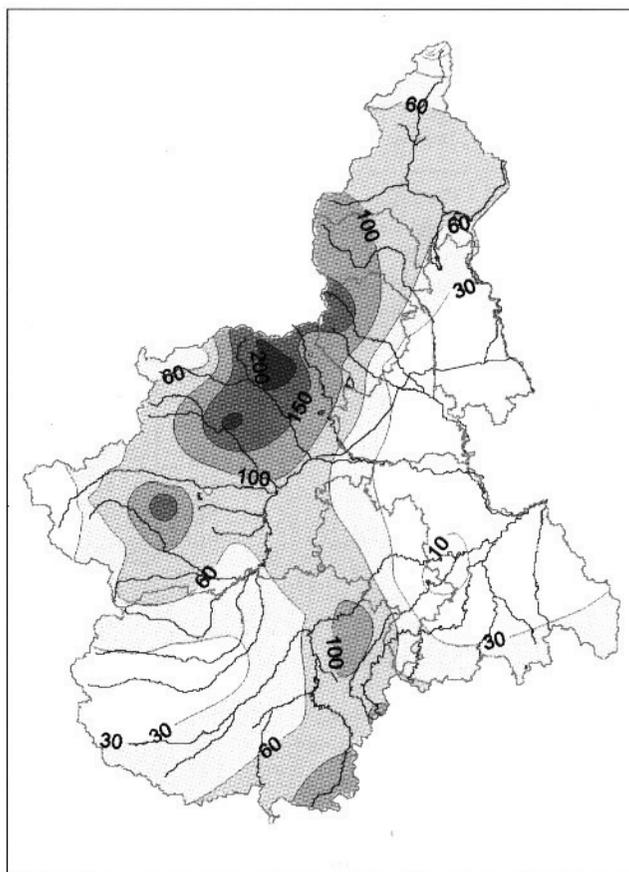


Fig. 22. Precipitazioni osservate cumulate dal 5 ore 12 UTC al 6 ore 00 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

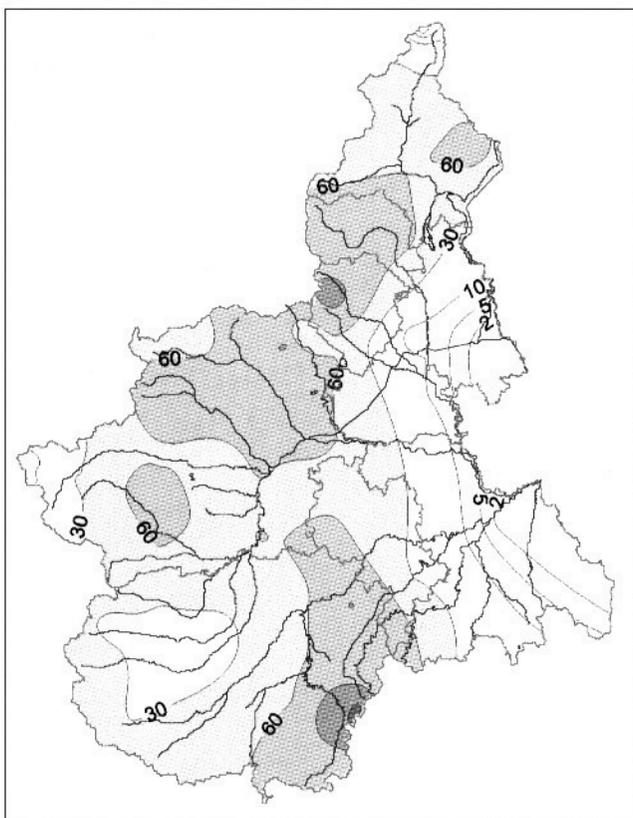


Fig. 21. Precipitazioni osservate cumulate dal 5 ore 00 UTC al 5 ore 12 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

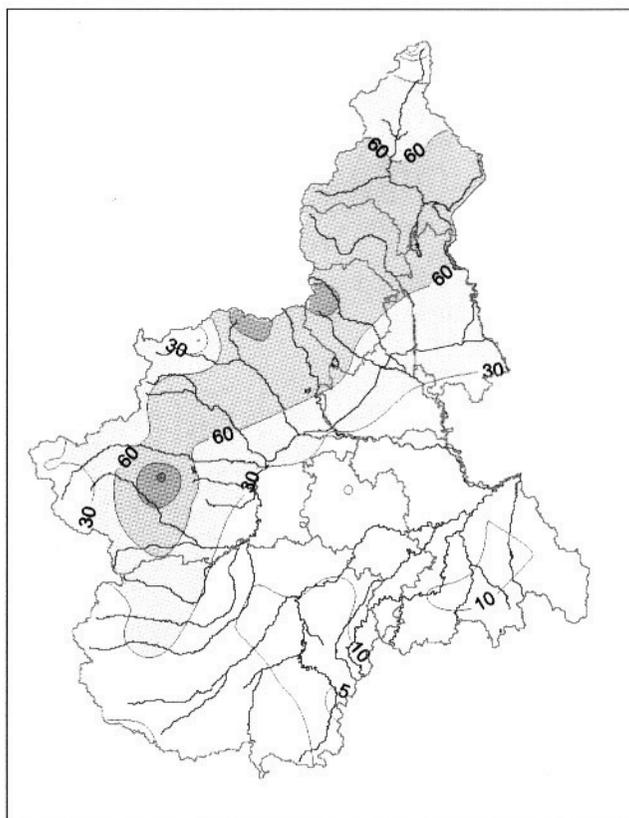


Fig. 23. Precipitazioni osservate cumulate dal 6 ore 12 UTC al 7 ore 00 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

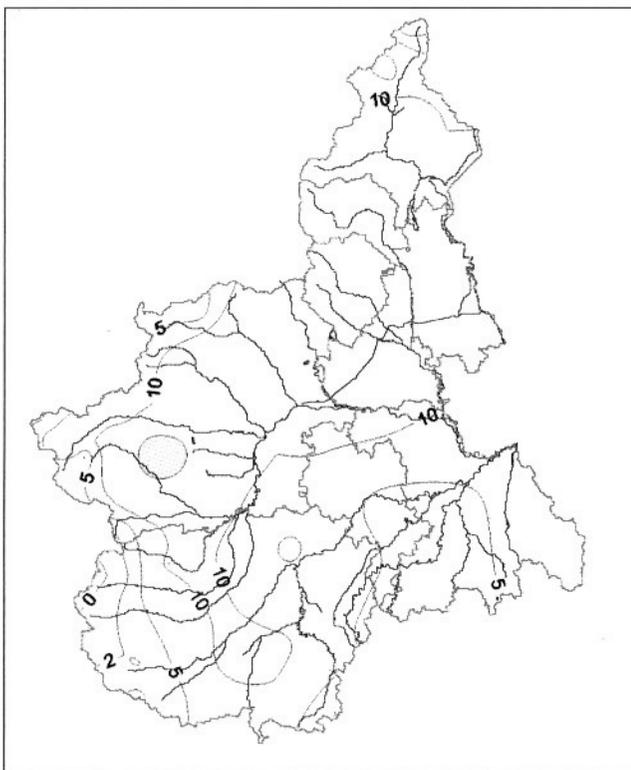


Fig. 24. Precipitazioni osservate cumulate dal 4 ore 00 UTC al 7 ore 00 UTC, isolinee a 2 mm, 5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm.

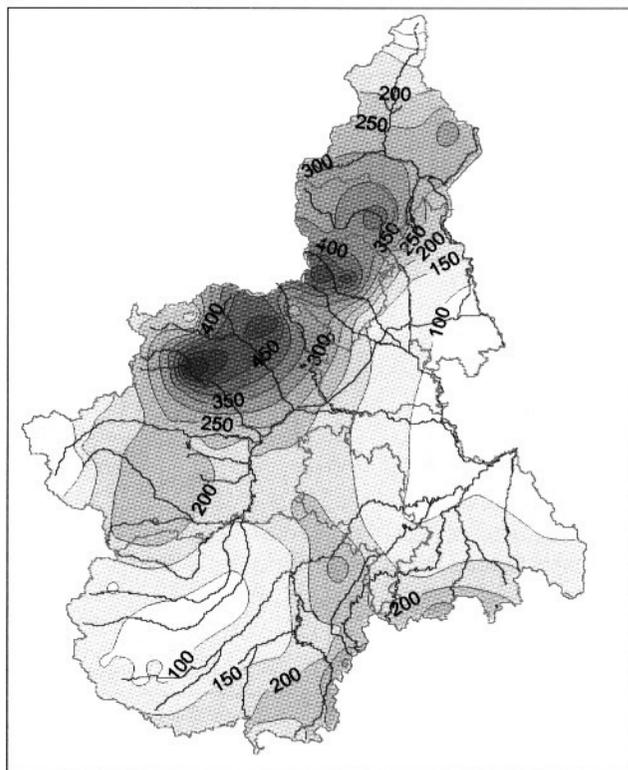


Fig. 25. Analisi delle precipitazioni osservate cumulate dal 4 ore 12 UTC al 5 ore 00 UTC, isolinee da 100 mm a 550 mm, ogni 50 mm.

namenti. Nella mattinata del 5 le precipitazioni sono proseguite con intensità comprese tra i 5 e i 15 mm/ora alimentando ulteriormente i corsi d'acqua. Nel pomeriggio del 5 si sono nuovamente intensificate con valori superiori ai 30 mm/ora. Attorno alle 16 veniva allagata Ceva. Complessivamente le piogge hanno fatto registrare valori compresi tra 200 e 250 mm in 24 ore. Le maggiori quantità si sono rilevate nel bacino del Tanaro a Perlo (245 mm) e a Garessio (195.4 mm) - Fig. 29 e nel bacino del Cevetta (affluente destro del Tanaro), a Priero (251.6 mm).

Alle ore 21.00 del giorno 5 il fenomeno, in quest'area, si era praticamente esaurito.

Terza fase - Nell'ultima fase dell'evento le precipitazioni più intense hanno interessato la fascia prealpina tra la Val Pellice e la Val Sesia, nel pomeriggio e nella serata del giorno 5 per attenuarsi nella mattinata del 6. Nel Biellese, la zona più colpita, l'intensità di precipitazione ha subito un graduale aumento dalla mattinata del 5: dalle ore 5.00 fino alle 9.00 del 6 ha costantemente superato i 10 mm/ora, con alcuni scrosci d'intensità superiore ai 30 mm/ora intorno alle 18.00 e alle 20.00 del 5 (Fig. 30). Complessivamente nelle 36 ore sono caduti ad Oropa 427.8 mm, a Lanzo 365.2 mm, ad Ala di Stura 312.8 mm, a Cumiana 174.4 mm.

Il giorno 6 le precipitazioni sono praticamente cessate sulla fascia meridionale della regione, mentre sono continuate, con modeste intensità orarie, ma con consistenti totali giornalieri, nella parte centro-settentrionale, in particolare sul Canavese e sul Biellese

(109.2 mm a Lanzo, 140.8 mm a Oropa), e subordinatamente sull'alto Novarese (69.6 mm a Domodossola).

I dati di pioggia registrati il giorno 5, confrontati con i valori storici contenuti nella Banca Dati Pluviometrica regionale, hanno rivelato un quadro di eccezionalità dell'evento a livello giornaliero. I valori di riferimento sono stati, infatti, ampiamente superati a Torino, Pralormo, Lanzo, Meugliano, Oropa, Mombarcaro e Priero (Tab. 5).

La carta delle isoiete relativa alla totalità dell'evento (Fig. 24) presenta la distribuzione delle precipitazioni sul Piemonte; particolarmente significativa è l'estensione dell'area contornata dall'isoieta 200 mm: oltre il 40% del Piemonte è compreso da quest'isoieta, di cui circa il 30% nel settore settentrionale e il 10% in quello meridionale. Al Nord la zona più colpita comprende la Val Sangone, il Canavese ed il Biellese. Nel Sud è stata particolarmente colpita la Valle Tanaro alta e media, il bacino del Belbo, le alte Valli Bormida e la testata del bacino dell'Orba, al confine con la Liguria.

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose, esse si sono registrate sopra i 2200-2400 metri all'inizio dell'evento e successivamente sopra i 2000 metri il giorno 6. Quelle più intense hanno interessato le Valli di Lanzo, dove, al Rifugio Gastaldi (2600 m slm) si sono misurati 1.65 metri di neve fresca, e in Val Sesia, dove ad Alagna (2410 m slm) la neve fresca ha fatto segnare un massimo di 1.25 metri.

Tab. 5. Confronto tra i valori di precipitazione di massima intensità di durata 24 ore rilevati da alcune stazioni della rete regionale e valori storici precedenti.

Località	Precipitazione di max intensità di durata di 24 ore	Numero di anni nelle serie storica	Classificazione nella serie storica	Primo valore precedente	Registrato in data
Torino - Buon Pastore	145,2	65	I	135,0	23/08/59
Biella - Oropa	338,0	73	II	350,0	16/05/26
Mombarcaro	162,0	27	I	133,0	30/09/41
Meugliano	359,8	54	I	147,0	29/11/30
Cumiana	130,8	61	IV	160,0	18/12/60
Luserna	156,2	73	XVI	306,0	01/11/68
Domodossola	161,4	64	XVIII	250,7	12/08/21
Priero *	252,6	62	I	156,2	02/11/68
Pralormo **	172,0	48	I	112,0	02/11/68
Lanzo	308,2	55	I	188,0	08/11/62

* confronto con Ceva

** confronto con Dusino San Michele

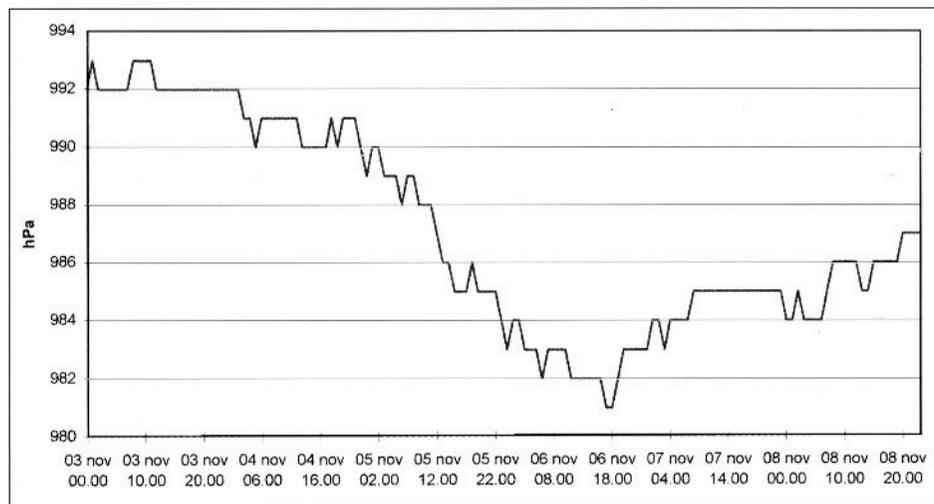


Fig. 26. Andamento della pressione al livello della stazione di Alessandria.

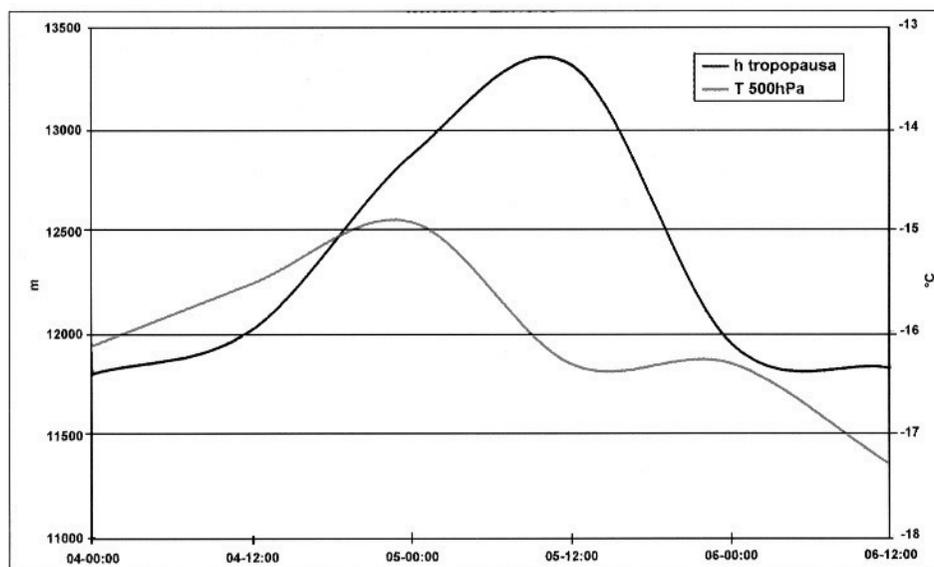


Fig. 27. Andamento dell'altezza della tropopausa e della temperatura a 500hPa dal radiosondaggio di Milano Linate.

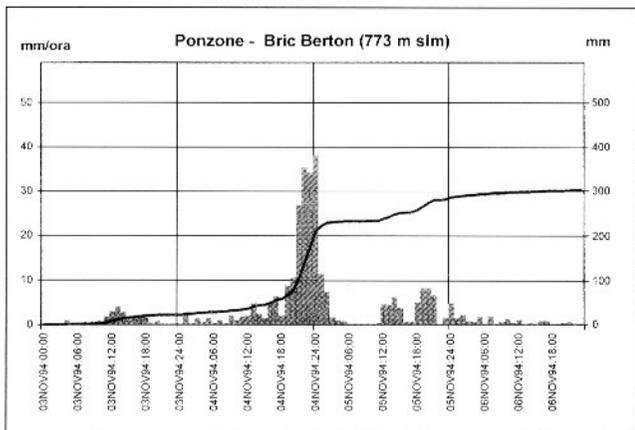


Fig. 28. Precipitazioni cumulate ed intensità orarie nei giorni 2-7 novembre 1994 a Ponzone - Bric Berton (773 m slm).

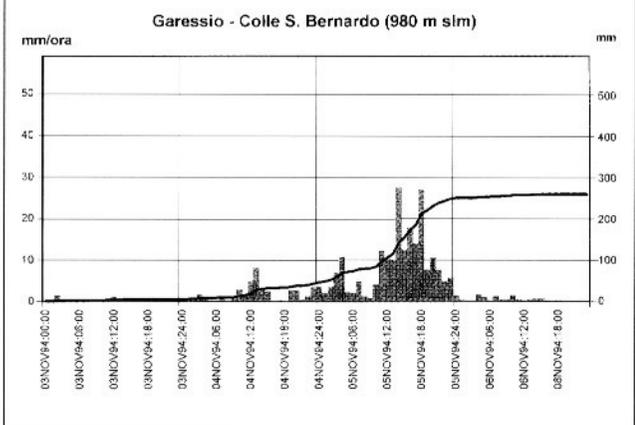
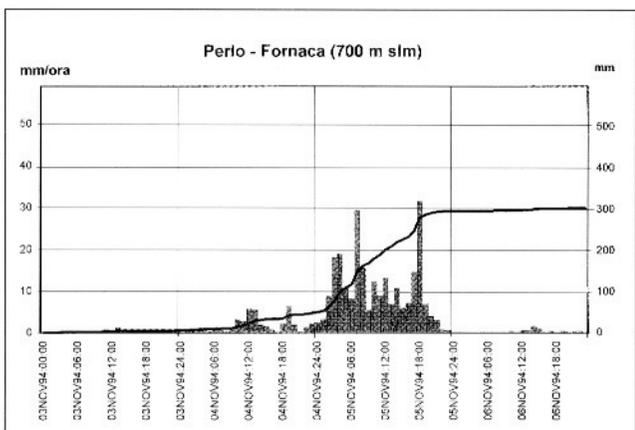


Fig. 29. Precipitazioni cumulate ed intensità orarie nei giorni 2-7 novembre 1994 in stazioni della Valle Tanaro (Perlo e Garessio).

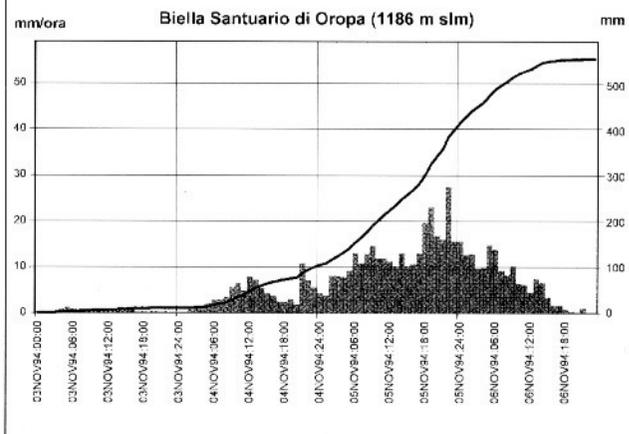
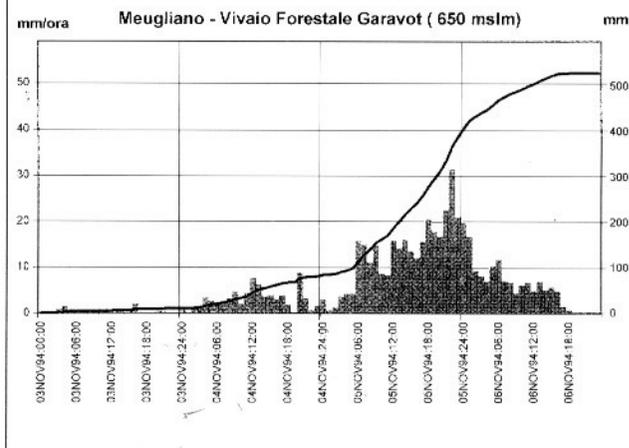
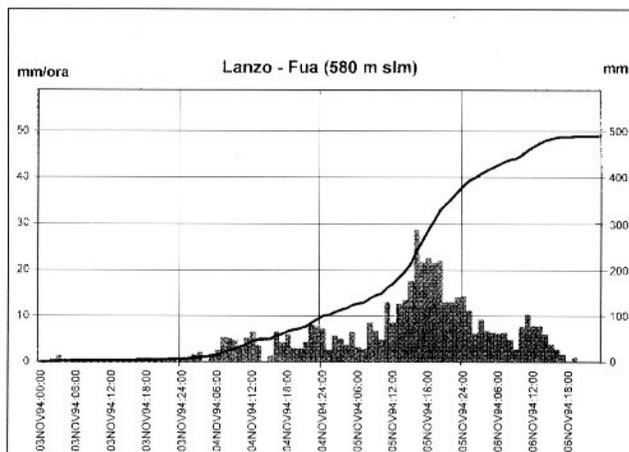


Fig. 30. Precipitazioni cumulate ed intensità orarie nei giorni 2-7 novembre 1994 in stazioni del Canavese (Lanzo e Meugliano) e del Biellese (Biella).

1.3. CONFRONTO CON EVENTI PRECEDENTI

Per effettuare un ragionevole confronto con eventi di precipitazione precedenti è necessario considerare l'evento dell'inizio di novembre del 1994 come composto da due distinti eventi: uno che ha interessato il Piemonte meridionale ed uno che ha interessato il Piemonte settentrionale. Questa distinzione si rende necessaria dal momento che le due aree hanno caratteristiche climatiche e pluviometriche nettamente differenti.

Poiché il comportamento dei fiumi, a livello regionale, è influenzato molto dalle variazioni di intensità di precipitazione a scala temporale dell'ora, i confronti debbono essere effettuati con misure storiche eseguite con strumenti registratori, gli unici che rendono disponibili tale tipo di misure. Tali strumenti erano purtroppo scarsi soprattutto nel Piemonte meridionale.

Un evento di cui si dispone di una serie consistente di dati misurati da strumenti registratori è quello del 2-3 novembre 1968 (G. Giuffrida, 1971; M. Bossolasco & al., 1970). Anche in quel caso si sono avute precipitazioni che hanno interessato, in modo diverso, il Nord ed il Sud del Piemonte e che si sono distribuite, in sostanza, nello stesso modo di quelle attuali.

La situazione meteorologica descritta da Bossolasco et al. presenta numerose analogie con la situazione di oggi. Infatti, un centro depressionario situato sul golfo del Leone ed una alta pressione sulla Russia inducevano una circolazione di aria fortemente instabile che transitando sul Mediterraneo meridionale si caricava di umidità scaricandola poi più a Nord, sulle regioni nord-occidentali italiane. La quota della isoterma zero gradi, alla quale le precipitazioni passano da liquide a solide, era, anche allora, pari a circa 2000 m s.l.m.

Tra le stazioni di cui sono disponibili i dati per il Piemonte meridionale si distinguono, per quantità di precipitazione Cengio (oltre 350 mm in due giorni) e Millesimo (più di 250 mm in 2 giorni). In entrambi i siti si ebbero precipitazioni di intensità compresa tra i 10 ed i 20 mm/ora, protratte per oltre 36 ore; a Cengio le intensità superarono spesso i 20 mm/ora. L'evento generò ondate di piena nei bacini del Tanaro e del Bormida che investirono numerosi centri abitati. Le piene furono solo di poco inferiori a quelle registrate nel novembre 1951. È utile riportare parte del brano nel quale l'ingegner G. Giuffrida, nel 1971, descriveva le zone colpite dall'evento:

«Il Tanaro ha cominciato ad esondare nei pressi di Alba, a causa dell'incremento subito per gli apporti di numerosi corsi d'acqua minori ... Le acque hanno sommerso parte della stessa città di Alba, gli abitati di Gallo e Grinzane, oltre ad una vasta area di terreni agricoli circostanti. Successivamente è stata sommersa la parte bassa della città di Asti per il sopraggiungere dell'ondata di piena del torrente Bobore in concomitanza con quella del Tanaro...»

«I danni più ingenti si sono verificati nel torrente Belbo, affluente di destra del Tanaro, sul quale ... si è soffermato a lungo l'evento, causandovi piogge di note-

vole intensità, le quali hanno provocato la eccezionale piena del torrente stesso».

Giuffrida continua affermando che tra le cause determinanti delle esondazioni vi sono anche l'eccesso di materiali depositati in alveo e l'eccesso di vegetazione.

Nel 1994 le precipitazioni hanno totalizzato quantità cumulate di pioggia prossime a quelle del 1968 ma distribuite in modo differente (Figg. 31 e 32). Le precipitazioni, a parità di volumi, si sono presentate molto più concentrate nel tempo; l'evento è durato sostanzialmente 24 ore, contro le 36 del 1968, con intensità spesso superiori ai 20 mm/ora e punte di più di 30 mm/ora nella media Val Tanaro.

Per il Piemonte settentrionale si dispone sia dei dati del 1968, che dei dati relativi all'evento dell'ottobre 1977, nonché di quelli del settembre 1993. I valori cumulati registrati presso la stazione di Trivero tra l'1 e il 3 novembre 1968, presso la stazione di Macugnaga tra il 4 ed il 6 ottobre 1977, a Piamprato tra il 22 e il 25 settembre 1993 e a Oropa tra il 4 e il 6 novembre 1994 sono molto prossimi tra loro, compresi tra i 500 ed i 550 mm in 60 ore (Fig. 33). La distribuzione delle precipitazioni nei quattro eventi è però fortemente differente (Fig. 34). Nel 1968 il Biellese fu colpito da precipitazioni che ebbero intensità notevolissime. Una prima parte dell'evento con piogge di media intensità (10 mm/ora) protratta per quasi 12 ore alimentò i bacini. A queste precipitazioni si sommarono alcuni scrosci di fortissima intensità, con punte di 60 mm/ora, che sconvolsero totalmente il sistema fluviale ed i versanti. Come già ricordato, la quota dell'isoterma zero gradi era a circa 2000 m s.l.m.; anche le porzioni più alte dei versanti contribuirono dunque ad alimentare i corsi d'acqua.

Nel 1977 le precipitazioni si protrassero per circa 24 ore con intensità comprese tra i 15 ed i 30 mm/ora. Il grande volume di acqua fu ripartito quindi in modo più uniforme. Inoltre la quota dell'isoterma zero gradi si abbassò notevolmente in quei giorni scendendo sino ai 1500 m s.l.m.; il contributo degli alti versanti al deflusso fu quindi molto limitato.

Nel 1993 le precipitazioni che sconvolsero la valle Orco caddero in modo molto frazionato. Ad un primo breve scroscio intensissimo (oltre 55 mm/ora) seguì un periodo con precipitazioni moderate che permise al bacino di smaltire parte della prima pioggia. Ma il bacino dell'Orco fu colpito da nuove precipitazioni che apportarono oltre 300 mm di pioggia in circa 15 ore con intensità che superarono i 40 mm/ora.

L'evento del 1994 si è presentato a Biella con caratteri molto simili a quelli dell'evento del 1977. Le piogge si sono distribuite uniformemente nel tempo con intensità comprese tra i 10 ed i 20 mm/ora, senza però superare i 30 mm/ora. La quota dell'isoterma zero gradi era però decisamente più alta, prossima ai 2000 m s.l.m. Il sistema idrografico è stato perciò alimentato da una vasta porzione dei versanti. La grande differenza rispetto all'evento del 1968 è data dalla mancanza di attività temporalesca con scrosci intensi; scrosci che si sono verificati anche nel settembre 1993.

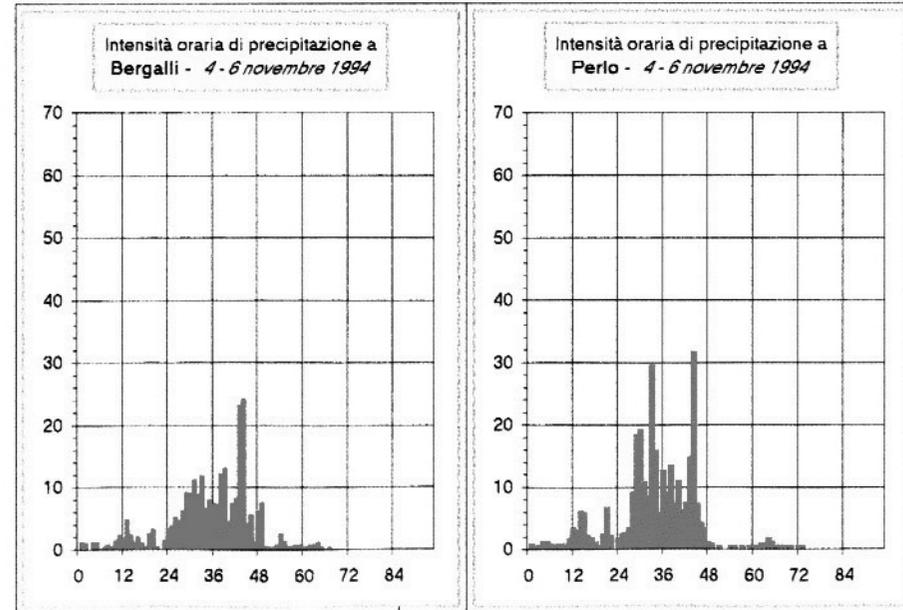
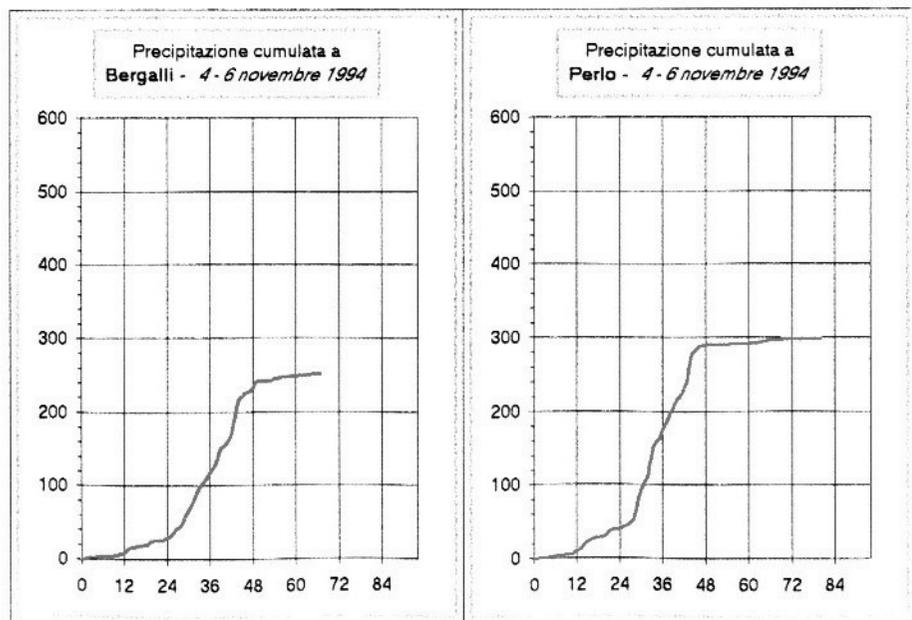
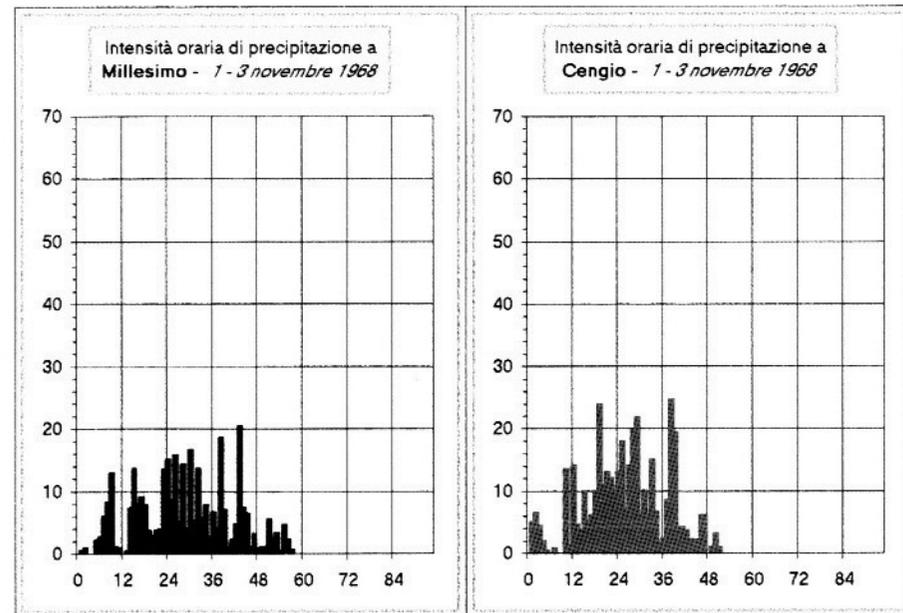
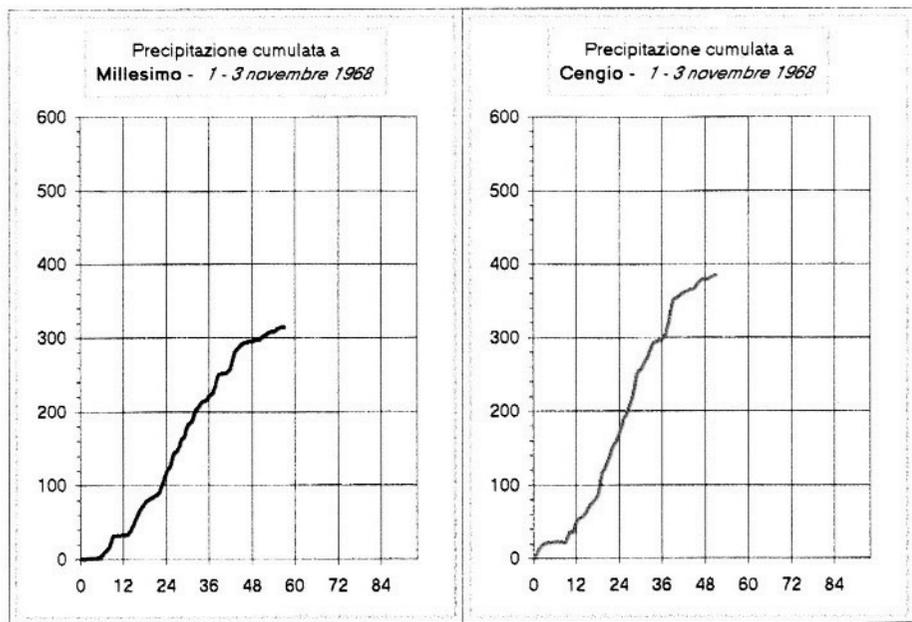


Fig. 31. Confronto tra eventi nel Piemonte meridionale.

Fig. 32. Confronto tra eventi nel Piemonte meridionale.

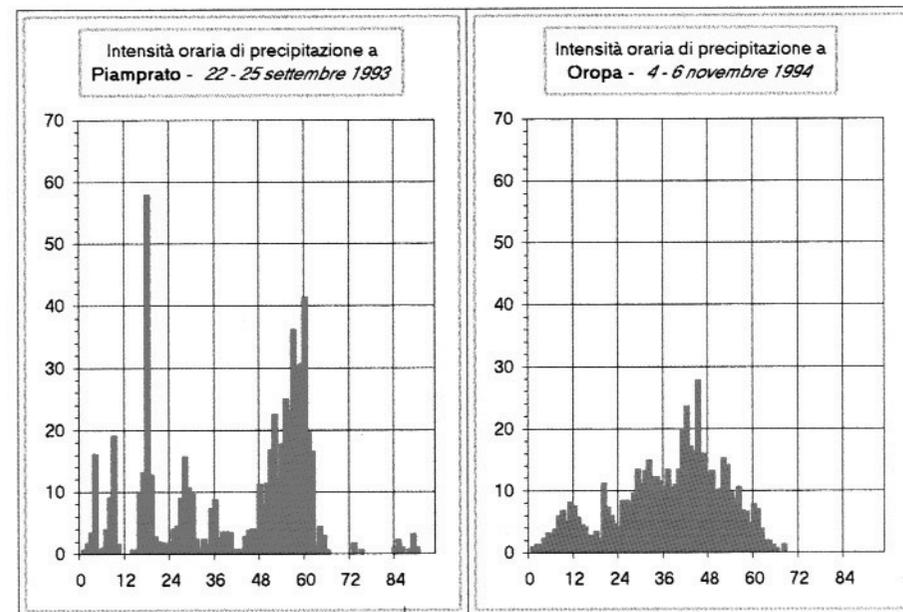
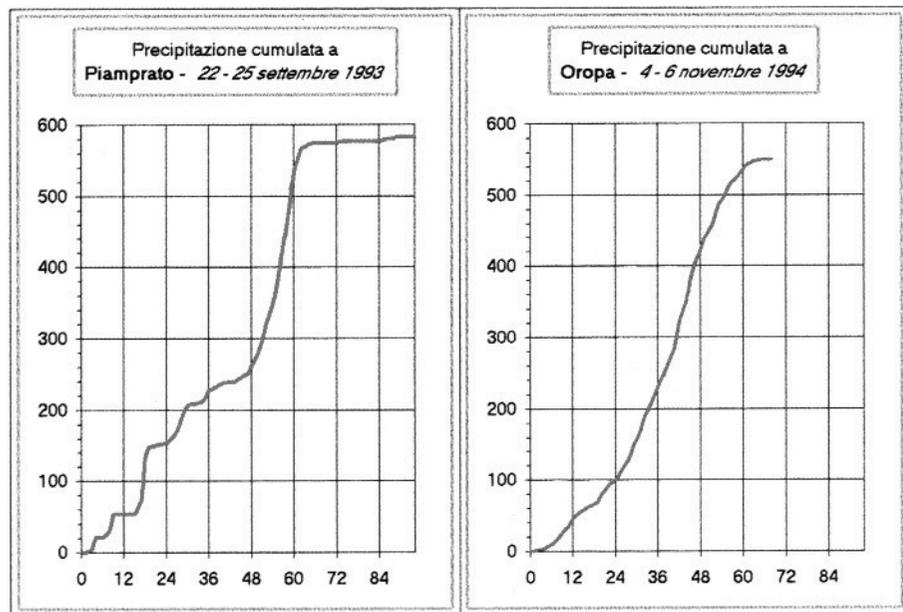
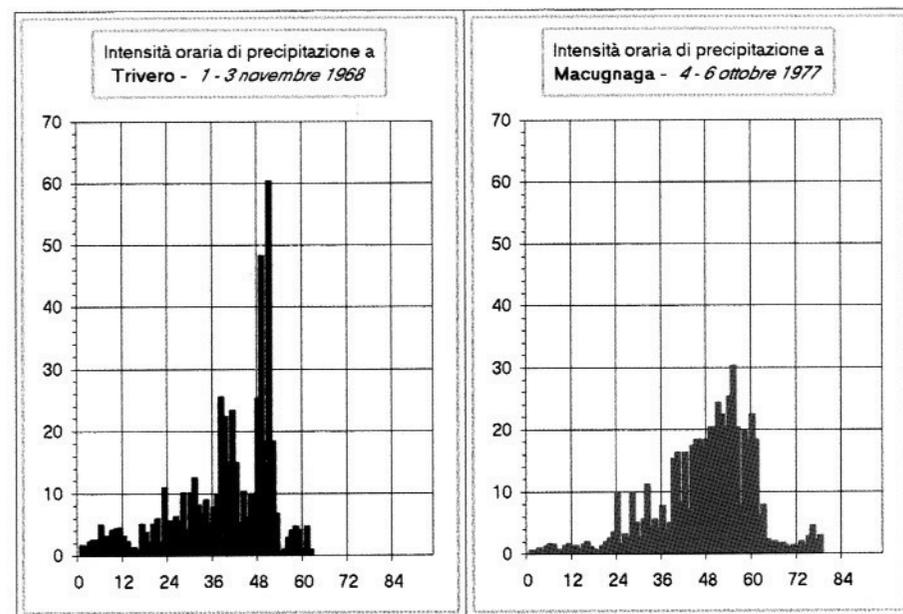
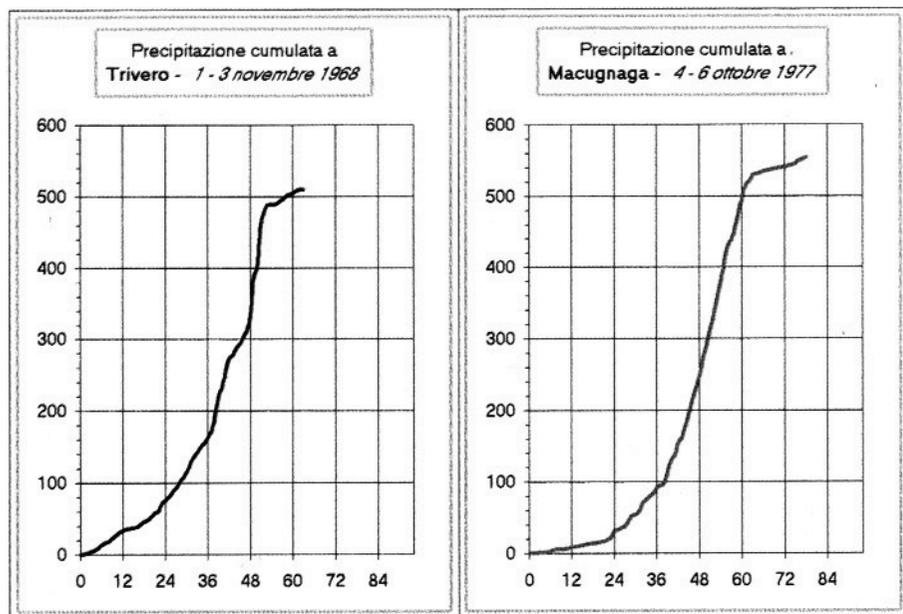


Fig. 33. Confronto tra eventi nel Piemonte settentrionale.

Fig. 34. Confronto tra eventi nel Piemonte settentrionale.

L'evento del 1994 si colloca dunque tra i più gravi degli ultimi 50 anni. Come si è visto presenta forti analogie con l'evento del 1968 con la differenza però che, nel 1994, le intensità di precipitazione più elevate si sono avute nel Sud del Piemonte anziché nel Nord e questo spiega il motivo per cui il Nord è stato, quest'anno, molto meno danneggiato rispetto al 1968.

1.4. CONSIDERAZIONI SULL'INTENSITÀ DELLE PRECIPITAZIONI

Premessa

Le piogge cadute durante l'evento hanno avuto, in alcuni settori del Piemonte, un carattere di eccezionalità collocandosi tra i massimi storici degli ultimi decenni. Al fine di comprendere l'entità dell'evento pluviometrico è necessario procedere ad una stima delle frequenze delle piogge.

Metodologia utilizzata

La valutazione viene condotta sui valori registrati dalle stazioni della Regione Piemonte per le quali non è possibile applicare l'analisi tradizionale basata sull'elaborazione statistica della serie storica della singola stazione. Infatti tali stazioni hanno un periodo di funzionamento limitato a pochi anni, essendo la rete regionale relativamente giovane. Per questo si deve necessariamente passare ad un'analisi cosiddetta "regionale", fondata sulle informazioni disponibili in una pluralità di siti. Questo tipo di approccio è possibile solo se si dispone di un adeguato criterio per la delimitazione della "regione".

Nell'analisi seguente si fa riferimento alla delimitazione di due regioni: il bacino padano e Liguria tirrenica proposte nell'ambito del progetto nazionale VAPI (Valutazione delle Piene) sviluppato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (A. Brath e R. Rosso 1995).

I dati utilizzati per l'elaborazione sono le precipitazioni di massima intensità di durata 1-3-6-12-24 ore delle stazioni di misura del Servizio Idrografico Nazionale con almeno 15 anni di osservazioni i quali sono stati suddivisi in due gruppi sulla base delle indicazioni del VAPI: bacini alpini dal Ticino al Tanaro e bacini appenninici dal Bormida al Curone per un totale di 148 stazioni.

Ad ognuno dei due gruppi di dati è stata applicata la distribuzione di frequenza GEV (General Extreme Value) nella forma:

$$F(x) = e^{-\left\{ \left[1 - k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right]^k \right\}}$$

dove i parametri k , u , α sono stati calcolati con il metodo dei momenti pesati secondo l'approccio regionale proposto da Hosking et al (1985).

Da cui il calcolo del tempo di ritorno di una precipitazione di assegnata durata Pa si ottiene dalla seguente espressione:

$$Tr = \frac{1}{1 - e^{-\left(1 - \frac{Pa}{Pm} \right)^{\frac{1}{k}}}}$$

dove Pm è la precipitazione media di quel sito di pari durata.

Il problema del calcolo di Pm in corrispondenza dei siti in cui non si dispone di una serie storica di dati, è stato affrontato utilizzando una tecnica di estrapolazione spaziale a partire dai dati puntuali.

In sostanza, per ogni durata di pioggia, è stata costruita una griglia regolare con maglia di 5 km su tutto il Piemonte, tramite una funzione multiquadratica vincolata ai Pm calcolati in corrispondenza delle stazioni di cui si disponeva della relativa serie storica.

I Pm di durata 6,12 e 24 ore sono stati calcolati utilizzando i dati di oltre 800 siti in quanto sono state utilizzate, oltre alle stazioni pluviografiche, anche quelle che registrano solo i totali giornalieri (pluviometro totalizzatore).

La relazione tra massimi orari e massimi giornalieri è stata effettuata visto l'alto coefficiente di correlazione tra i dati orari e giornalieri fra tutte le stazioni pluviografiche all'interno di ogni "regione" pluviometrica (limitatamente alle durate superiori alle 6 ore).

Analisi regionale

Nella Fig. 35 sono riportate le isolinee di uguale tempo di ritorno calcolate con l'approccio "regionale" sopra descritto, utilizzando i dati di pioggia delle stazioni pluviografiche della Regione Piemonte.

La figura evidenzia tempi di ritorno superiori ai 10 anni su un'ampia area che si sviluppa attorno ad un asse nord-sud e su una zona, peraltro più raccolta, ad ovest di Torino.

All'interno di questa fascia emergono con significatività le regioni maggiormente colpite da precipitazioni con tempi di ritorno superiori ai 100 anni. Si tratta dei bacini dell'alto Tanaro, del Belbo e del Bobore (affluenti del Tanaro), del Banna e del Sangone (affluenti del Po), del Chiusella (affluente della Dora Baltea).

In misura minore, sono stati coinvolti da precipitazioni intense i bacini del Cervo (affluente del Sesia), dell'Orco, dello Stura di Lanzo, del Chisone (affluente del Po) e del Bormida.

I risultati esposti mettono in evidenza che l'eccezionalità delle precipitazioni del novembre 1994 va ricercata nella combinazione tra intensità ed estensione areale delle piogge. L'evento è stato particolarmente gravoso in relazione alle durate di 12 e 24 ore.

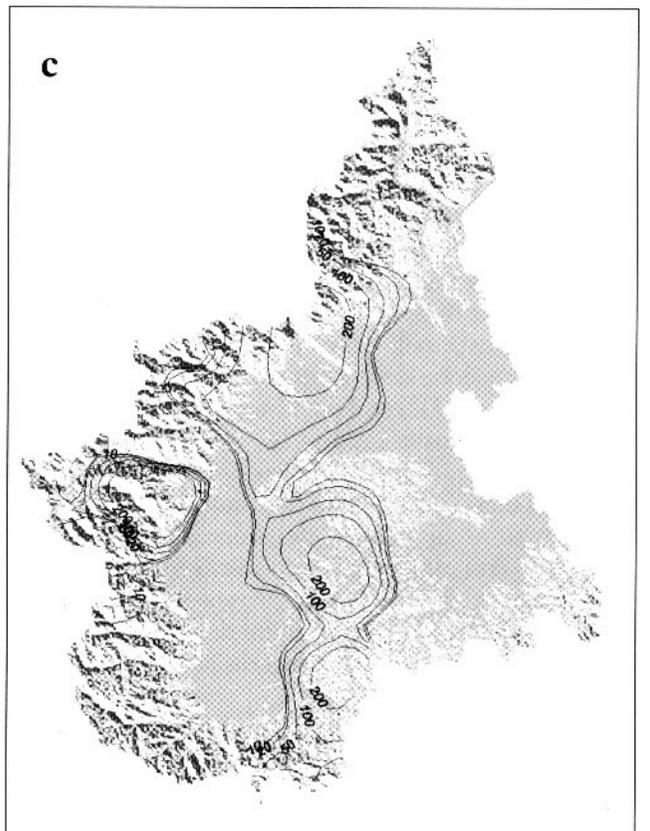
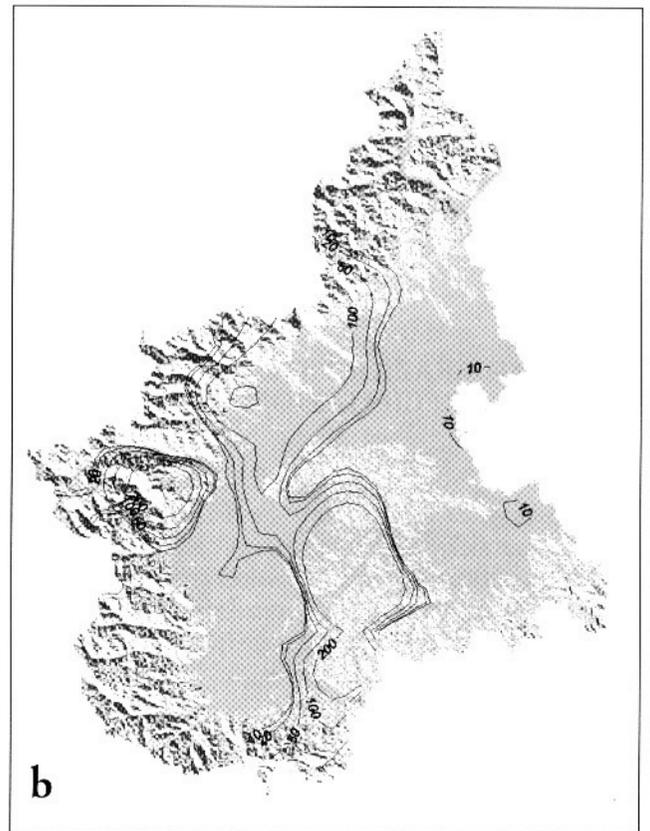
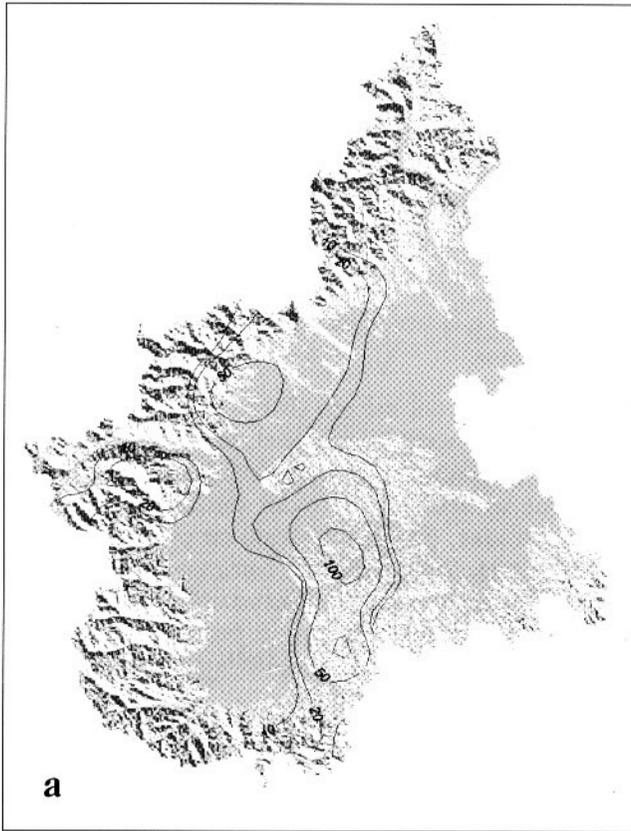


Fig. 35. *Tempi di ritorno delle precipitazioni di massima intensità durante l'evento del novembre 1994:*
a) precipitazioni di durata 6 ore;
b) precipitazioni di durata 12 ore;
c) precipitazioni di durata 24 ore.

1.5. RILIEVI IDROMETRICI RELATIVI ALL'EVENTO DI PIENA

Situazione idrologica nel periodo precedente l'evento

Il verificarsi di frequenti episodi di precipitazione di entità significativa nella seconda metà del mese di ottobre '94 ha provocato nei bacini piemontesi un elevato grado di saturazione, facendo sì che gli afflussi intensi verificatisi a partire dal 4-11-94 assumessero immediatamente il carattere di pioggia efficace per la generazione di deflussi superficiali in grado di impegnare severamente il reticolo idrografico.

La Tab. 6 riporta i valori di portata del 3-11-94 relativi ad alcune stazioni idrometriche rappresentative della rete idrografica, confrontati con i corrispondenti valori di portata media annuale; si osserva che immediatamente prima dell'evento la rete idrografica, già impegnata nell'ultima decade di ottobre dal deflusso di onde di piena secondarie, smaltiva portate dell'ordine delle medie annuali.

Dinamica dell'evento di piena

L'intensità e soprattutto la persistenza e l'ampia distribuzione spaziale delle precipitazioni hanno comportato sull'intero reticolo idrografico piemontese condizioni di piena di rilevante gravosità, che hanno raggiunto carattere di eccezionalità nel bacino del Tanaro e sull'asta del Po a valle di questo affluente.

Vengono sotto evidenziati i dati di maggior interesse acquisiti dalla strumentazione idrometrica, con riferimento alla Fig. 36 che evidenzia lo sviluppo della rete idrografica e l'ubicazione delle stazioni di misura.

Per tale analisi sono stati cortesemente concessi, in aggiunta ai dati del Sistema regionale di monitoraggio meteoidrometrico e della qualità delle acque, i dati rilevati dalle stazioni idrometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

Bacini del settore meridionale

L'estrema gravosità della piena che ha interessato il bacino del Tanaro in conseguenza della 2^a fase del-

le precipitazioni (verificatesi nella giornata del 5 novembre) ha provocato la distruzione o l'avaria della maggior parte delle (già insufficienti) stazioni idrometriche attive alla data dell'evento.

A *Farigliano* ($S = 1522 \text{ km}^2$), la stazione di misura del Servizio Idrografico funzionante da diversi decenni è stata completamente asportata quanto il livello idrometrico ha raggiunto il valore di 5,80 m, in una fase di rapidissima crescita (40 cm/ora) dell'onda di piena, verso le ore 13 del 5/11.

Rilievi topografici e verifiche idrauliche svolti successivamente all'evento hanno consentito di ricostruire un livello al colmo, raggiunto verso le 23 del 5 novembre, pari a circa 9 m (di circa 3 m superiore al massimo storico precedente) e una portata di picco dell'ordine di $3400 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le stime suddette confermano l'eccezionale intensità dell'evento di piena che ha colpito l'alta valle del Tanaro, a cui non ha fatto riscontro una analoga gravosità nell'adiacente bacino della Stura di Demonte: nella stazione di *Gaiola* ($S = 562 \text{ km}^2$) è stato osservato un colmo dell'ordine di 1,55 m (corrispondenti alla portata di circa $100 \text{ m}^3/\text{s}$), verso le 21 del 5-11-94 (v. Fig. 37a).

I forti contributi del Gesso hanno comunque determinato un deflusso al colmo della Stura di Demonte alla confluenza con il Tanaro stimabile nell'ordine di $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

La corrispondente onda di piena ha raggiunto la confluenza con qualche ora di anticipo rispetto all'onda (ben più gravosa) in arrivo dall'asta montana del Tanaro.

La stazione idrometrica di *Alba* ($S = 3415 \text{ km}^2$) ha registrato il livello al colmo di 6,74 m verso le ore 4 del 6-11 (v. Fig. 37b), al quale può essere fatto corrispondere un valore di portata dell'ordine di $4.200 \text{ m}^3/\text{s}$.

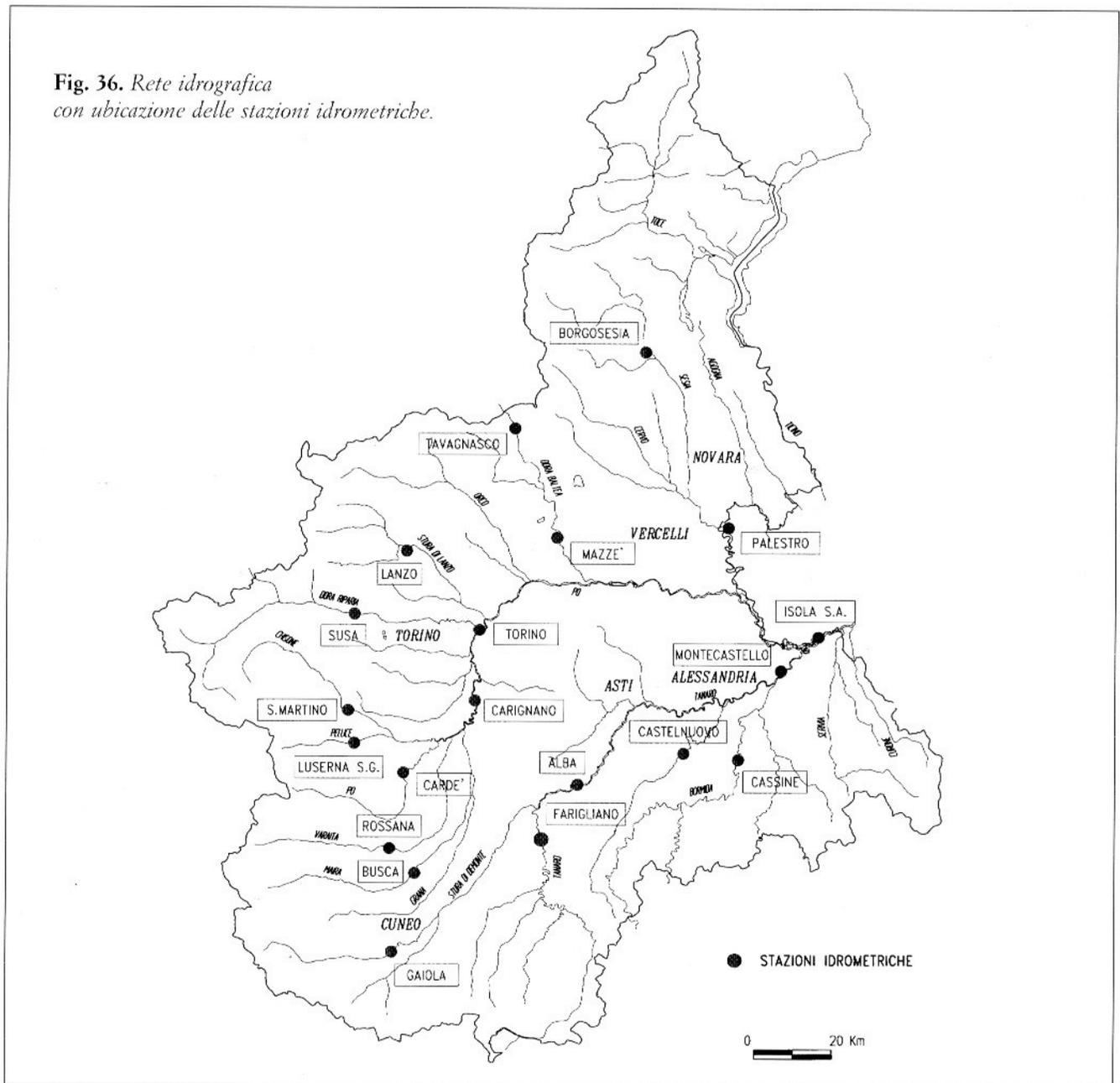
La traslazione dell'idrogramma di piena lungo l'asta del Tanaro è proseguita, con effetti di esondazione-laminazione di eccezionale rilevanza, fino alle prime ore del 7-11.

In corrispondenza della stazione di *Montecastello* ($S = 7985 \text{ km}^2$), immediatamente a monte della con-

Tab. 6. Caratteristiche idrologiche di alcune stazioni significative.

Stazione	Sup. bacino (km^2)	Portata 3-11-94 (m^3/s)	Portata media annua (m^3/s)
Po a Cardè	510	10	11
Po a Carignano	3804	85	71
Po a Torino	5210	90	95
Chisone a S. Martino	581	9	15
Dora Riparia a Susa	628	19	11
Stura di L. a Lanzo	582	30	20
Dora Baltea a Mazzè	3837	58	96
Sesia a Borgosesia	695	80	33
Stura di Demonte a Gaiola	562	20	18
Tanaro ad Alba	3415	80	71

Fig. 36. Rete idrografica
con ubicazione delle stazioni idrometriche.



fluenza nel Po, è stato stimato in base a rilievi eseguiti dopo la piena (la strumentazione idrometrica era in avaria) un livello al colmo di 8.48 m, corrispondente alla portata di circa 4.400 m³/s (valutata mediante applicazioni di modellistica idraulica).

Sui bacini affluenti del Bormida e del Belbo sono state messe fuori servizio le stazioni di Cassine e Castelnuovo.

I rilievi eseguiti sulle tracce di piena hanno evidenziato livelli al colmo eccezionalmente elevati in entrambe le stazioni (4.7 m sul Bormida a Cassine, 7.8 m sul Belbo a Castelnuovo), a conferma dell'estrema intensità con la quale l'evento di piena ha colpito vasti settori della rete idrografica del bacino.

Bacini del settore occidentale

In questo settore l'evento ha presentato intensità sensibilmente inferiore a quanto osservato sul bacino

del Tanaro e nel corso di altre piene recenti (evento del settembre 1993).

L'Alto Po è stato interessato dalla rapida successione di due onde di piena di media entità, conseguenti alle precipitazioni della 3^a fase evolutiva dell'evento (pomeriggio del 5-11-94).

La stazione idrometrica sul Po a Cardè (S = 516 km²) ha registrato un primo colmo verso la mezzanotte del 5 novembre (v. Fig. 37c) e un secondo colmo, più elevato, verso le ore 18 del 6 novembre.

Le portate corrispondenti non raggiungono i 350 m³/s.

Anche sul Pellice è stato rilevato, in corrispondenza della stazione di Luserna S. Giovanni (S = 216 km²) un doppio colmo di piena (v. Fig. 37d), che non ha raggiunto carattere di eccezionalità.

Gli idrogrammi registrati nelle stazioni del Chisone a S. Martino (S = 582 km²), della Stura di Lanzo a Lanzo (S = 582 km²) e della Dora Riparia a Susa (S =

Fig. 37a. *Stura di Demonte a Gaiola.*
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

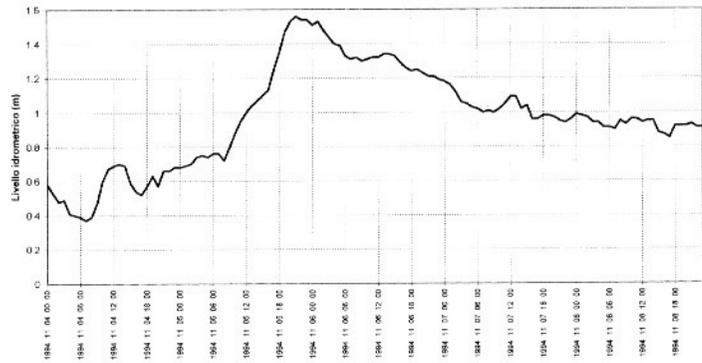


Fig. 37b. *Tanaro ad Alba.*
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

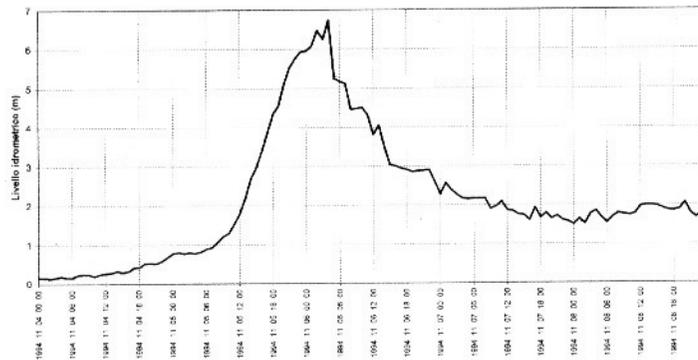


Fig. 37c. *Po a Cardè.*
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

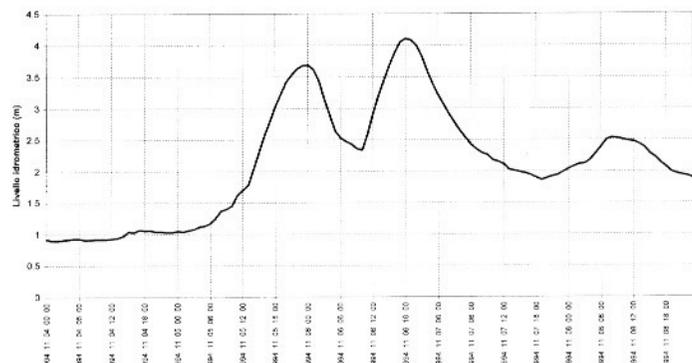


Fig. 37d. *Pellice a Luserna S. Giovanni.*
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

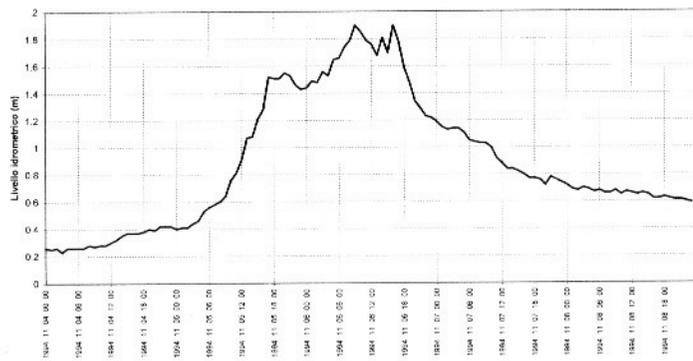
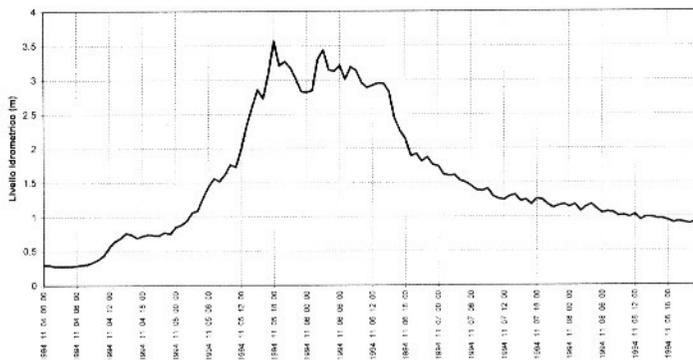


Fig. 37e. *Stura di Lanzo a Lanzo.*
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.



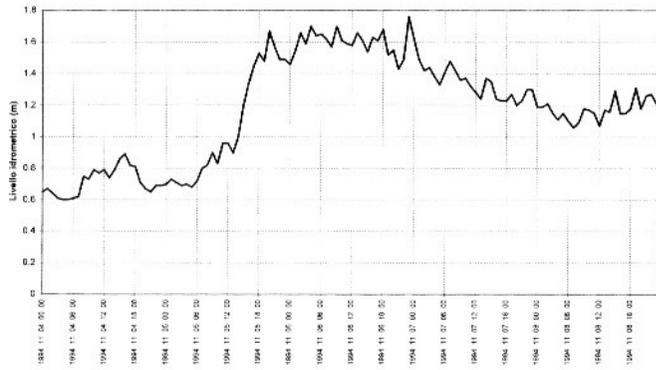


Fig. 37f. Dora Riparia a Susa.
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

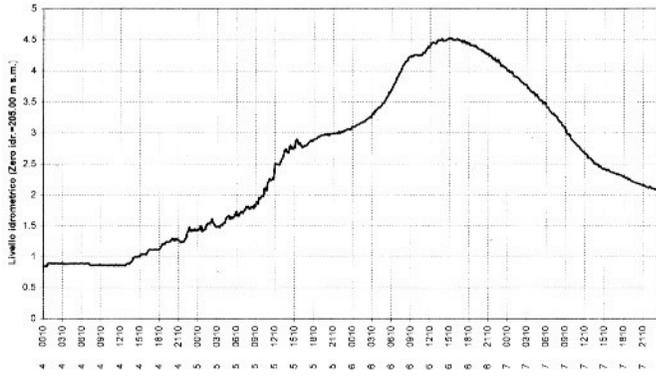


Fig. 37g. Dora Baltea a Mazzè (Sezione valle 2).
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

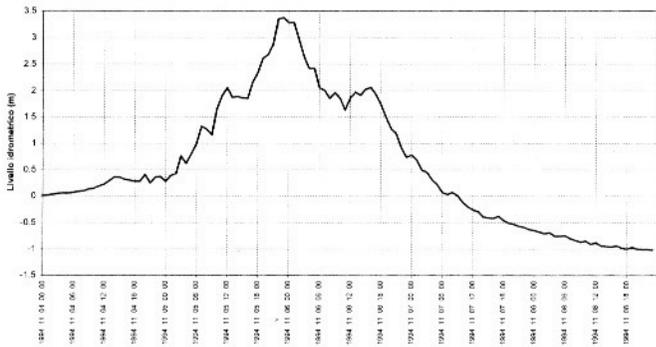


Fig. 37h. Sesia a Borgosesia.
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

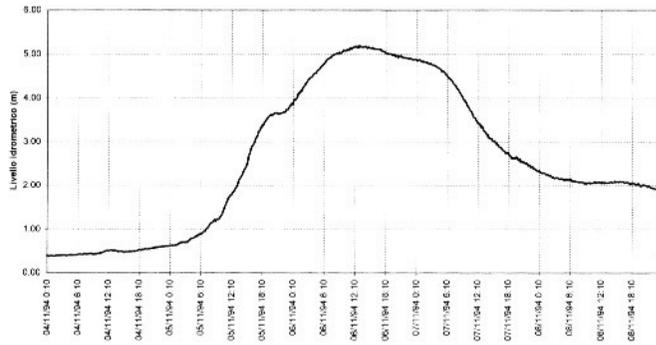


Fig. 37i. Po a Torino.
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

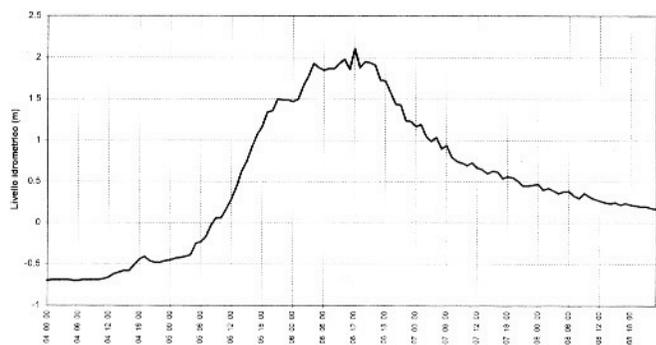


Fig. 37l. Chisone a San Martino.
Idrogrammi dal 4-11-94 al 8-11-94.

628 km²) presentano forti analogie (v. Fig. 37e, 37f, 37g) nella fase di rampa (tra le ore 12 e le 18 del 5 novembre), nella fase di colmo prolungato (della durata di circa 24 ore) e nel carattere di media entità dell'evento di piena (portate al colmo di circa 400 m³/s a S. Martino, 800 m³/s a Lanzo e 90 m³/s a Susa).

Comportamento del tutto analogo hanno presentato gli affluenti in destra del Po, per quanto è stato osservato negli idrogrammi registrati dalle stazioni sul *Maira a Busca* e sul *Varaita a Rossana*.

Bacini del settore settentrionale

La piena del novembre '94 ha provocato nel tratto piemontese della *Dora Baltea* un'onda di entità sostanzialmente analoga a quella del precedente gravosissimo evento del settembre '93, pur essendo generata da una dinamica dei fenomeni completamente diversa.

La piena del settembre '93 ebbe origine da forti precipitazioni localizzate soprattutto sulla Valle d'Aosta, dove si verificò un evento di carattere eccezionale, che fu smorzato all'inizio del tratto piemontese dall'effetto modulatore della stretta di Ivrea e dalle consistenti esondazioni provocate in questo nodo idraulico.

Nel novembre '94 la piena registrata in Valle d'Aosta è stata sensibilmente meno gravosa rispetto all'evento dell'anno precedente: nella stazione di *Tavagnasco* (S = 3313 km²) il livello al colmo nel '94 è stato inferiore di almeno 1 m al colmo del '93, con una riduzione della portata di picco da circa 2000 m³/s nel '93 a circa 1200 m³/s nel '94.

È risultato invece più importante il contributo della porzione piemontese del bacino (torrente Chiusella) che, unito alla minore modulazione dei deflussi provenienti dalla Valle d'Aosta, ha comportato un'onda di piena estremamente gravosa e, come già osservato, del tutto confrontabile con quella prodotta dall'evento eccezionale del 1993.

Nella stazione idrometrica di *Mazzè* (S = 3837 km²) è stato registrato un livello al colmo di 4.5 m (v. Fig. 37h), a cui corrisponde la portata di circa 2200 m³/s.

Nel bacino del *Sesia* è stato osservato un evento di media entità, come evidenzia l'idrogramma registrato nella stazione di *Borgosesia* (S = 695 km²), che presenta una rampa conseguente alla 3^a fase di precipitazione, tra le ore 17 e le 23 del 5-11, con livello al colmo di 3.37 m, a cui corrisponde una portata dell'ordine di 1800 m³/s (v. Fig. 37i).

L'onda di piena è defluita a *Palestro*, a valle di Vercelli, con un colmo di 5.65 m (corrispondenti e di circa 3.200 m³/s) alle ore 7 del 6-11, dopo aver ricevuto rilevanti apporti dal Cervo (superiori a 1000 m³/s).

Asta del Po

L'apporto dei bacini del settore occidentale ha prodotto un'onda di piena a *Torino* (S = 5210 km²) con colmo prolungato tra le ore 6 e le 18 del 6-11, con

valori di picco di 5.20 m e di circa 1800 m³/s (v. Fig. 37i).

A valle di Torino l'onda di piena ha ricevuto i contributi degli affluenti, tra cui sono stati determinanti quelli della *Dora Baltea* e soprattutto del *Tanaro*, che hanno provocato nel tratto in uscita dal territorio regionale condizioni di deflusso eccezionali, confrontabili o superiori a quelle dello storico evento del 1951.

In corrispondenza della stazione di *Isola S. Antonio* (S = 25.313 km²), a valle della confluenza con il *Tanaro*, all'epoca della piena non era attiva l'attuale strumentazione di registrazione. Rilievi successivi hanno consentito di ricostruire un livello al colmo dell'ordine di 12 m, a cui può corrispondere una portata dell'ordine di 10÷11.000 m³/s.

Nella stazione di *ponte Becca*, che comprende i contributi di tutti gli affluenti piemontesi compreso il *Ticino*, è stata valutata una portata al colmo di 11.500 m³/s, defluita il 7 novembre.

Riferimenti statistici e confronto con eventi precedenti

Bacini del settore meridionale

Come già evidenziato, la piena verificatasi lungo l'asta del *Tanaro* costituisce il massimo evento storico osservato, ampiamente superiore all'evento del novembre 1951, che fece registrare portate al colmo dell'ordine di 1500 m³/s a *Farigliano* e di 3500 m³/s a *Montecastello*.

Il tempo di ritorno delle portate valutate per l'evento del 1994, stimato in base a elaborazioni statistiche e di modellistica idrologico-idraulica (pur con gli elementi di indeterminazione connessi con l'applicazione delle procedure di analisi e eventi di questa scala), è superiore a 200 anni nella maggior parte delle sezioni analizzate (con esclusione dei settori occidentali corrispondenti al bacino della *Stura di Demonte*).

Bacini del settore occidentale

Le portate al colmo rilevate in questo settore della rete idrografica piemontese, sono riferibili a un tempo di ritorno dell'ordine di 20 anni.

In questo settore possono essere eseguiti confronti con i seguenti eventi storici:

- giugno 1957, che ha presentato caratteri di maggior gravosità soprattutto sulla *Dora Riparia* (massimo storico a *Torino* con la portata al colmo di 502 m³/s) contro il valore stimabile per la piena del 1994 di 450 m³/s, sul *Maira* e sul *Varaita*;

- maggio 1997, che ha colpito particolarmente il *Pellice* e il *Chisone*, con portate al colmo superiori a quelle del 1994 in entrambi i bacini;

- settembre 1993, estremamente gravoso soprattutto per i bacini dell'*Orco* e della *Stura di Lanzo*, dove sono state rilevate portate più elevate rispetto al 1994: 1.500 m³/s sull'*Orco* a *Spineto* (contro i cir-

ca 400 m³/s stimati per la piena del 1994 mediante misure indirette, non essendo stata riattivata la stazione idrometrica asportata dalla piena del 1993) e 1.200 m³/s sulla Stura di Lanzo a Lanzo, contro circa 800 m³/s valutati per la piena del 1994.

Bacini del settore settentrionale

Si è già osservato come l'evento del 1994 abbia prodotto nel tratto piemontese della Dora Baltea, a valle della confluenza con il Chiusella, effetti paragonabili a quelli del precedente evento del 1993, con portate al colmo estremamente gravose riferibili a un tempo di ritorno dell'ordine di 200 anni.

La piena storica di maggiore gravità dopo i due eventi sopra richiamati si è verificata nell'ottobre 1977, quando è stata rilevata nella stazione di Mazzè una portata al colmo di circa 1700 m³/s.

Sul bacino del Sesia l'evento del 1994 è riferibile, almeno per quanto riguarda la portata al colmo valutata a Borgosesia (S = 695 km²) a un tempo di ritorno dell'ordine di 20 anni.

La piena del 1994 ha presentato carattere di minore gravità rispetto ai massimi eventi storici rilevati sul bacino (portata al colmo di 3100 m³/s a Borgosesia nel settembre 1948 e di 3900 m³/s a Vercelli nel novembre 1968) ed è sostanzialmente confrontabile con l'evento del settembre 1993 (portata al colmo di 2400 m³/s a Borgosesia e di 3400 m³/s a Vercelli).

Asta del Po

La portata al colmo rilevata a Torino (circa 1800 m³/s) corrispondente a un tempo di ritorno di circa 20 anni ed è confrontabile con il valore stimato per la piena del 1951.

La traslazione-composizione dell'onda di piena verso valle ha comportato un progressivo incremento della gravità dell'evento, fino ai valori eccezionali di livello e portata osservati a valle della confluenza con il Tanaro, ai quali può essere fatto corrispondere un tempo di ritorno dell'ordine di 100 anni.

1.6. PREVISIONE DELL'EVENTO E MONITORAGGIO

I sistemi di controllo e gestione dei rischi idrogeologici prevedono due momenti ben definiti: la previsione meteorologica ed il monitoraggio; inoltre nell'ambito del monitoraggio è necessario poter stabilire un confronto della situazione in atto con situazioni pregresse per prevedere gli effetti indotti dall'evoluzione dei fenomeni meteorologici: tale necessità è stata tra gli obiettivi di base che hanno caratterizzato sin dall'inizio degli anni ottanta, l'attività del Servizio geologico regionale, avviando la realizzazione di una rete di monitoraggio meteoidrometrico in telemisura in tempo reale, e l'allestimento della Sala Situazione Rischi Naturali per la gestione operativa, elaborazio-

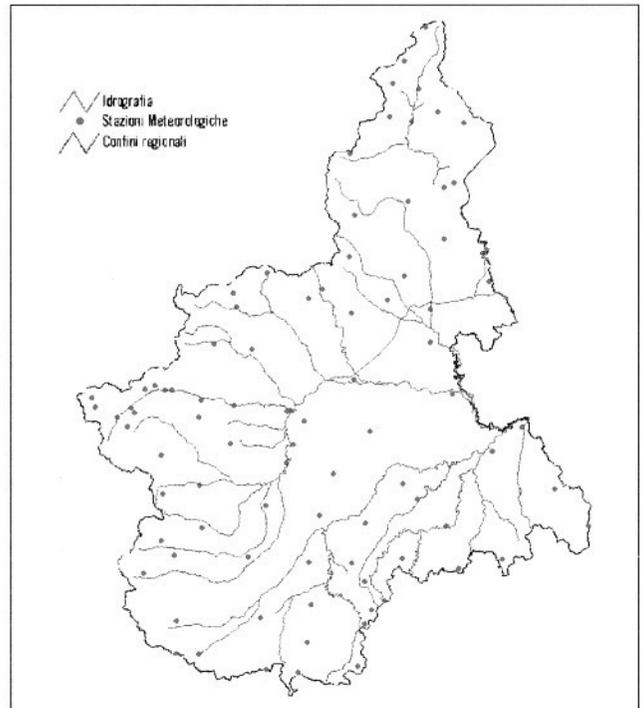


Fig. 38. Stazioni meteorologiche della Regione Piemonte esistenti nel 1994.

ne e distribuzione dei dati, con particolare attenzione all'individuazione di situazioni di criticità.

La Legge Regionale 3 settembre 1986 n. 41 *Disciplina degli interventi regionali in materia di protezione civile* ha inserito tra gli interventi del Piano regionale le funzionalità della Sala Situazione Rischi Naturali, anticipando un ruolo specifico che sarà riconosciuto dalla legge 24 febbraio 1992 n. 225 – istituzione del Servizio nazionale della Protezione civile – che dispone la predisposizione ed attuazione di programmi regionali di previsione e prevenzione, organizzando a tale scopo i propri uffici ed allestendo le strutture necessarie, e prevedendo tra queste la realizzazione e gestione delle reti di monitoraggio e dei modelli previsionali.

In tale direzione l'attività operativa della sala si è avviata con gli eventi alluvionali del 1993, a seguito dei quali si è contestualmente realizzato un importante potenziamento della rete di monitoraggio. Nell'autunno del 1994 la rete era composta da 91 stazioni di rilevamento (fig. 38), mentre, per quanto riguarda il supporto meteorologico, due convenzioni, stipulate con il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e con l'ENEL Ricerche permettevano di disporre di una sufficiente base di prodotti di tipo previsionale. In particolare si stava avviando con quest'ultima una fruttuosa collaborazione destinata ad adattare al territorio piemontese i prodotti provenienti dall'ECMWF (Centro Europeo per le Previsioni a Medio Termine) e del proprio modello ad area limitata LAM MEPIHISTO. Tale modello nella versione allora operativa suddivideva l'area Piemontese in tre settori (Alpi Cozie e Marittime, Alpi Pennine e Lepontine, Pianura Occidentale) per ognuno dei quali si fornivano le previsioni quantitative di precipitazione per

le 72 ore successive suddivise in intervalli di 12 ore.

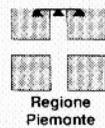
La previsione emessa il giorno 2 novembre indicava già, per la zona delle Alpi Cozie e Marittime, la persistenza di precipitazioni «forti» (comprese tra 10 e 50 mm in 12 ore) per tutto il periodo successivo a partire dalle ore 00 del 3; tale previsione veniva ulteriormente aggravata dall'aggiornamento del giorno successivo (3 novembre), nel quale si prospettavano due situazioni di precipitazioni «eccezionali» (oltre 50 mm in 12 ore) tra le 12.00 del 5 e le 12.00 del 6. Negli stessi giorni le previsioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica prevedevano «nuvolosità in intensificazione con locali precipitazioni per venerdì 4 e nuvoloso con precipitazioni sparse, isolatamente a carattere temporalesco» (Bollettino del Servizio Meteorologico del 2 novembre); «da molto nuvoloso a coperto, con precipitazioni diffuse sulle Alpi centro occidentali» per sabato 5 ed «intensificazione della nuvolosità con precipitazioni anche di forte intensità» per domenica 6 (Bollettino di previsioni a medio termine del 3 novembre).

Su tali basi il Bollettino ordinario emesso dalla Sala Situazione Rischi Naturali il 3 novembre, prevedeva per tutto il periodo di validità (dal 4 al 6 novembre)

precipitazioni generalmente di forte intensità sui settori alpini e segnalava in particolare come «*su quelli centro meridionali le precipitazioni potranno essere di eccezionale intensità*». Tale situazione induceva i responsabili del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico e della Sala Situazione Rischi Naturali a diffondere alle strutture esecutive e tecniche dell'Amministrazione regionale un bollettino meteorologico straordinario, che riprendendo i contenuti previsionali forniva indicazioni sulla possibilità di «*dissesti di carattere idrogeologico sull'Appennino ligure-piemontese, e sul settore alpino dalla Valle Tanaro alle Valli di Lanzo che potranno richiedere uno stato di allertamento degli Enti e delle Amministrazioni preposte a funzioni di protezione civile*» (Fig. 39). Tale situazione è stata successivamente confermata e meglio precisata nell'aggiornamento del 4 novembre.

A partire da tale data, in cui si segnalavano le prime precipitazioni, l'intera evoluzione del fenomeno è stata seguita in tempo reale presso la Sala Situazione Rischi Naturali, mantenendo il presidio con copertura h 24 sino al lunedì 7 novembre, diffondendo periodici bollettini di aggiornamento della situazione meteo-

**ASSESSORATO DIFESA DEL SUOLO
SETTORE PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO
METEOROLOGICO E SISMICO
RETE METEORIDROGRAFICA**



Al Presidente della Giunta Regionale

All'Assessore al Turismo, Sport,
Tempo Libero e Tutela del Suolo

Al Settore Gabinetto
della Presidenza

Al Servizio Protezione Civile

Al Settore OO.PP.
e Difesa del Suolo

RISPETTIVE SEDI

BOLLETTINO METEOROLOGICO STRAORDINARIO DEL 03/11/94 ore 16,30

Sulla base delle informazioni meteorologiche acquisite presso la Sala Situazione Rischi Naturali del Settore Prevenzione del Rischio Geologico si prevede per il fine settimana una progressiva diminuzione della pressione, mentre un flusso di correnti Sud-occidentali di aria umida ed instabile di origine africana interesserà la nostra regione.

Le precipitazioni, inizialmente diffuse e a carattere temporalesco, si intensificheranno progressivamente nella giornata di sabato, fino a raggiungere, tra le giornate di sabato e di domenica, intensità tali da provocare possibili dissesti di carattere idrogeologico sui settori alpini centro-meridionali della regione, in particolare sull'Appennino ligure-piemontese e dalla Valle Tanaro in provincia di Cuneo fino alle Valli di Lanzo in provincia di Torino; le precipitazioni sono previste a carattere nevoso oltre i 2400-2700 m.

La particolare situazione meteorologica potrà richiedere uno stato di allertamento degli Enti e delle Amministrazioni preposte a funzioni di protezione civile.

Un aggiornamento della situazione sarà fornito nella giornata di domani, venerdì 4 novembre.

BOLLETTINO METEOROLOGICO
Diffusione: segreteria telefonica 011-318.55.55 (Torino) 0324-48.12.01 (Novara) 0163-27.027 (Vercelli)
0171-66.323 (Cuneo)
teletext: sulle emittenti piemontesi Quartarete, Telecupole, Telestudio, Rete 7 Piemonte, Tele VCO

Fig. 39. Bollettino meteorologico straordinario emesso dalla Sala Situazione Rischi Naturali il 3 novembre.

rologica e idropluviometrica dell'evento durante le giornate del 5, del 6 e del 7 e proseguendo con attività straordinaria durante i giorni successivi allo scopo di assistere con il supporto previsionale le attività dell'Unità di Crisi Regionale, costituita con ordine di Servizio del Presidente della Giunta Regionale per le fasi di soccorso e di avviamento della ricostruzione.

Durante i procedimenti giudiziari celebratisi nel periodo susseguente all'alluvione si è molto indagato e dibattuto sulle modalità di previsione e sul funzionamento del sistema di allertamento e di comunicazione. Le conclusioni rivelano una sostanziale esattezza sulla previsione dell'evento, mentre sono apparse evidenti le limitatezze del sistema di allertamento, sia dal punto di vista istituzionale, sia soprattutto dei sistemi di comunicazioni e dei collegamenti.

La previsione infatti è risultata precisa, annunciata con congruo anticipo e stabile man mano che ci si avvicinava all'evento; l'entità della precipitazione nell'area colpita ha corrisposto alla previsione di eccezionalità; alla previsione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica è riconosciuta una buona stima se non dell'intensità, almeno della durata, fattore di estrema importanza per il conseguimento degli elevati livelli cumulati, intensità invece prevista nella sua «*eccezionalità*» dal bollettino della Regione Piemonte.

Il rilievo principale a proposito dei messaggi previsionali emessi ha sottolineato la difficoltà rappresentata dalla trasposizione in un testo in chiaro di avviso, di una previsione numerico quantitativa, con le conseguenti differenti possibilità di interpretazione e attivazione delle conseguenti azioni di salvaguardia.

Se la previsione meteorologica sostanzialmente ha funzionato, ad evento iniziato una previsione più sicura del suo svolgimento sarebbe stata possibile sulla base delle indicazioni idrografiche, ma nella realtà dei fatti tale azione non si è realizzata, sostanzialmente per la carenza di strumentazioni adeguate e dei conseguenti ruoli operativi.

Ad una suddivisione proposta su basi scientifiche dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R. dei bacini in base alla loro dimensione, per un bacino quale il Tanaro, classificato come bacino medio-grande (esteso da qualche centinaio a qualche migliaio di km², generalmente classificato) si associano le basi di riconoscimento e preannuncio di situazioni di emergenza, derivate dall'impiego combinato di precursori meteorologici associati a precursori di monitoraggio pluviometrico ed idrometrico, nonché gli ambiti di intervento e gestione delle fasi di emergenza.

Lungo il corso del Tanaro era presente il solo idrometro di Farigliano, subito asportato dall'onda di piena e la stazione di misura regionale per il controllo della qualità delle acque di Alba, collegata in telemisura tramite linea telefonica, di recente installazione su di una sezione ancora priva di una collaudata scala di deflusso.

Alla Sala Situazioni pervenivano solamente in tem-

po reale le indicazioni relative alle misure delle precipitazioni rilevate dalla Rete Regionale, mentre le indicazioni sui deflussi erano fornite solamente tramite gli aggiornamenti periodici elaborati da Risorse Idriche S.p.A. nell'ambito della gestione della rete regionale idrometrica e della qualità delle acque. Analoga era la situazione sugli altri corsi d'acqua interessati dall'evento, in particolare del Torinese (t. Banna, t. Sangone). La Sala era a sua volta collegata stabilmente solo con le strutture tecniche e di protezione civile regionali. Collegamenti di emergenza sono stati attivati con gli organismi nazionali (Servizi Tecnici Nazionali, Protezione Civile, Magistrato per il Po) e locali (Prefetture, C.O.M.), spesso resi discontinui e precari per il collasso delle linee telefoniche.

La triste esperienza dell'alluvione è stata il punto di partenza per l'organizzazione del sistema regionale di allertamento: la rete meteopluiometrica è stata potenziata, con criteri di regionalizzazione e di controllo puntuale di situazioni di rischio; così la rete idrometrica, tramite l'installazione di nuovi sensori o il collegamento in teletrasmissione di quelli esistenti.

La Sala Situazione Rischi Naturali è diventata il punto di riferimento per le strutture regionali, secondo quanto stabilito dal Disciplinare Interno relativo alle procedure operative da attivarsi dai settori regionali durante l'emergenza, approvato dall'Unità di Crisi regionale. Essa è il punto cui fanno capo i terminali dei sistemi di monitoraggio nazionali della rete del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, cui la Rete regionale fornisce il contributo informativo territoriale prevalente per il sistema informativo nazionale, secondo quanto stabilito da un apposito protocollo d'intesa stipulato il 24-4-1996) e del Dipartimento per la Protezione Civile, ed è il riferimento per previsione meteorologica e monitoraggio previsto dalla Direttiva del Dipartimento per la Protezione Civile relativa alle procedure di intervento in caso di emergenza per protezione civile del Dicembre 1995.

Un particolare impulso è giunto dalle collettività locali che hanno colto il proprio ruolo primario per la gestione territoriale delle emergenze, basato sulla pronta disponibilità dei dati di monitoraggio in una visione integrata a livello di bacino, garantita dal collegamento con il centro regionale di coordinamento, elaborazione e diffusione delle informazioni.

La Rete Meteoidrografica è così cresciuta in modo integrato con il concorso delle collettività locali: la Comunità Montana Alta Valle Tanaro, la Comunità Montana Valli Monregalesi, le Città di Mondovì, Alba, Bra, Asti, Alessandria, l'Autostrada Torino-Savona, il Consorzio dei Comuni del Belbo, hanno contribuito ciascuno sul territorio di rispettiva competenza, alla crescita del sistema, creando i propri centri locali di monitoraggio integrati per un riferimento operativo in tempo reale per la gestione delle situazioni di emergenza, in grado di operare con autonomia le azioni di assistenza alle locali forze di protezione civile e di programmare con l'assistenza regionale le azioni di prevenzione loro assegnate.

Il bacino del Tanaro è oggi un modello unico ed

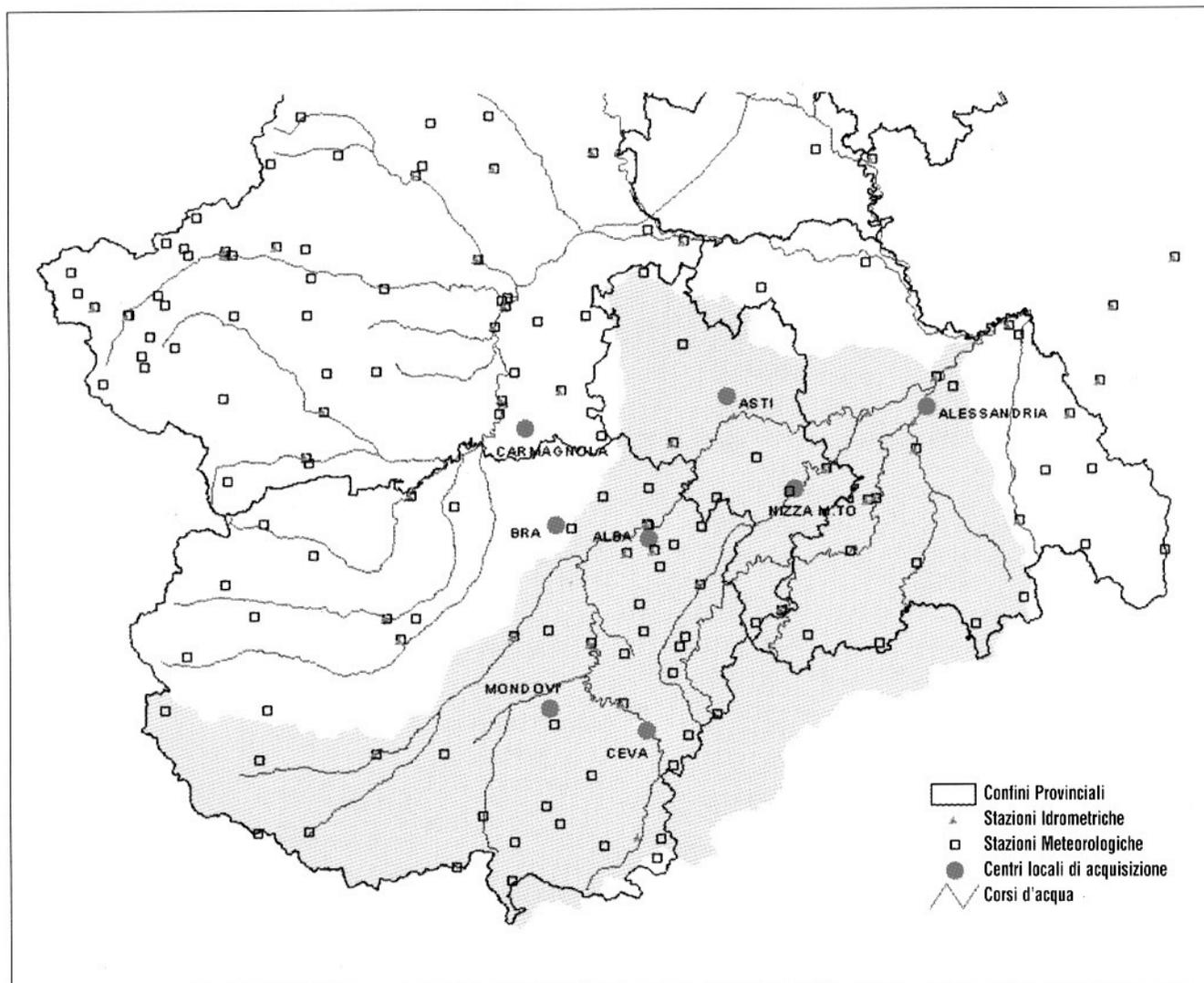


Fig. 40. La rete di monitoraggio del Tanaro nel 1998.

all'avanguardia, da portare ad esempio sia organizzativo che metodologico. Al suo interno si contano 52 stazioni meteorologiche, di varia configurazione, dalle semplici stazioni termopluviometriche alle stazioni di rilevamento complete installate secondo le norme OMM alle stazioni nivometriche di alta quota, 18 stazioni idrometriche (lungo l'asta principale e sui suoi affluenti più estesi Stura di Demonte, Bobore, Belbo, Bormida o più problematici per situazioni locali, Talloria, Cherasca), afferenti ad 8 centri locali di monitoraggio (Fig. 40).

Il sistema regionale di allertamento, copre con cadenza quotidiana le esigenze di previsione meteorologica interpretata in chiave idrogeologica di indicazione degli effetti attesi sul territorio sulla base delle specifiche caratteristiche locali di vulnerabilità, mentre la Sala Situazione Rischi Naturali è organizzata per assicurare H 24 il supporto di alimentazione ed aggiornamento dei dati, coordinandone la diffusione e l'interpretazione da parte dei centri locali ed assicurando i collegamenti con le strutture interregionali operanti a livello di bacino padano e nazionali.

L'obiettivo è quello di fornire, tramite la cono-

scenza dei fenomeni e la diffusione della stessa, un contributo decisivo alle azioni di prevenzione dei danni in particolare riferiti alla salvaguardia della vita e delle attività umane.

Riferimenti bibliografici

BOSSOLASCO M., DAGNINO I., FLOCCHI G., 1970: *Analisi delle condizioni meteorologiche responsabili della alluvione del 1-3 novembre 1968 sul Piemonte*, in "Geografia e Meteorologia - Bollettino della Società Italiana di Geografia e Meteorologia", Volume XIX, n. 1-2, pp. 25-33.

BRATH A., ROSSO R., 1995: *La valutazione delle piene nel bacino padano nella Liguria tirrenica*, in: *Valutazione delle Piene*, CNR-GNDCI, Roma

GIUFFRIDA G., 1971: *L'evento alluvionale del 2-3 novembre 1968 in Piemonte*, in "Annali Idrologici - Parte seconda", Ministero dei Lavori Pubblici, Roma.

HOSKING J.R.M., WALLIS J.R., 1985: *The effect of inter-site dependence on regional flood frequency analysis*, EOS, 66(46), p. 906.