



N. E9

# CLIMAREPORT

**EXTRA** Südtirol - Alto Adige

**Evento di piena,  
frane e colate  
detritiche**

**Hochwasser-,  
Erdrutsch- und  
Murenereignis**

**14.-16.11.2002**



## Presentazione dell'evento

L'evento di precipitazione che ha causato la piena del novembre 2002 ha avuto una durata complessiva di 3 giorni (dal 14 al 16 novembre).

Le aree maggiormente interessate dalle precipitazioni e colpite dai dissesti idrogeologici sono risultate la Val d'Ultimo, la Val Passiria, la bassa Val Venosta e l'alta Val d'Isarco (vedi Fig. 1.1 ed 1.2). Sono stati registrati danni diffusi alle infrastrutture viarie con numerose interruzioni della circolazione nelle zone maggiormente colpite. Gli abitati di Solda, Moso in Passiria e S. Pancrazio sono rimasti a lungo isolati.



*Fig. 1.1 Piena del Passirio presso Rifiano.*  
*Abb. 1.1 Hochwasser der Passer bei Riffian.*

Particolarmente significative sono state una colata di detriti che ha interessato l'abitato di Naturno ed ha costretto all'evacuazione di oltre 200 persone, una frana staccatasi a monte della frazione di Ladurns in Val di Fleres, nonché tutta una serie di eventi minori, colate detritiche e frane superficiali anzitutto, che hanno interessato principalmente la Val d'Ultimo e la Val Passiria.

L'evento di Naturno ha avuto luogo la sera del 16 novembre e si è trattato di un debris flow generato dall'occlusione del rio di Foresta a seguito di un evento franoso di sponda con successiva mobilitazione del materiale depositatosi in alveo per effetto della piena del rio stesso. La colata è stata peraltro ulteriormente alimentata in maniera significativa dalla erosione del letto del corso d'acqua, fenomeno documentato da scavi profondi fino a 10 - 12 m e larghi fino a 30 - 40 m (vedi Fig. 1.3). Il volume di materiale coinvolto è stato stimato in 150.000 m<sup>3</sup>, un terzo dei quali si è depositato in un bacino di trattenuta appositamente realizzato. Tale bacino ha quindi risposto in maniera ottimale impedendo alle granulometrie maggiori di essere trasportate fino a valle.

## Einleitung zum Ereignis

Der Niederschlag, der das Hochwasser im November 2002 verursacht hat, ist innerhalb von 3 Tagen gefallen (14. - 16. November).

Die von den Niederschlägen und den damit verbundenen Folgeerscheinungen am meisten betroffenen Gebiete waren das Ultental, das Passeiertal, der untere Vinschgau und das Wipptal (siehe Abb. 1.1 und 1.2). Viele Infrastrukturen wurden beschädigt und in den betreffenden Gebieten kam es zu zahlreichen Straßensperren. So waren etwa Sulden, Moos in Passeier und St. Pankraz zeitweise nicht zu erreichen.



*Fig.1.2 Piena del Valsura presso Lana.*  
*Abb. 1.2 Hochwasser der Valschauer bei Lana.*

Die größten Schäden verursachten eine Mure in Naturns, die zur Evakuierung von 200 Menschen geführt hat; eine Hangrutschung oberhalb der Fraktion Ladurns im Pflerschtal und mehrere kleinere Ereignisse, Muren und oberflächige Rutschungen, die hauptsächlich im Ulten- und Passeiertal abgegangen sind.

Der Murenabgang bei Naturns hat sich am Abend des 16. Novembers ereignet. Dabei handelte es sich um eine Mure, die durch das Aufstauen des Oberlaufes des Waldbachs, hervorgerufen durch Hangrutschungen, und der folgenden Materialmobilisierung durch das Hochwasser verursacht wurde. Zudem erodierte der Bach im Oberlauf sein Bett und nahm sehr viel Material mit. Zum Teil entstanden in diesem Bereich 10 - 12 m tiefe und bis zu 30 - 40 m breite Gräben durch die Tiefenerosion des Baches (siehe Abb. 1.3). Die Mure wurde auf ein Gesamtvolumen von ungefähr 150.000 m<sup>3</sup> geschätzt. Ein Drittel davon wurde im bestehenden Geschiebebecken abgelagert. Dieses Becken hat sich als sehr nützlich erwiesen, da es einen Weitertransport von großen Gesteinsmassen talwärts verhinderte.



**Fig. 1.3** Scavo in alveo del rio di Foresta.  
**Abb. 1.3** Tiefenerosion im Bett des Waldbaches.



**Fig. 1.4** Alluvionamento dell'abitato di Naturno.  
**Abb. 1.4** Überflutung von Naturns.

Nel caso della frana verificatasi in Val di Fleres la sera del 16 novembre nei pressi della stazione a valle della seggiovia di Ladurns, si è trattato di uno scivolamento gravitativo che ha coinvolto complessivamente circa 300.000 m<sup>3</sup> di materiale (vedi Fig. 1.5 ed 1.6). Solo in minima parte i fronti più avanzati della frana si sono trasformati in colate detritiche con interessamento della frazione di Ladurns e conseguente evacuazione di tre case.

Bei der Rutschung, die sich am Abend des 16. November in Pflersch bei der Talstation des Sessellifts Ladurns ereignet hat, handelte es sich um eine Bewegung von ungefähr 300.000 m<sup>3</sup> Material (siehe Abb. 1.5 und 1.6). Nur ein kleiner Teil der Rutschungsfront hat sich zu Murstößen weiterentwickelt. Davon war die Fraktion Ladurns betroffen und es mussten drei Häuser evakuiert werden.



**Fig. 1.5** Zona di distacco della frana in Val di Fleres  
**Abb. 1.5** Abrissbereich der Rutschung im Pflerschtal.



**Fig. 1.6** Deposito di fango e detriti sulla vasca di carico interrata dell'acquedotto di Colle Isarco.  
**Abb. 1.6** Ablagerung von Schlamm und Geröll über dem unterirdischen Trinkwasserbecken von Gossensaß

## Evoluzione sinottica

Una vasta bassa pressione è posizionata sull'Atlantico davanti alle coste europee. Il centro della depressione si trova sia in quota che al suolo (figure 2.1a e 2.1c) sull'Irlanda. Essa si estende dalla Scandinavia meridionale fino al Marocco. In questo modo anche la saccatura in quota e il sistema frontale ad essa connesso, si estendono dall'Africa nordoccidentale fino alla Danimarca, attraversando tutto il Mediterraneo occidentale, le Alpi e la Germania. L'occlusione si trova sulla Danimarca. Sulla parte anteriore della perturbazione masse d'aria calda di origine subtropicale vengono trasportate verso nord attraverso il Mediterraneo e sulle Alpi iniziano i primi effetti dello Stau. Sulla carta di pressione al suolo si vede un primo cuscinio di alta pressione a sud delle Alpi (una zona di pressione leggermente più alta, in figura 2.1c si vede un naso di Föhn), nelle zone di Stau da sud della Val d'Ultimo iniziano delle deboli precipitazioni. Lo Stau viene evidenziato anche dal forte gradiente di pressione fra sud e nord delle Alpi (Fig. 2.6 si vede che il gradiente di pressione è già di 5-10 hPa). Questo gradiente è responsabile delle forti correnti da sud-ovest in quota (Fig. 2.5a). Il fronte freddo sulle Alpi occidentali non è ancora molto pronunciato, le Alpi orientali invece si trovano ancora nel settore caldo della perturbazione (la zona di aria calda compresa fra fronte caldo e freddo). Le temperature salgono in quota lentamente (Fig. 2.1b). Sulla parte posteriore della saccatura masse di aria fredda polare raggiungono le zone subtropicali (Fig. 2.1b).

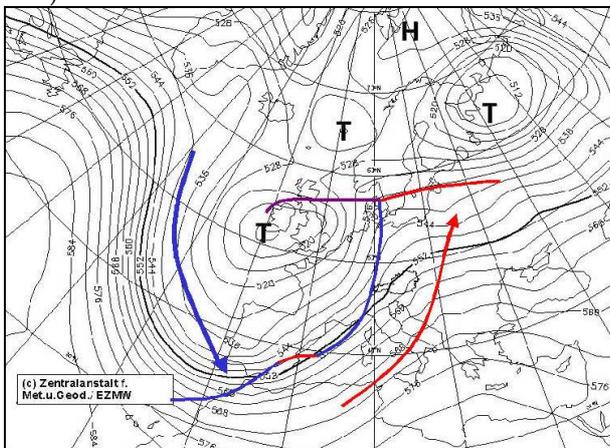


Fig. - Abb. 2.1a

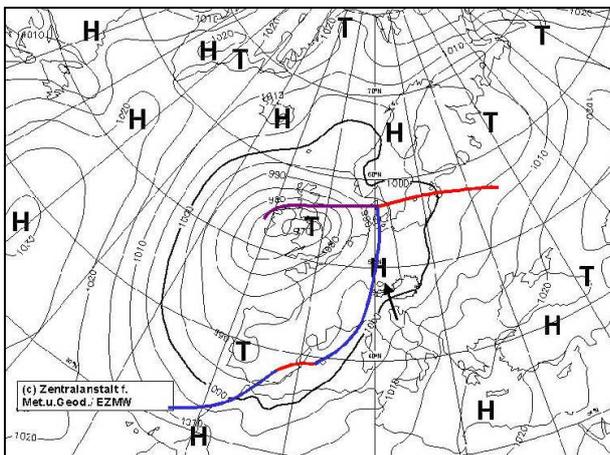


Fig. - Abb. 2.1c

## Synoptische Entwicklung

Ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet liegt vor der Europäischen Atlantikküste. Sein Zentrum befindet sich in der Höhe und am Boden (Abb. 2.1a bzw. Abb. 2.1c) über Irland. Seine Ausdehnung reicht von Südkandinavien über Großbritannien bis nach Marokko, und damit erstreckt sich auch die Trogvorderseite und das dazugehörige Frontensystem von Nordwestafrika aus über das westliche Mittelmeer, die Westalpen, Deutschland bis nach Dänemark (Okklusionspunkt der Fronten). An der Vorderseite wird warme subtropische Luft mit der südwestlichen Höhenströmung nach Norden über das Mittelmeer transportiert und es treten im Alpenraum bereits die ersten Staueffekte auf: im Bodendruckfeld entsteht ein leichter Druckpolster südlich der Alpen (Zone leicht erhöhten Luftdrucks in Abb. 2.1c, Föhnnahe ist angedeutet) und in den Staulagen des Ultentales beginnen ganz geringe Niederschläge. Deutlich wird der Südstau auch im bereits sehr starken Druckgradienten (Druckunterschied 5-10 hPa, Abb. 2.6) zwischen der Alpennord- und Südseite, der auch für den starken Südwestwind in der Höhe verantwortlich ist (Abb. 2.5a). Die Kaltfront über den Westalpen ist noch nicht stark ausgeprägt, die Ostalpen liegen im Warmsektor (warme Luft zwischen Warm- und Kaltfront). Die Temperaturen in der Höhe steigen leicht an (Abb. 2.1b) und auf der Trogrückseite erreichen kalte polare Luftmassen subtropische Breiten (Abb. 2.1.b).

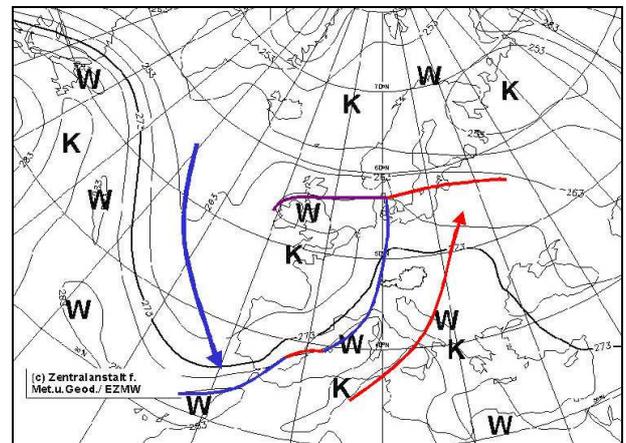


Fig. - Abb. 2.1b

ECMWF Analysedaten vom 14.11.02, 12 UTC

Analisi ECMWF del 14/11/02 alle 12 UTC

2.1a) Höhe der 500 hPa Fläche

Altezza del geopotenziale a 500 hPa

2.1b) Äquivalent potentielle Temperatur

Temperatura potenziale equivalente

2.1c) Bodendruckfeld

Pressione ridotta al livello del mare

Warmfront - Fronte caldo

Kaltfront - Fronte freddo

Okklusion - Occlusione

→ Kaltluftadvektion - Avvezione fredda

→ Warmluftadvektion - Avvezione calda

→ Druckgradient - gradiente barico

A causa di questa avvezione di masse di aria fredda sulla Spagna e sul Marocco il sistema frontale inizia ad ondularsi leggermente sulla costa mediterranea spagnola, ma questa ondulazione non si sviluppa ulteriormente. Il 15 novembre l'occlusione sulla Scandinavia e sulle isole Britanniche si dissolve, lasciando pochi resti. Il fronte freddo, che si estende ora dal Nordafrica fino alle Alpi, è disposto parallelamente rispetto alle correnti in quota, muovendosi così solo lentamente verso est. Tale fronte ricomincia poi a svilupparsi insieme ad un fronte caldo. Un ruolo importante in questo processo è costituito dall'avvezione di masse di aria fredda sulla parte occidentale della saccatura in quota e dal fatto che la depressione in quota non è più chiusa (si confronti la Fig. 1a con la Fig. 2.2a). Inoltre si riconosce che davanti alla saccatura le correnti sono ruotate da sudovest a direzioni più meridionali e rafforzate (perché le isolate sono più vicine). Queste correnti trasportano masse d'aria calda, che sulla strada assorbe umidità dal mar Mediterraneo, molto a nord (Fig. 2.2a). Lo Stau si rafforza, cosa riconoscibile dall'accentuato cuscinio di alta pressione sul Norditalia, le masse d'aria si muovono dall'alta pressione locale H a sud verso la bassa pressione T a nord delle Alpi (naso da Föhn) della Fig. 2.2c. Il gradiente di pressione (Fig. 2.6) si mantiene sempre superiore di 6 hPa.

Durch diese starke Kaltluftzufuhr über Spanien und Marokko entsteht eine leichte Verwellung des Frontensystems über der Spanischen Mittelmeerküste, die sich in der Folge aber nicht weiterentwickelt. Am 15.11. löst sich die Okklusion über Südkandinavien und den Britischen Inseln auf, bzw. sind nur noch Reste davon übrig. Die Kaltfront, die nur mehr von Nordafrika bis zu den Alpen reicht, liegt parallel zur Höhenströmung (Abb. 2.2a) und kommt dadurch kaum nach Osten voran. Sie beginnt sich mit der Warmfront neu zu formieren. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Zufuhr kalter Luft auf der Rückseite des Troges und dass das Tief in der Höhe nicht mehr abgeschlossen ist (vergl. Abb. 2.2a und Abb. 2.1a). Außerdem erkennt man an der Vorderseite eine Drehung der Strömung von Südwest auf weiter südliche Richtung und ihre langsame Verstärkung (die Linien liegen in Abb. 2.2a enger beieinander). Mit ihr wird warme Luft, die auf ihrem Weg über das Mittelmeer noch Feuchte aufgenommen hat, weit nach Norden transportiert (Abb. 2.2a). Der Stau verstärkt sich, erkennbar auch am nun schon deutlich ausgeprägten Druckpolster über Norditalien. Die Strömung in Bodennähe erfolgt vom lokalen H südlich zum lokalen T nördlich der Alpen (Föhnase) in Abb. 2.2c. Der Druckgradient (Abb. 2.6) ist nun immer größer als 6 hPa.

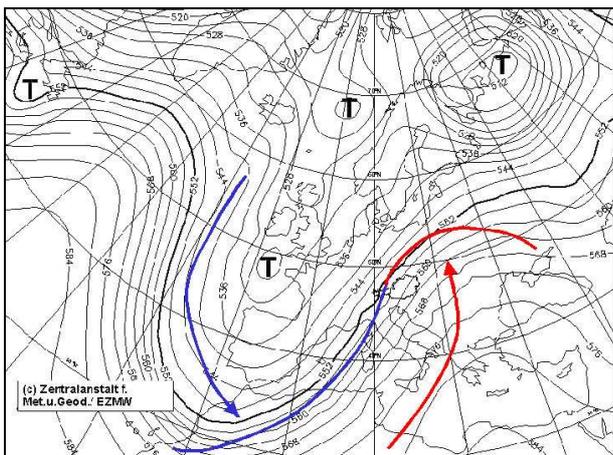


Fig. - Abb. 2.2a

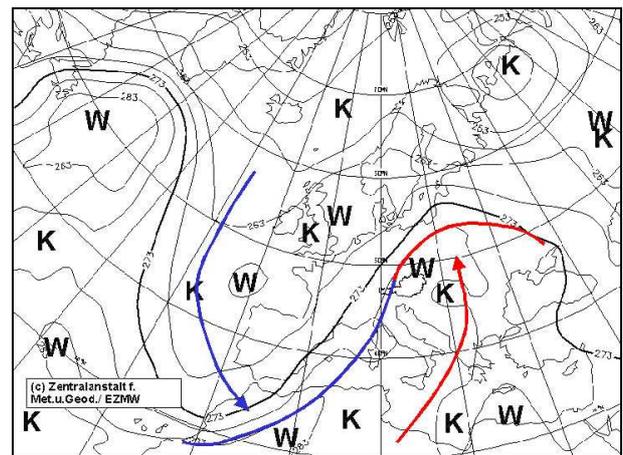


Fig. - Abb. 2.2b

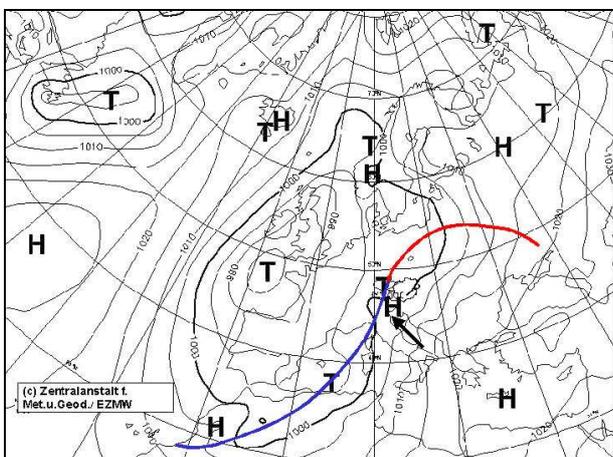


Fig. - Abb. 2.2c

ECMWF Analysedaten vom 15.11.02, 12 UTC

Analisi ECMWF del 15/11/02 alle 12 UTC

2.1a) Höhe der 500 hPa Fläche

Altezza del geopotenziale a 500 hPa

2.1b) Äquivalent potentielle Temperatur

Temperatura potenziale equivalente

2.1c) Bodendruckfeld

Pressione ridotta al livello del mare

Warmfront - Fronte caldo

Kaltfront - Fronte freddo

Okklusion - Occlusione

→ Kaltluftadvektion - Avvezione fredda

→ Warmluftadvektion - Avvezione calda

→ Druckgradient - gradiente barico

A sud delle Alpi iniziano forti precipitazioni, mentre a nord di esse si verifica una tempesta di Föhn con velocità ben superiori a 100 km/h, che porta ingenti danni nelle regioni del Tirolo e di Salisburgo. A causa dell'avvezione di masse di aria fredda sul Nordafrica si formano le forti temporali con tempeste di sabbia. La sabbia viene portata ad alta quota e in seguito inserita nelle forti correnti in quota da sud. Masse d'aria fredda di origine polare sono presenti su tutta l'Europa occidentale fino al Nordafrica, aria molto mite di origine subtropicale si estende invece dalla Tunisia fino all'Europa nordorientale passando per il Mare Adriatico (Fig. 2.3b). In questa fase sull'Adriatico spira un forte vento da sudest (Scirocco, Yugo) che provocano anche il fenomeno dell'acqua alta a Venezia (Fig. 2.3c). Inoltre esso impedisce al fronte freddo di muoversi verso est, si nota che a mezzogiorno esso è addirittura indietreggiato verso ovest. In questo modo il fronte non si trova più parallelo alle correnti in quota (Fig. 2.3a). I suoi effetti sono quindi maggiori e il fronte si muoverà in seguito più velocemente verso nord-est. Il fronte caldo inizialmente si muove appena, l'aria sopra l'Alto Adige inizialmente si riscalda e il limite delle nevicite sale fino a circa 2400 m (Fig. 2.5a). Il punto di occlusione dei fronti si trova ad ovest dell'Alto Adige (luogo dove in tale fase si verificano le precipitazioni più intense).

Südlich der Alpen beginnen zu diesem Zeitpunkt die heftigen Regenfälle, im Norden dagegen weht ein Föhnsturm mit Geschwindigkeiten jenseits von 100 km/h, welche besonders in Tirol und Salzburg große Schäden anrichtet. Durch die Kaltluftzufuhr über Nordafrika entstehen dort heftige Gewitter mit Sandstürmen. Der Sand wird in die Höhe gerissen und in der Folge in die Südströmung eingelagert. Kalte polare Luftmassen liegen über ganz Westeuropa bis nach Nordwestafrika, sehr milde, subtropische Luft reicht hingegen von Tunesien über die Adria bis nach Nordosteuropa (Abb. 2.3b). In dieser Phase, am 16. November, weht über der Adria ein starker Südostwind (Scirocco, Yugo) und sorgt für Aqua Alta in Venedig (Abb. 2.3c). Zusätzlich hindert er die Kaltfront bis Mittag nach Osten weiterzuziehen, sie wird im Bereich von Oberitalien sogar leicht nach Westen zurückgedrängt. Dadurch liegt sie in diesem Bereich auch nicht mehr parallel zur Strömung in der Höhe (Abb. 2.3a). Ihre Wirkung wird deutlich stärker und sie kommt schneller nach Nordosten voran. Die Warmfront bewegt sich vorerst kaum, die Luft über Südtirol wird sogar noch einmal wärmer und die Schneefallgrenze steigt auf etwa 2400 m (Abb. 2.5b). Der Okklusionspunkt der Fronten kommt knapp westlich von Südtirol zu liegen (gleichzeitig auch der Ort, wo es am meisten Niederschläge gibt).

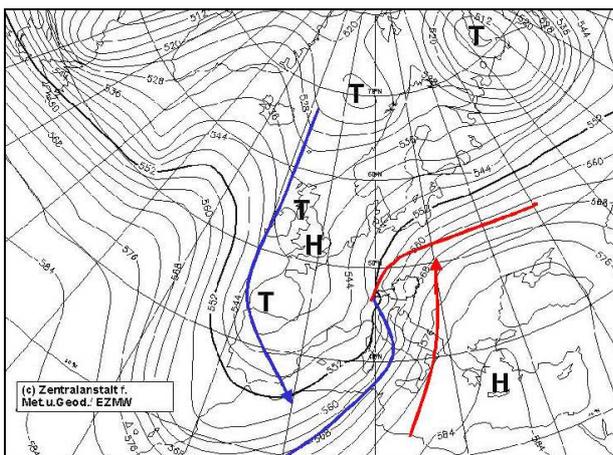


Fig. - Abb. 2.3a

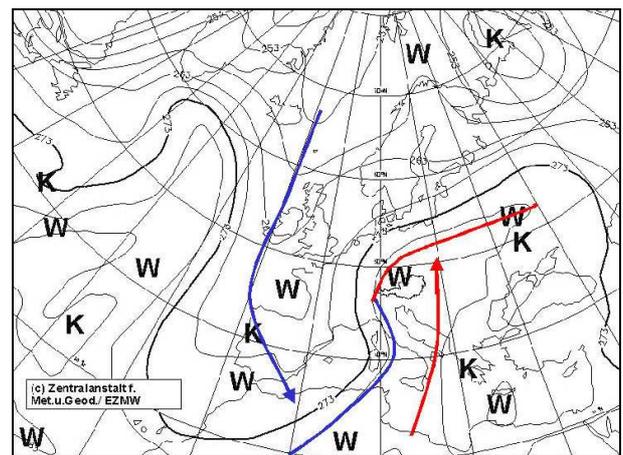


Fig. - Abb. 2.3b

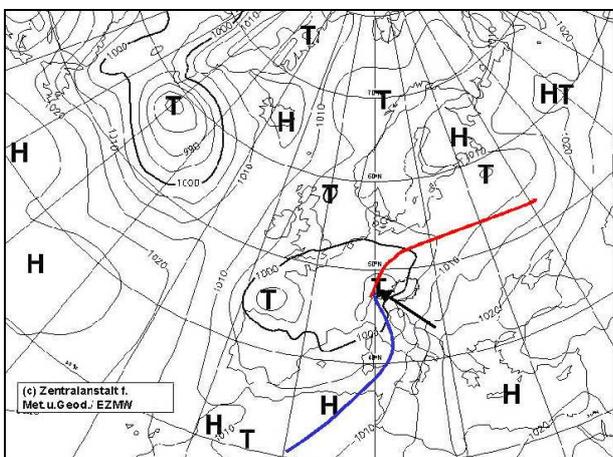


Fig. - Abb. 2.3c

ECMWF Analysedaten vom 16.11.02, 12 UTC  
 Analisi ECMWF del 16/11/02 alle 12 UTC

2.1a) Höhe der 500 hPa Fläche

Altezza del geopotenziale a 500 hPa

2.1b) Äquivalent potentielle Temperatur

Temperatura potenziale equivalente

2.1c) Bodendruckfeld

Pressione ridotta al livello del mare

Warmfront - Fronte caldo

Kaltfront - Fronte freddo

Okklusion - Occlusione

→ Kaltluftadvektion - Avvezione fredda

→ Warmluftadvektion - Avvezione calda

→ Druckgradient - gradiente barico

L'irruzione di aria fredda nel Mediterraneo occidentale avviene molto ad ovest, in questo modo lo sviluppo iniziale della depressione sul Golfo di Genova che si vede in Fig. 2.2b e 2.2c si estingue (per questo sviluppo sarebbe stato necessario un'irruzione di aria fredda più a est, fra le Alpi Marittime e il massiccio centrale attraverso la Valle del Rodano, con correnti da nord). Invece la combinazione delle correnti da sud che rafforzano (Fig. 2.3a) e la locale depressione a nord delle Alpi, che si sviluppa come secondo nucleo depressionario in aggiunta alla depressione principale che si trova sull'Europa occidentale (Fig. 2.3c). In fronte viene ora schiacciato verso nord sulle Alpi. Confrontando le Fig. 2.2 e 2.3 si riconosce che il confine tra le masse d'aria calda e fredda (=fronte caldo e fronte freddo), che ha raggiunto le Alpi da nordovest, rimane praticamente stazionaria al di sopra delle Alpi. A nord e a sud invece i fronti si muovono più velocemente verso est. Le Alpi vengono quindi letteralmente circondate dall'aria fredda, l'Alto Adige si trova ancora nel settore caldo, il limite delle nevicate a quota 2400 m è molto alto. Le correnti in quota molto forti da sud ruotano nuovamente da sudovest e provocano già la sera del 16 e la notte successiva l'irruzione delle masse di aria fredda su tutto l'arco alpino, con il passaggio molto veloce del sistema frontale verso est (Fig. 2.4a e 2.4b). Ciò si vede anche bene dall'evoluzione della temperatura sul Corno del Renon (Fig. 2.5b).

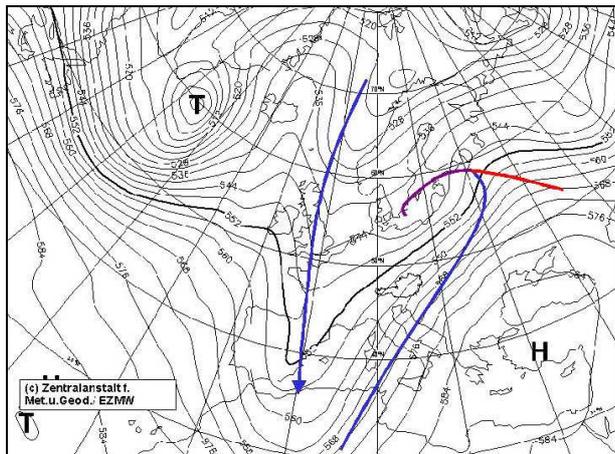


Fig. - Abb. 2.4a

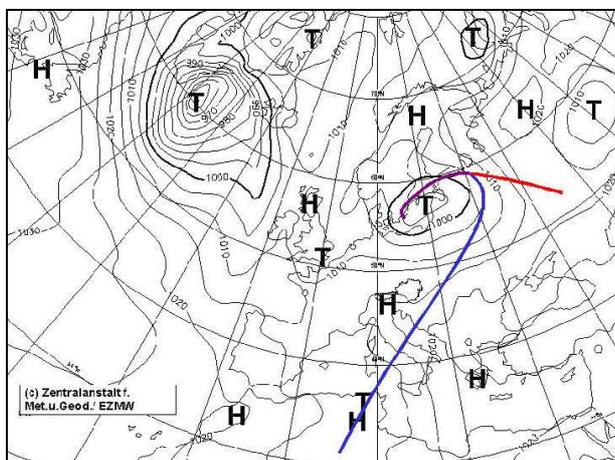


Fig. - Abb. 2.4c

Der Einbruch der Kaltluft in das westliche Mittelmeer erfolgt sehr weit im Westen, dadurch wird die Ansatzweise Entwicklung des Genuatiefs in Abb. 2.2b und 2.2c erstickt (dafür wäre der Kaltluft einbruch weiter östlich, zwischen Seeralpen und Massiv Central durch das Rhonetal und eine Nordströmung in diesem Bereich notwendig). Statt dessen wird durch das Zusammenspiel zwischen der noch stärker gewordenen Südströmung (Abb. 2.3a) und dem lokalen Tief im Norden der Alpen, das sich als zweiter Kern des Tiefs über Westeuropa gebildet hat (Abb. 2.3c), die Front jetzt weiter nach Norden gegen die Alpen gedrückt. Am Vergleich zwischen den Abb. 2.2 und 2.3 erkennt man deutlich wie die Luftmassengrenze zwischen warmer und kalter Luft (=Kaltfront und Warmfront), die von Nordwesten her die Alpen erreicht hat, an den Alpen hängenbleibt. Im Norden und Süden kommt sie schneller nach Osten voran. Die Alpen werden sozusagen von kalter Luft umspült, Südtirol liegt immer noch im Warmsektor, die Schneefallgrenze ist mit 2400 m sehr hoch. Die sehr starke südliche Höhenströmung dreht wieder auf südwestliche Richtung und sorgt schon am Abend des 16. und in der Nacht auf den 17. November dafür, dass die Kaltluft den gesamten Alpenbereich erfasst und das Frontensystem nun sehr rasch nach Osten abzieht (Abb. 2.4a und 2.4b). Dies ist aus der Entwicklung der Temperatur am Rittnerhorn sehr gut ersichtlich (Abb. 2.5b).

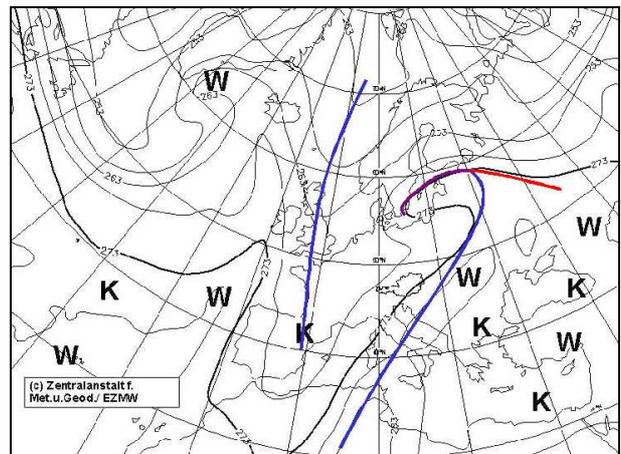


Fig. - Abb. 2.4b

ECMWF Analysedaten vom 17.11.02, 12 UTC

Analisi ECMWF del 17/11/02 alle 12 UTC

2.1a) Höhe der 500 hPa Fläche

Altezza del geopotenziale a 500 hPa

2.1b) Äquivalent potentielle Temperatur

Temperatura potenziale equivalente

2.1c) Bodendruckfeld

Pressione ridotta al livello del mare

Warmfront - Fronte caldo

Kaltfront - Fronte freddo

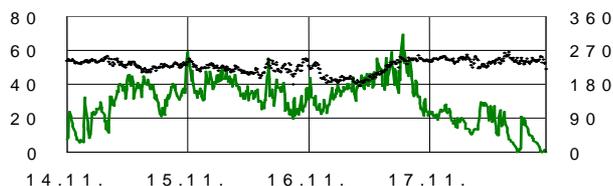
Okklusion - Occlusione

→ Kaltluftadvektion - Avoezione fredda

→ Warmluftadvektion - Avoezione calda

→ Druckgradient - gradiente barico

Il limite delle neviccate si abbassa decisamente, l'allontanamento del fronte però avviene così velocemente, che le precipitazioni cessano completamente già nella notte dal 16 al 17. La depressione al suolo di Fig. 4c si porta molto rapidamente sul Mare del Nord, sulle Alpi non si nota più alcun gradiente barico (Fig. 2.4c e 2.6).

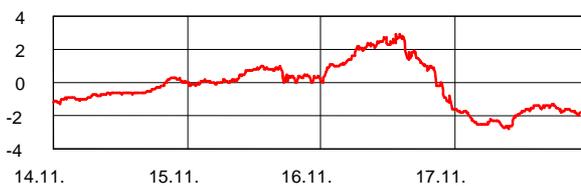


**Abb. 2.5a** *Windgeschwindigkeit und Richtung, Rittnerhorn.*

**Fig. 2.5a** *Velocità e direzione del vento, Corno del Renon.*



Die Schneefallgrenze sinkt deutlich, der Abzug der Front erfolgt aber so schnell, dass die Niederschläge bereits in der Nacht auf den 17. ganz aufhören. Das Bodentief in Abb. 2.4c verlagert sich extrem schnell über die Ostsee, über den Alpen ist kein Druckunterschied mehr zu finden (Abb. 2.4c, und 2.6).



**Abb. 2.5b** *Temperaturverlauf, Rittnerhorn in 2260 m.*

**Fig. 2.5b** *Temperatura sul Corno del Renon a 2600 m.*

**Abb. 2.6** *Druckgradient (Druckunterschied) Bozen – Innsbruck in hPa.*

**Fig. 2.6** *Gradiente barico (differenza di pressione) Bolzano – Innsbruck in hPa.*

## Andamento e distribuzione delle precipitazioni

Le prime precipitazioni cadono il 13 novembre nell'ovest della provincia. Nella notte successiva le piogge si estendono a tutto l'Alto Adige, con intensificazione dei fenomeni nel pomeriggio e nella serata del giorno 14 in alta Val d'Ultimo, Val Passiria e nella zona di Vipiteno (Ridanna, Racines). In queste tre tipiche zone di Stau si sono rilevate anche nella successiva evoluzione dell'evento le intensità di pioggia maggiori. Il 14 novembre il limite delle neviccate si attesta attorno a 2.200 m. Le piogge di minore intensità si registrano nella parte orientale della provincia. Il giorno 15 le piogge si sono protratte pressoché ininterrottamente per tutta la giornata. La zona con le piogge più intense è risultata in questa fase la Val Passiria, ed in particolar modo l'alta Val Passiria. Ivi sono state registrate intensità di pioggia dell'ordine dei 5 - 10 mm/h. Il limite delle neviccate è rimasto invariato a circa 2.200 m. Nella seconda metà della notte le piogge in Val Passiria hanno dato una leggera tregua. Tale fenomeno è testimoniato da una fase stazionaria nei livelli idrometrici osservati agli idrometri di Ponte Adige e Bronzolo (vedi Fig. 5.2 e Fig. 5.3). In entrambe le stazioni si osservano livelli idrometrici costanti nella prima parte del 16 novembre.

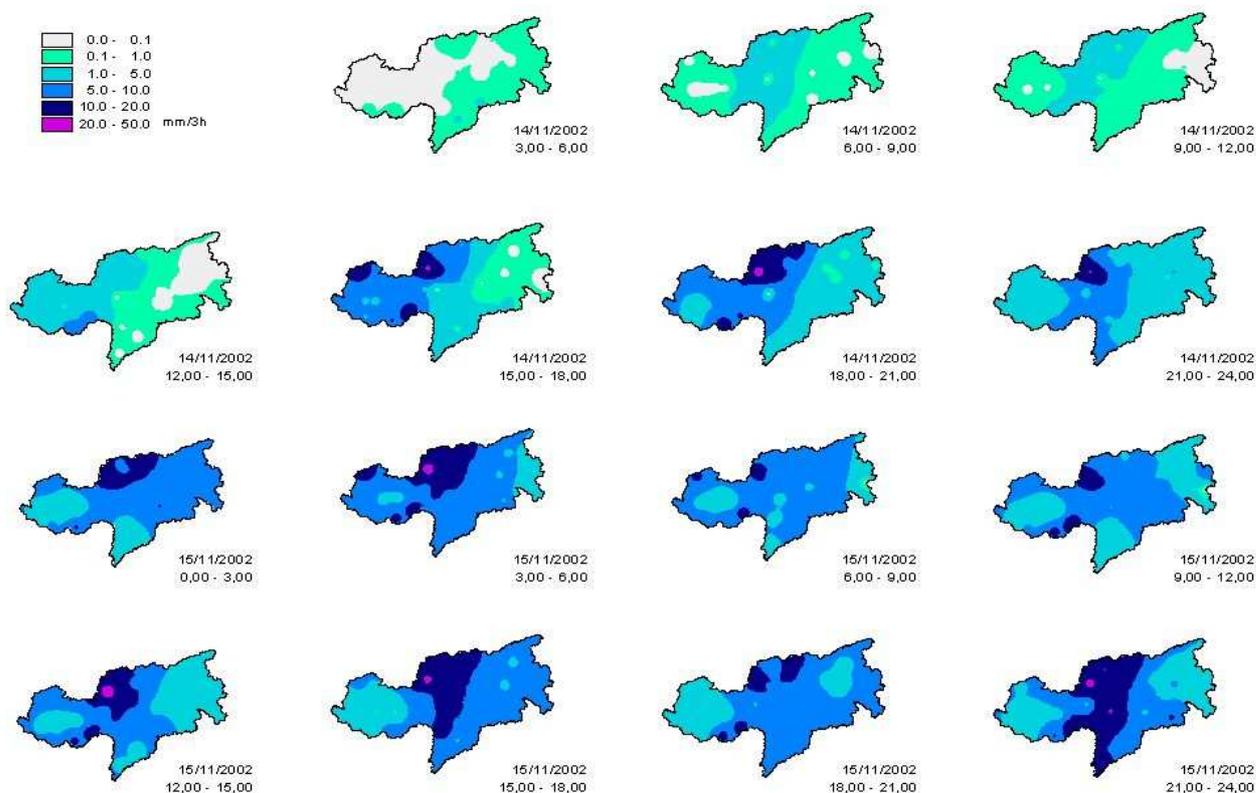


Fig. 3.1 Evoluzione delle precipitazioni nei giorni 14 e 15 novembre.

## Niederschlagsverlauf und Niederschlagsverteilung

Erste schwache Niederschläge setzten bereits am 13. November im Westen des Landes ein. In der Nacht auf den 14. breitete sich der Regen allmählich auf das ganze Land aus und wurde am Nachmittag und in den Abendstunden im hinteren Ultental, im Passeier und im Sterzinger Raum (Ridnaun, Ratschings) stärker. In diesen drei typischen Südstaulagen wurden auch in weiterer Folge immer wieder die intensivsten Niederschläge beobachtet. Die Schneefallgrenze lag am 14. selbst bei etwa 2.200 m. Die geringsten Niederschlagsintensitäten waren in der östlichen Landeshälfte zu verzeichnen. Am 15. regnete es den ganzen Tag fast ununterbrochen. Das Gebiet mit den stärksten Niederschlägen in dieser Phase waren bereits das Passeiertal - und dort besonders das Hinterpasseier. Dort gingen teilweise Mengen von 5 - 10 mm/h nieder. Die Schneefallgrenze blieb mit 2.200 m fast unverändert. Während der 2. Nachthälfte zum 16. ließen die Niederschläge im Passeiertal etwas nach. Dieses Nachlassen ist auch im Gang der Hochwasserlinie der Etsch an den Pegelstationen von Sigmundskron und Branzoll gut zu erkennen (siehe Abb. 5.2 und Abb. 5.3). An beiden Orten wurde zu Beginn des 16. Novembers ein fast konstanter Pegel beobachtet.

Abb. 3.1 Niederschlagsverlauf am 14. und 15. November.

Ad ogni modo è stato un altro fenomeno ad attirare su di sé l'attenzione la mattina del giorno 16. La parte posteriore della lunga depressione atlantica ha portato aria fredda verso il Mediterraneo (vedi Fig. 2.2a freccia blu) provocando intensi temporali sul Sahara con produzione di vortici di sabbia sollevata fino ad alte quote. In virtù delle forti correnti calde in quota da sud-ovest, la sabbia è stata trasportata verso nord, dove nella parte meridionale delle Alpi, e quindi nel Nord Italia, è stata dilavata dalle piogge in atto. In questo modo, la mattina del giorno 16, l'Alto Adige si presentava ricoperto da una sottile strato di fango, raramente osservabile in simili quantità. Ulteriore conseguenza portata da tali correnti calde in quota da sud-ovest è stato l'innalzamento del limite delle nevicate. Il giorno 16 è stato in questo modo caratterizzato da un'aliquota di accumulo nivale inferiore rispetto ai due giorni precedenti con conseguenze maggiore quota percentuale di precipitazione contribuente al deflusso di piena. La sera del 16 novembre, in Val d'Ultimo e Passiria, si sono inoltre osservati temporali, che localmente hanno nuovamente prodotto notevoli intensità di pioggia. Il motivo per cui si sono verificati questi fenomeni, anomali per la stagione, è il passaggio del fronte freddo in tale fase (vedi Fig. 2.3c e 2.4c) insieme alla cosiddetta stratificazione potenzialmente instabile dell'atmosfera. Lo strato di atmosfera potenzialmente instabile era chiaramente visibile nel radiosondaggio di Milano e si estendeva da circa 900 m a 3.300 m di quota. L'innalzamento di un tale strato può produrre fenomeni convettivi, anche temporaleschi.

Allerdings machte ein anderes Phänomen am Morgen des 16. auf sich aufmerksam. Das ausgedehnte Atlantiktief führte auf seiner Rückseite Kaltluft (siehe Abb. 2.2a, blauer Pfeil) Richtung Mittelmeer und verursachte in der nördlichen Sahara heftige Gewitter, die den Sand aufwirbelten und in große Höhen verfrachteten. Mit den starken und milden südwestlichen Höhenströmungen wurde der Sand dann nach Norden transportiert, wo er auf der Alpensüdseite und über Norditalien vom Regen ausgewaschen wurde. So war Südtirol am Morgen des 16. mit einer braunen Schlammschicht überzogen, die in dieser Stärke sehr selten zu beobachten war. Zusätzlicher Effekt dieser südlichen Höhenströmungen war, wie bereits im 2. Kapitel angedeutet, der Anstieg der Schneefallgrenze. Somit wurde am 16. November noch weniger Niederschlag in Form von Schnee abgelagert und es gelangte noch mehr Wasser in die Flüsse. Am Abend des 16. wurden im Ultental und Passeier auch Gewitter beobachtet, die lokal wieder für sehr große Niederschlagsintensitäten sorgten. Grund dafür ist einerseits der Durchgang des Frontensystems zu diesem Zeitraum (vgl. Abb. 2.3c und 2.4c), aber auch eine sogenannte potentiell instabile Schichtung der Atmosphäre. Diese potentiell instabile Schicht konnte in den Radiosondenaufstiegen von Mailand eindeutig identifiziert werden und reichte von etwa 900 m bis 3.300 m Höhe. Wird eine solche Schicht gehoben, so können sich in ihr konvektive Schauer und sogar Gewitter bilden.

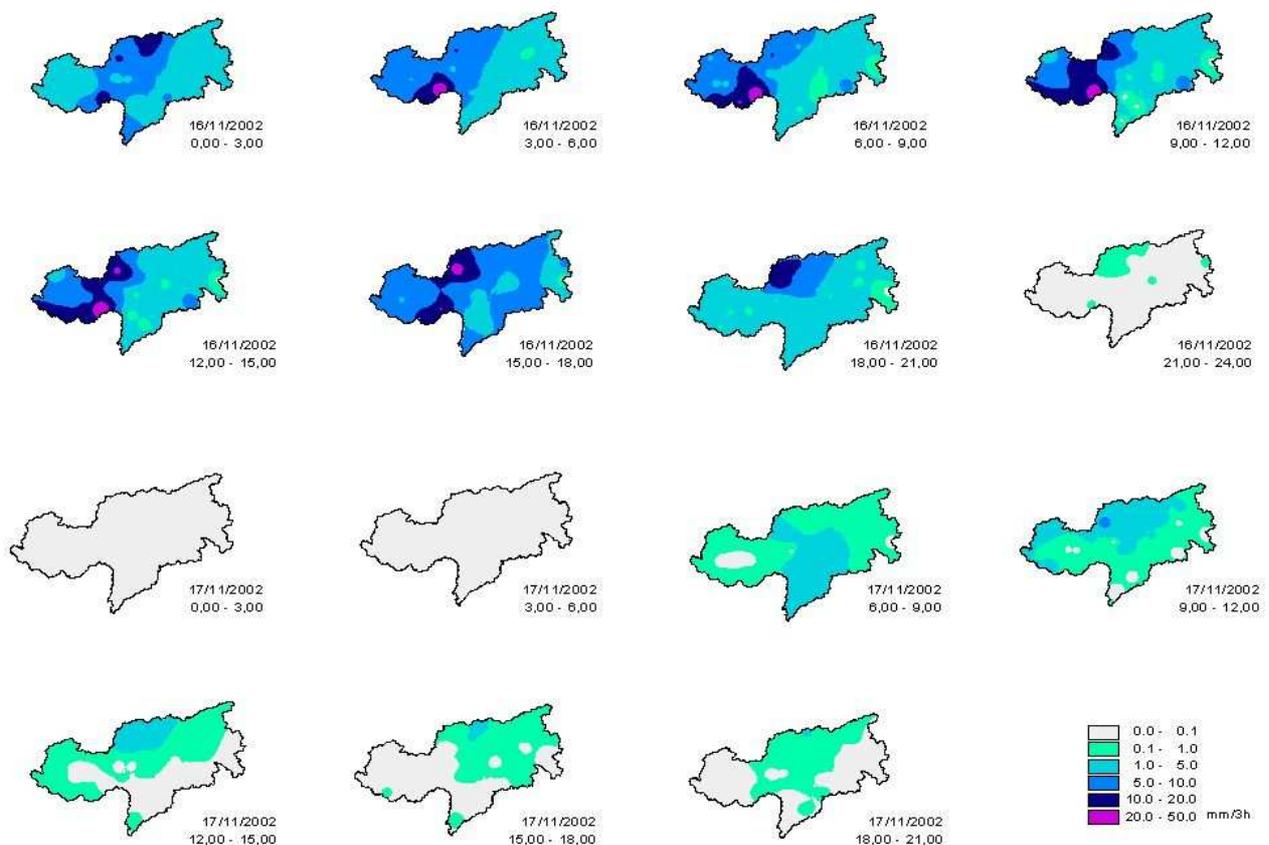


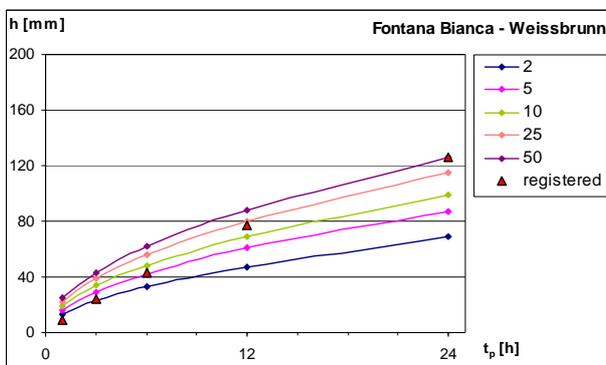
Fig. 3.2 Evoluzione delle precipitazioni nei giorni 16 e 17 novembre.

Abb. 3.2 Niederschlagsverlauf am 16. und 17. November.

Gli esperti ritengono tale strato il principale responsabile delle precipitazioni intense su tutto il lato meridionale dell'arco alpino. Nella fattispecie dell'Alto Adige, lo strato potenzialmente instabile è stato spinto fino alle Alpi dalle correnti meridionali, dove, costretto ad evitare i massicci montuosi, si è sollevato ed ha in questo modo prodotto temporali sopracitati. Successivamente al passaggio della perturbazione si è osservato un sostanziale decremento delle precipitazioni. Fino alla mezzanotte del giorno 16 si sono avute solo precipitazioni di debole intensità e dopo la mezzanotte le precipitazioni sono completamente cessate in tutto l'Alto Adige. Nella giornata del 17 novembre ha ripreso a piovere leggermente, ad ogni modo con conseguenze trascurabili sui livelli idrometrici.

## Analisi delle precipitazioni

I valori massimi di intensità delle precipitazioni si sono registrati durante il giorno 15 novembre e la sera del 16 novembre: i primi tre valori massimi di precipitazione oraria, sono stati registrati alla stazione di Plata (13,6 mm/h alle ore 8 del 15.11.), alla stazione di S.Leonardo in Passiria (10,8 mm/h alle ore 17 del 16.11.) ed alla stazione di Malga Zirago (9,4 mm/h alle ore 23 del 15.11.). Sia la massima precipitazione relativa a 24 ore consecutive sia quella cumulata durante tutto l'evento si sono registrate a Plata rispettivamente con 193,2 mm e 399,6 mm.



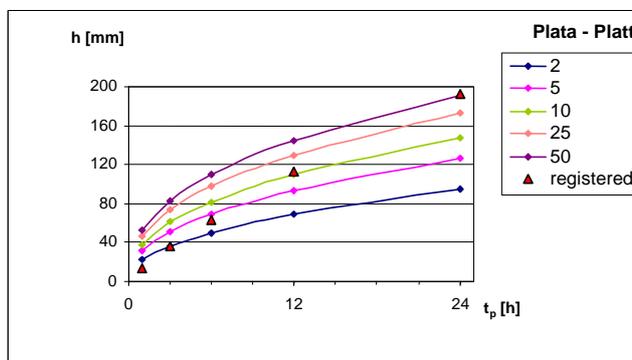
**Fig. 4.1** Curve segnalatrici di probabilità pluviometrica per le stazioni di Fontana Bianca e Plata, corrispondenti a diversi tempi di ritorno, e valori di precipitazione massima osservati alla stazione per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive durante l'evento di piena (triangoli).

In Fig. 4.1 si riportano, per le stazioni di Plata e Fontana Bianca, le elaborazioni statistiche relative alle precipitazioni massime di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive e con tempo di ritorno fissato (2, 5, 10, 20, 50 anni) confrontate con quelle osservate durante l'evento di piena in questione (triangoli).

Sie wird von den Experten als Hauptursache für die starken Stauniederschläge auf der gesamten Alpensüdseite verantwortlich gemacht. In unserem Fall wurde diese potentiell instabile Schicht mit den südlichen Strömungen an die Alpen herangeführt, musste dort nach oben ausweichen, wurde somit gehoben und löste in den oben genannten Gebieten Gewitter aus. Nach dem Durchzug der Front war auch ein deutliches Nachlassen der Niederschläge zu beobachten. Bis Mitternacht des 16. regnete es nur mehr leicht und ab Mitternacht hörten die Niederschläge in ganz Südtirol zur Gänze auf. Am 17. untertags begann es zwar wieder leicht zu regnen, allerdings hatten diese Niederschläge nur mehr sehr geringe Auswirkungen auf die Pegelstände der Flüsse.

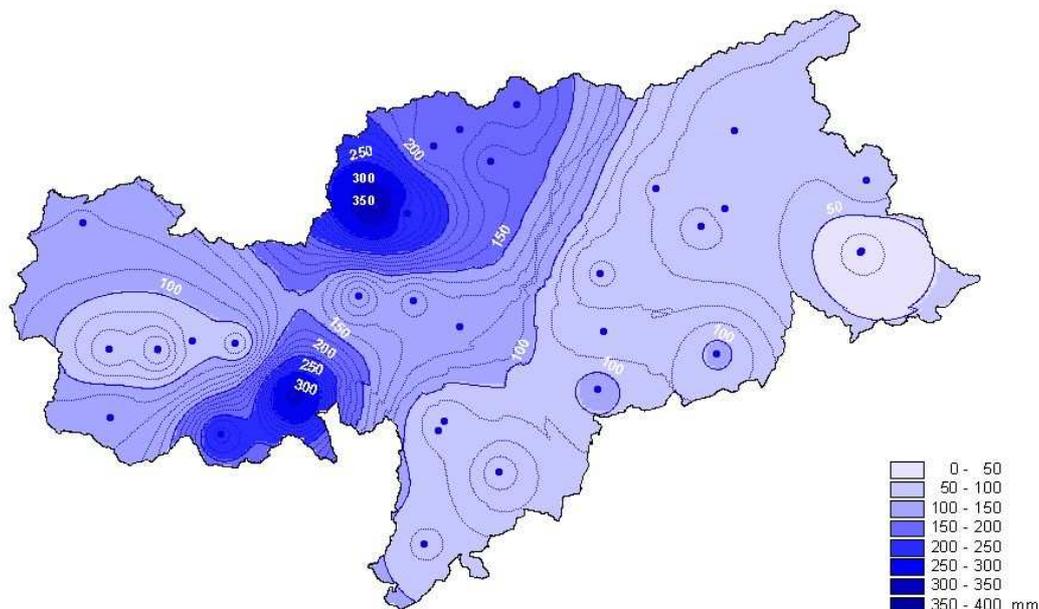
## Niederschlagsanalyse

Die maximalen Niederschlagsintensitäten sind am 15. November und am Abend des 16. Novembers registriert worden: die drei größten stündlichen Niederschlagsmengen, sind in Platt (13,6 mm/h um 8 Uhr des 15.11.), in St. Leonhard in Passeier (10,8 mm/h um 17 Uhr des 16.11.) und auf der Ziroger Alm (9,4 mm/h um 23 Uhr des 15.11.) gemessen worden. Südtirolweit wurde sowohl die mit 193,2 mm größte auf 24 Stunden bezogene Niederschlagssumme, als auch die größte Niederschlagsmenge des gesamten Ereignisses, mit 399,6 mm, in Platt gemessen.



**Abb. 4.1** Niederschlagswahrscheinlichkeitskurven für die Stationen Weissbrunn und Platt, bezogen auf mehrere Rückkehrzeiten und stärkste gemessenen Niederschläge für eine Dauer von 1, 3, 6, 12 und 24 aufeinander folgenden Stunden während des Hochwasserereignisses (Dreiecke).

In der Abb. 4.1 sind die statistischen Rückkehrzeiten (2, 5, 10, 25, und 50 Jahre) von verschiedenen Niederschlagssummen für eine Dauer von 1, 3, 6, 12 und 24 aufeinander folgenden Stunden während dieses Hochwasserereignisses an den Stationen Weissbrunn und Platt als Dreiecke dargestellt.



**Fig. 4.2** Interpolazione spaziale dei dati di precipitazione cumulata riferiti a tutto l'evento.

In Fig. 4.2 sono riportate le altezze di precipitazione cumulata misurate in Alto Adige durante questi 4 giorni. Le zone centrate nella Val d'Ultimo e nella Val Passiria balzano immediatamente all'occhio. Solo nell'evento del novembre 2000 si sono registrate quantità di precipitazione confrontabili. Il motivo per cui, in concomitanza di condizioni sinottiche del tipo di quelle fin qui descritte, proprio queste aree siano quelle maggiormente interessate dai fenomeni, è da ricondursi principalmente alla ubicazione geografica delle stesse. Entrambe confinano ad ovest con imponenti massicci montuosi (il gruppo dell'Ortles nel caso della Val d'Ultimo e le Ötztaler Alpen nel caso della Val Passiria). Tali gruppi montuosi deviano verso est le masse d'aria provenienti da sud, intensificando così l'effetto di stau e provocando intense precipitazioni. Attraggono l'attenzione anche la Val Venosta e l'alta Pusteria. In tali zone sono stati registrati, durante l'evento, valori di precipitazione limitati rispetto ai massimi dello stesso. Nel caso della Val Venosta ciò è dovuto principalmente al gruppo dell'Ortles che scherma tale vallata a sud, nel caso dell'alta Pusteria il posizionamento ad ovest della perturbazione ha fatto sì che essa abbia avuto solo una minima influenza sulle condizioni meteorologiche in tale zona.

Gli afflussi medi areali cumulati, relativi a tutta la durata dell'evento, sono stati pari a 118,3 l/m<sup>2</sup> per il bacino dell'Adige chiuso alla sezione di Tel, 141,9 l/m<sup>2</sup> per quello chiuso a Ponte Adige e 108,9 l/m<sup>2</sup> per quello chiuso a Bronzolo.

**Abb. 4.2** Räumliche Verteilung des Niederschlags bezogen auf das gesamte Ereignis.

Die Abb. 4.2 zeigt die gesamten Niederschlagssummen, die während dieser 4 Tage in Südtirol gemessen wurden. Die zwei Gebiete ums Ultental und das Passeier stehen dabei sofort ins Auge. Nur bei den Ereignissen im November 2000 gab es vergleichbare Niederschlagsmengen. Warum gerade diese beiden Gebiete bei solchen Wetterlagen immer wieder von den intensivsten Niederschlägen heimgesucht werden, ist in ihrer geographischen Lage zu suchen. Beide Gebiete sind im Westen von hohen Gebirgsgruppen benachbart (Ortlergruppe im Falle des Ultentales und Ötztaler Alpen im Falle des Passeier). Diese Gebirge könnten die von Süden ankommenden Luftmassen umleiten und nach Osten abdrängen, wo sie den Stauwirkung noch zusätzlich verstärken und für diese intensiven Niederschlagsmengen sorgen. Auffallend sind auch das mittlere Vinschgau sowie das obere Pustertal. Dort wurden an diesen Tagen vergleichsweise nur geringe Niederschlagsmengen gemessen. Grund dafür ist im Vinschgau die Ortlergruppe, die diesen Teil des Vinschgaus nach Süden hin abschirmt, im Pustertal die westliche Lage des Frontensystems, das dadurch nur einen geringeren Einfluss auf das Wettergeschehen hatte.

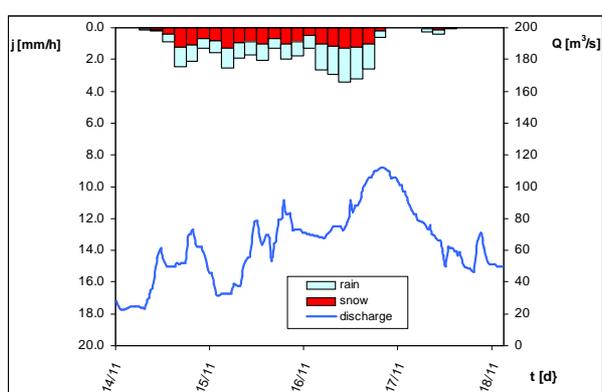
Die mittleren Niederschlagsmengen des gesamten Ereignisses, betragen laut Berechnungen 118,3 l/m<sup>2</sup> für das gesamte Einzugsgebiet der Etsch bei der Sektion Töll, 141,9 l/m<sup>2</sup> für jenes bei Sigmundskron und 108,9 l/m<sup>2</sup> bei Branzoll.

## Analisi dei deflussi

Nelle Figure 5.1, 5.2 e 5.3 sono riportati gli idrogrammi di piena osservati alle stazioni di Tel, Ponte Adige e Bronzolo ed i corrispondenti ietogrammi per il bacino dell'Adige chiuso a tali sezioni.

Le osservazioni principali relative all'idrogramma osservato presso Tel sono le seguenti:

- portata iniziale attorno ai  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , prossima ai valori medi mensili;
- portata al colmo pari a  $112 \text{ m}^3/\text{s}$ , corrispondenti ad una altezza idrometrica di 2,36 m, alle ore 18:00 del 16 novembre;
- l'idrogramma risulta alquanto perturbato dalle manovre di regolazione alla traversa di Tel per la produzione idroelettrica alla centrale omonima.



**Fig. 5.1** Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alla sezione di chiusura di Tel.

**Abb. 5.1** Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das Einzugsgebiet (oben) an der Pegelstation Töll.

L'analisi dell'idrogramma di piena relativo alla sezione di Ponte Adige si può sintetizzare come segue:

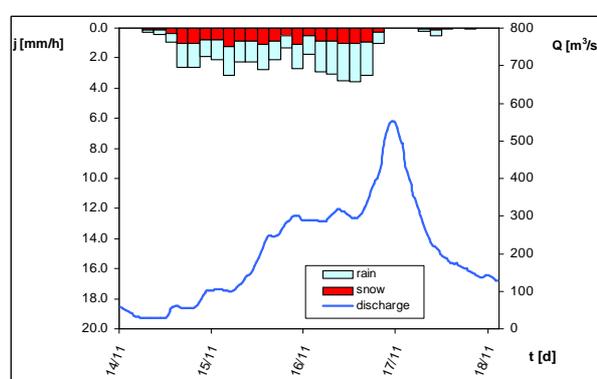
- portata iniziale pari a  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , quindi inferiore alla media mensile del periodo (attorno ai  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- portata di picco pari a  $553 \text{ m}^3/\text{s}$ , corrispondente ad una altezza idrometrica di 4,44 m (verificatasi alle ore 21:00 del 16 novembre);
- il tempo di ritorno corrispondente alla portata di picco è di circa 10 anni;
- il ramo di salita dell'onda di piena presenta una fase stazionaria di equilibrio nella prima metà del giorno 16 novembre (riconducibile alla leggera fase di stanca dell'evento meteorico nella notte tra i giorni 15 e 16).

## Abflussanalyse

In den Abbildungen 5.1, 5.2 und 5.3 sind die Hochwasserganglinien und die entsprechenden mittleren Niederschlagsdiagramme für die Einzugsgebiete der Etsch an den Pegelstationen Töll, Sigmundskron und Branzoll angegeben.

Folgende Eigenschaften sind für die Hochwasserganglinie bei Töll zu bemerken:

- Anfangsdurchfluss mit  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , dem Durchfluss-Monatsmittelwert entsprechend;
- maximaler Hochwasserdurchfluss von  $112 \text{ m}^3/\text{s}$ , entspricht einem Wasserstand von 2,36 m, erreicht um 18:00 Uhr des 16. Novembers;
- die Hochwasserganglinie ist durch die Regulierungen des Wasserkraftwerkes bei der Sperre in Töll stark beeinflusst.



**Fig. 5.2** Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alla sezione di chiusura di Ponte Adige.

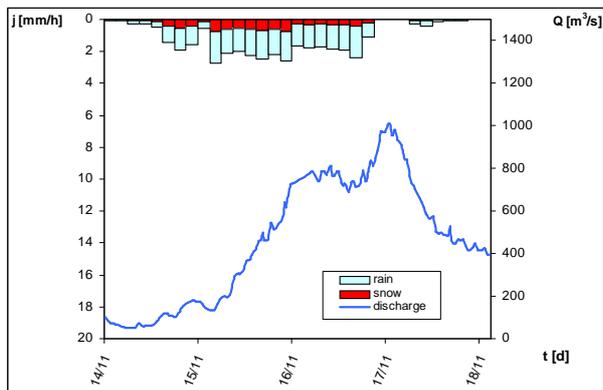
**Abb. 5.2** Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das Einzugsgebiet (oben) an der Pegelstation Sigmundskron.

Bei der Hochwasserganglinie in Sigmundskron fallen folgende Eigenheiten auf:

- Anfangsdurchfluss mit  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  kleiner als das Durchflussmonatsmittel (etwa  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- maximaler Hochwasserdurchfluss von  $553 \text{ m}^3/\text{s}$ , entspricht einem Wasserstand von 4,44 m (erreicht um 21:00 Uhr des 16. Novembers)
- die Rückkehrzeit des maximalen Hochwasserdurchflusses beträgt ungefähr 10 Jahre;
- der Hochwasserwellenanstieg zeigt eine stationäre Phase während der ersten Tageshälfte des 16. Novembers (beruht auf das leichte Nachlassen der Niederschläge in der Nacht auf den 16.).

A Bronzolo si rilevano le seguenti caratteristiche dell'idrogramma di piena:

- la portata assume un valore di circa 50 m<sup>3</sup>/s all'inizio dell'evento di piena, inferiore rispetto alla media mensile del periodo (attorno ai 110 m<sup>3</sup>/s);
- la portata raggiunge 1.010 m<sup>3</sup>/s in corrispondenza del colmo verificatosi alle ore 23:00 del 16 novembre (corrispondente ad una altezza idrometrica di 3,60 m);
- il tempo di ritorno della portata di picco è prossimo a 4 anni.



Bei Branzoll zeigt die Hochwasserganglinie folgende Eigenschaften auf:

- Anfangsdurchfluss mit 50 m<sup>3</sup>/s kleiner als das Durchflussmonatsmittel (etwa 110 m<sup>3</sup>/s);
- Maximaler Hochwasserdurchfluss von 1.010 m<sup>3</sup>/s, entspricht einem Wasserstand von 3,60 m (erreicht um 23:00 Uhr des 16. Novembers);
- die Rückkehrzeit des maximalen Hochwasserdurchflusses beträgt ungefähr 4 Jahre.

Fig. 5.3 Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alla sezione di chiusura di Bronzolo.

Abb. 5.3 Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das Einzugsgebiet (oben) an der Pegelstation Branzoll.

## Tempi di ritardo e coefficienti di deflusso

In Tabella 6.1 sono riportati, per ciascuna delle stazioni idrometriche esaminate (Tel, Ponte Adige, Bronzolo), i risultati relativi alla analisi dei volumi di afflusso meteorico liquido relativo al bacino idrografico sotteso  $V_{in}$  e di deflusso osservato presso la stazione idrometrica di chiusura  $V_{out}$ , il valore del coefficiente di deflusso  $\phi$  che da essi deriva ed il tempo di ritardo  $t_r$ .

Il volume di afflusso meteorico liquido alla stazione i-esima rappresenta il volume di pioggia caduto sulla superficie del bacino ad essa sotteso durante l'evento.

Il volume di deflusso osservato alla stazione i-esima è il volume di acqua imputabile al deflusso superficiale defluito alla stazione idrometrica in esame.

Il coefficiente di deflusso risulta dal rapporto tra il volume di deflusso e quello di afflusso meteorico liquido. Si tratta quindi di una misura di quanta acqua, caduta su di un certo bacino imbrifero, venga "immediatamente" drenata dal relativo corso acqua.

Il tempo di ritardo alla stazione i-esima è calcolato come l'intervallo temporale tra il baricentro dello ietogramma di pioggia media areale riferito al bacino sotteso a tale stazione ed il tempo di picco dell'idrogramma delle portate in essa defluite.

## Verzögerungszeiten und Abflusskoeffizienten

In der Tabelle 6.1 sind, für jede der analysierten Pegelstationen (Töll, Sigmundskron und Branzoll), das Niederschlagszuflussvolumen auf das dazugehörige Einzugsgebiet  $V_{in}$ , das an der Pegelstation beobachtete Abflussvolumen  $V_{out}$ , der daraus folgende Abflusskoeffizient  $\phi$  und die Verzögerungszeit  $t_r$ , angegeben.

Unter dem Niederschlagszuflussvolumen versteht man den gesamten auf das Einzugsgebiet gefallenen Niederschlag während dem Ereignis.

Das Abflussvolumen ist nichts anderes als die Wassermenge, die dem oberflächigen Abfluss entspricht, die an der Pegelstation vorbeigeflossen ist.

Der Abflusskoeffizient ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen dem Abflussvolumen und dem Niederschlagszuflussvolumen. Er gibt also an wieviel von dem Wasser, das im Einzugsgebiet gefallen ist, auch "sofort" in den Fluss gelangt ist.

Die Verzögerungszeit wird als Zeitabstand zwischen dem Schwerpunkt der Niederschläge und dem Höchststand der Hochwasserganglinie berechnet.

	$t_r$ [ h ]	$V_{in}$ [ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	$V_{out}$ [ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [ - ]
Tel - Töll	21.6	104.3	6.9	0.07
Ponte Adige - Sigmundskron	25.6	247.0	31.3	0.13
Bronzolo - Branzoll	27.6	569.3	62.0	0.11

Tabella 6.1 Tempi di ritardo  $t_r$ , volumi di afflusso  $V_{in}$  e deflusso  $V_{out}$  e coefficienti di deflusso  $\phi$ .

Tabelle 6.1 Verzögerungszeiten  $t_r$ , Zufluss- und Abflussvolumina  $V_{in}$  und  $V_{out}$  und Abflusskoeffizienten  $\phi$ .

**Edito dalla**

Provincia Autonoma di Bolzano / Alto Adige  
Ufficio Idrografico

Gennaio 2003

**Herausgeber**

Autonome Provinz Bozen / Südtirol  
Hydrographisches Amt

Jänner 2003

**UFFICIO IDROGRAFICO**

Direttrice: dott.ssa Michela Munari

Via Mendola 33

I-39100 Bolzano

Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414749

Wetter- u. Lawinenlagebericht (0471) 271177 - 270555

internet - [www.provincia.bz.it/meteo](http://www.provincia.bz.it/meteo)

E-mail - [hydro@provincia.bz.it](mailto:hydro@provincia.bz.it)

Hanno collaborato:

*ing. Roberto Dinale*

*dott. Alexander Toniazzo*

*dott. Christoph Zingerle*

*dott. Günther Geier*

*foto: uff. 26.4 e rip. 30*

**HYDROGRAPHISCHES AMT**

Amtsdirktorin: Dr. Michela Munari

Mendelstr. 33

I-39100 Bozen

Tel. 0471 414740 - Fax 0471 414749

Bollettino meteo e valanghe (0471) 271177 - 270555

internet - [www.provinz.bz.it/wetter](http://www.provinz.bz.it/wetter)

E-mail - [hydro@provinz.bz.it](mailto:hydro@provinz.bz.it)

Unter Mitarbeit von:

*Ing. Roberto Dinale*

*Dr. Alexander Toniazzo*

*Mag. Christoph Zingerle*

*Mag. Günther Geier*

*Fotos: Amt 26.4 und Abt. 30*

Riproduzione parziale o totale del contenuto, diffusione e utilizzazione dei dati, delle informazioni, delle tavole e dei grafici autorizzata soltanto con la citazione della fonte (titolo ed edizione).

Nachdruck, Entnahme von Tabellen und Grafiken, fotomechanische Wiedergabe - auch auszugsweise - nur unter Angabe der Quelle (Herausgeber und Titel) gestattet.

Stampa: Tipografia provinciale

Stampato su carta sbiancata senza cloro.

Druck: Landesdruckerei

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.