



N. E12

CLIMAREPORT

EXTRA

Südtirol - Alto Adige

**Evento di piena e
colate detritiche**

**Hochwasser- und
Murenereignis**

04.09.2009

© www.pichlerhof.com
© www.hochball.com

2009-09-04 08:15:00:12



Figura 1. Esondazione del rio di Riva a monte dell'abitato di Riva di Tures nel pomeriggio del 4 settembre 2009.
Abbildung 1. Der Reinbach bei Rein in Taufers am Nachmittag des 4. September 2009 (Blickrichtung Bachertal)

1. Presentazione dell'evento

L'evento di precipitazione che ha causato la piena del 4 settembre 2009 si caratterizza per la breve durata e forte intensità. In particolare una linea di precipitazione a carattere rigenerativo ha interessato la fascia di territorio compresa tra la zona delle Maddalene e le Vedrette di Ries ed ha portato apporti cumulati fino a 100 mm in 12 ore circa.

Le aree maggiormente interessate dalle precipitazioni e colpite dai dissesti idrogeologici sono risultate la Val Sarentino, la media Valle Isarco, la parte meridionale dei monti di Fundres e le Valli Aurina e di Tures (vedi Fig. 1, 2 e 3).



Figure 2/3. Lavori di sgombero del materiale depositatosi sulla strada statale (a sinistra) e nelle vicinanze della A22 (a destra) presso Fortezza a seguito di due distinte colate detritiche.

Sono stati registrati importanti impedimenti alla circolazione sia sulla viabilità secondaria sia su quella principale. Anzitutto la direttrice nord-sud ha subito gravi problemi. In particolare la statale del Brennero è stata bloccata per diverse ore all'altezza del lago di Fortezza a causa di una colata detritica sul rio della Chiusa. Un'ulteriore colata detritica ha interessato il Gorgentalgraben in orografia sinistra a monte di Fortezza.



Figure 4/5. Torrente Talvera in corrispondenza delle passerelle che portano al Museion di Bolzano (a sinistra) e furia del rio Danza in Val Sarentino.

1. Einleitung zum Ereignis

Kurz und heftig, so fiel das Niederschlagsereignis vom 4. September 2009 aus, das in manchen Teilen Südtirols zu Hochwasser führte. Von den südlichen Ultner Bergen bis zur Rieserfernergruppe erstreckte sich ein Regenband, das sich wieder und wieder regenerierte und in zwölf Stunden Regenmengen von bis zu 100 mm gebracht hat.

Besonders vom Regen und den hydrogeologischen Folgen betroffen waren das untere Wipptal, die südlichen Pfunderer Berge sowie das Tauferer- und das Reintal (siehe Abb. 1, 2 und 3).



Abbildung 2/3. Aufräumarbeiten in Franzensfeste nach den Murenabgängen auf die Staatsstraße (links) und nahe der Brennerautobahn (rechts).

Große Verkehrsbehinderungen auf Neben- und Hauptverkehrsrouten waren die Folge. Besonders die Nord-Süd-Achse bereitete große Probleme. Die Brennerstaatsstraße war auf der Höhe des Franzensfester Stausees aufgrund eines Murenabganges des Klausenbaches mehrere Stunden lang gesperrt. Ein weiterer Murenabgang vom Gorgentalgraben, an der orographisch linken Seite, nördlich von Franzensfeste bedrohte die Autobahn.



Abbildung 4/5. Die Talfer in Bozen und die Stege die zum Museion führen (links) und der wütende Tanzbach im Sarntal (rechts).

Tale colata ha minacciato l'autostrada avendo ostruito il sottopasso nei pressi dell'abitato e per questo la stessa è stata precauzionalmente chiusa. Nei lavori di sgombero e messa in sicurezza nella notte del 5 settembre ha perso la vita un operaio sbalzato dal mezzo sul quale stava operando dalla furia dell'acqua.

In Val Sarentino una colata detritica ha invaso la statale della Val Sarentino all'altezza di Ponticino mentre il rio Valdurno ha eroso entrambe le corsie della strada provinciale di Valdurna tra Campolasta e S. Martino.

In Val d'Isarco conduzioni idriche e trasporto di materiale e legname straordinarie sono state osservate sul rio di Tinna e su quello di Scaleres. Colate detritiche e smottamenti si segnalano anche nelle valli di Valles, Fundres e Vallarga.



Figure 6/7. Piena del rio Scaleres attraverso l'abitato di Varna (a sinistra) e accumulo di legname in corrispondenza di una briglia selettiva sul rio Tinna (a destra).

In Val Pusteria e Valle Aurina sono stati invece anzitutto i corsi d'acqua principali a destare preoccupazione con allagamenti ed esondazione del rio di Riva a monte dell'abitato di Riva di Tures, del torrente Aurino in più punti del suo basso corso e della Rienza a S. Lorenzo di Sebato.



Figure 8/9. Esondazione del torrente Aurino in Valle di Tures (a sinistra) ed intervento delle unità di soccorso sul rio Riva (a destra).

Die Sturzbäche hatten die Unterführungen in der Nähe des Ortes verstopft und so wurde die Autobahn vorsichtshalber gesperrt. Bei den Aufräum- und Sicherungsarbeiten in der Nacht auf dem 5. September verlor ein Arbeiter sein Leben, als er durch einen neuerlichen Murenabgang von den Wassermassen aus seinem Bagger geschleudert wurde.

Im Sarntal hatte eine Mure die Sarntalerstraße bei Bundschen überflutet und der Durnholzerbach unterspülte zwischen Astfeld und Reinswald beide Fahrspuren der Landesstraße Durnholz.

Im Eisacktal wurden auf dem Tinnebach und dem Schaldererbach außergewöhnliche Wasser- und Materialführungen beobachtet. Erdbeben und Muren wurden auch aus dem Valsertal, Pfunders und Weitental gemeldet.



Abbildung 6/7. Das Hochwasser des Schaldererbaches in Richtung der Ortschaft Vahrn (links) und der Rückstau von Holz an einem Wehr am Tinnebach (rechts).

Im Pustertal und im Ahrntal gaben hingegen vor allem die Hauptflüsse Grund zur Beunruhigung. Überschwemmungen und Ausuferungen waren am Reinbach nahe der Ortschaft Rein in Taufers, am Unterlauf der Ahr und der Rienz bei St. Lorenzen die Folge des vielen Regens.



Abbildung 8/9. Die Ausuferung der Ahr im Tauferer Tal (links) und die Arbeiten der Einsatzkräfte am Reinbach (rechts).

2. Evoluzione meteorologica

Dopo una prolungata fase di alta pressione con tempo stabile e caldo, il 2 settembre le condizioni meteorologiche sono cambiate, seppur ancora una volta le temperature massime hanno raggiunto i 30°. Le correnti in quota sono infatti ruotate disponendosi da ovest/sudovest e diversi sistemi perturbati di origine atlantica hanno raggiunto le Alpi in rapida successione. Dapprima l'Alto Adige è stato interessato solo marginalmente da tale evoluzione meteorologica, ma nella notte tra il 4 ed il 5 settembre, è stato investito da un intenso fronte freddo. Successivamente le correnti si sono disposte da nord e l'alta pressione ha riportato condizioni di clima asciutto.

Il giorno 2 è stato soleggiato con temperature di oltre 30°. Nel pomeriggio l'attività cumuliforme ha portato primi isolati rovesci, che poi si sono estesi a gran parte della provincia nel corso della notte. In Val Venosta, Val d'Adige, Bassa Atesina, Val Sarentino e bassa Valle Isarco le precipitazioni cumulate non hanno superato i 2 mm, in Val Passiria, alta Valle Isarco, Val Pusteria e Valle Aurina gli apporti sono stati invece più significativi. In quest'ultima zona sono caduti mediamente 15 mm di pioggia, a San Leonardo in Passiria 41,2, a Campo Tures 37,2 mm, a Malga Zirago 36,6 mm, a Riva di Tures 25,2 mm, a Brunico 24,2 mm e a Terento 14,2 mm. Sull'immagine satellitare (figura 10) sono riconoscibili le nuvole temporalesche sviluppatesi nella notte.

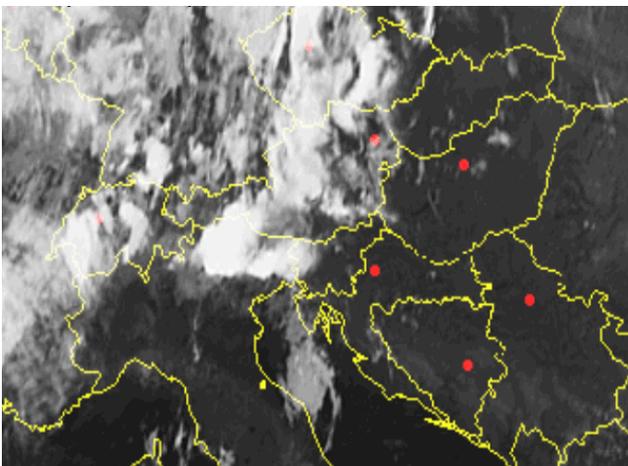


Figure 10/11.

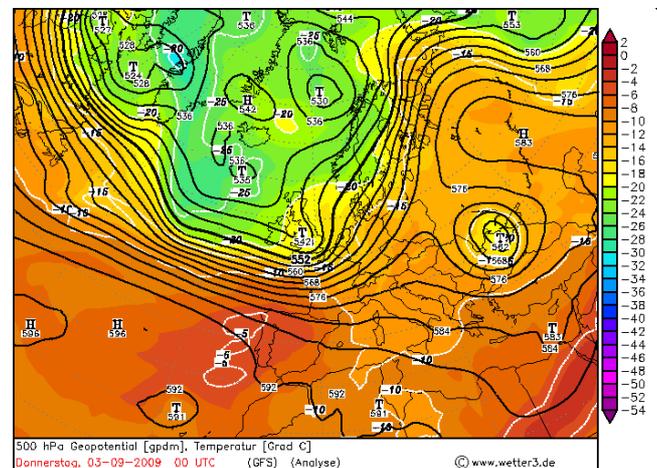
A sinistra: dettaglio delle Alpi dell'immagine ad infrarossi scattata dal satellite MSG alle 2 di notte (ora legale) del 3 settembre. Sulla fotografia sono riconoscibili numerose celle temporalesche (macchie bianche tondeggianti), l'Alto Adige è completamente schermato da una di esse. (© Eumetsat 2009)

A destra: altezza geopotenziale a 500 hPa (misura della pressione atmosferica) riferita alla stessa ora e completa delle temperature relative a tale superficie (modello meteorologico GFS). Le Alpi sono interessate da una corrente diffluente, il vento stà tuttavia rinforzando in ragione di un'area di bassa pressione sulla Gran Bretagna. Le masse d'aria sono più fredde sull'Atlantico settentrionale che non sull'Europa.

2. Wetterentwicklung

Nach mehreren Tagen mit ruhigem und heißem Hochdruckwetter stellte sich das Wetter am Mittwoch, den 2. September 2009 um. Ein letztes Mal wurden Temperaturen von 30° erreicht. Die Höhenströmung drehte für drei Tage auf West/Südwest und vom Atlantik erreichten in kurzen Abständen mehrere Frontensysteme den Alpenraum. Während die Tiefdrucksysteme anfangs Südtirol nur streiften, zog in der Nacht vom 4. auf 5. September eine massive Kaltfront über unser Land hinweg. Dahinter drehte die Strömung auf Nord und ein Hoch mit sehr trockener Luft setzte sich durch.

Am 2. September war es recht sonnig und über 30° heiß, doch aus den Quellwolken entstanden am Nachmittag erste vereinzelt Regenschauer. In den Abend- und Nachtstunden auf den 3. September breiteten sich die Regenschauer auf den Großteil Südtirols aus, wobei es im Vinschgau, im Etsch- und Sarntal, im Eisacktal und im Unterland aber nur 0 bis 2 mm regnete. Vom Passeiertal über das Wipptal bis ins Pustertal und Ahrntal fielen hingegen verbreitet über 15 Liter Regen pro Quadratmeter. St. Leonhard in Passeier stach mit 41,2 mm hervor, gefolgt von Sand in Taufers mit 37,2 mm, Zirog am Brenner mit 36,6 mm, Rein in Taufers 25,2 mm und Bruneck mit 24,2 mm. In Terenten regnete es 14,6 mm. In Abbildung 10 kann man auf dem Satellitenbild die Gewitterwolken der Nacht erkennen.



Abbildungen 10/11.

Links: MSG-Satellitenbild vom 3. September um 2 Uhr MESZ, Alpenausschnitt, Nachtbild (infrarot): Mehrere Gewitterzellen (weiße, teils kreisrunde Flecken) lassen sich am Bild erkennen, eine Zelle nahm mit Ihrem Cirrenschirm fast ganz Südtirol ein. (© Eumetsat 2009)

Rechts: Geopotentielle Höhe in 500 hPa (ein Maß für den Luftdruck) am 03.09.2009 um 2 Uhr MESZ, samt Temperaturen auf dieser Druckfläche. Analyse des Wettervorhersagemodells GFS: Die Alpen lagen noch in einer diffluenten Strömung, der Wind legte aber durch ein Tief, das von Großbritannien auf die Nordsee zieht, zu. Über dem Nordatlantik hielt sich deutlich kältere Luft als in Festlandeuropa.

Durante l'evento di precipitazione, sul Pizzo Lungo (Valle Aurina, 3105 m) si sono misurate temperature di 3,5-5°, sulla Punta di Dan (Valle di Fundres, 2806 m) di 4-7°. Il limite della neve si trovava quindi al di sopra della maggior parte delle cime. Avendo determinato la saturazione dei suoli nelle aree da essi interessate, i rovesci ed i temporali descritti hanno rappresentato un importante evento antecedente a quello che ha poi portato alla piena del 4 settembre.

Il giorno 3 è subentrato il primo Stau da sud dell'autunno. Il tempo è stato coperto su tutto l'Alto Adige e si sono registrati locali piovvaschi. Gli apporti sono stati tuttavia limitati con cumulate appena superiori a 3 mm a Ridanna e Solda. A Campo Tures 3 mm di pioggia sono caduti in serata. Nel tardo pomeriggio in gran parte della provincia si sono registrate schiarite ed un po' di sole. Le temperature hanno fatto registrare valori di 5-10° al di sotto rispetto a quelli misurati il giorno precedente.

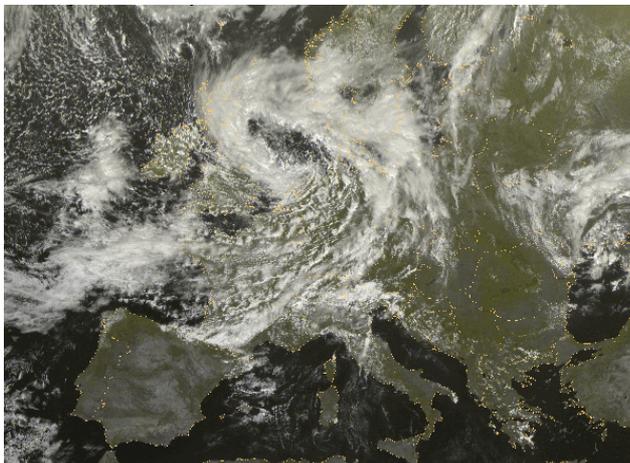


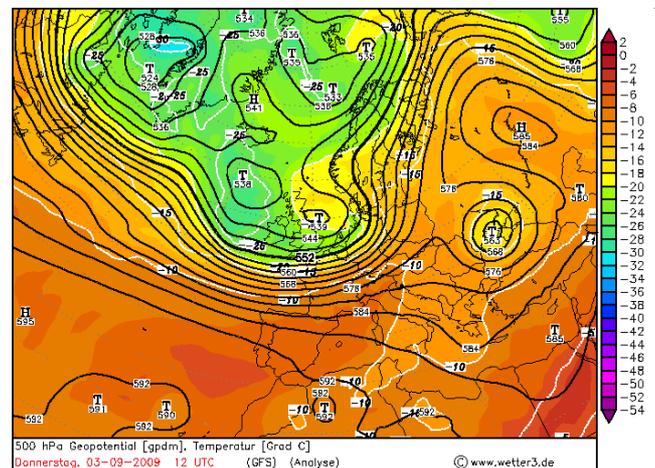
Figure 12/13.

A sinistra: immagine scattata dal satellite MSG alle ore 14 (ora legale) del 3 settembre. Sono riconoscibili un vortice depressionario sul Mare del Nord ed il fronte freddo ad esso associato in fase di formazione sull'Europa centrale. Non si tratta ancora di un sistema nuvoloso compatto, tuttavia sulla Francia, già investita dall'aria fredda, è evidente la struttura post frontale della nuvolosità (© Eumetsat 2009).

A destra: altezza geopotenziale a 500 hPa riferita alla stessa ora e completa delle temperature relative a tale superficie (modello meteorologico americano GFS). A sud della depressione centrata sulla Gran Bretagna, le correnti da ovest/sudovest che accompagnano la banda nuvolosa rinforzano sopra la Francia e la Germania (jet stream polare).

Während des Niederschlagsereignisses lagen die Temperaturen auf der Lengspitze (Ahrntal, 3105 m) bei 3,5° bis 5°, auf der Dannelspitze (Pfunders, 2806 m) bei 4° bis 7°. Die Schneefallgrenze lag also über 3500 m und somit über dem Niveau der meisten Gipfel. Diese Regenschauer und Gewitter können als wichtiges Vorereignis zum Hochwasser des 4. Septembers betrachtet werden und haben in den angesprochenen Gebieten den Boden reichlich vorbefeuchtet.

Am 3. September stellte sich die erste schwache Südtaulage des Herbstes ein. In ganz Südtirol hielten sich dichte Wolken, vereinzelt waren Regenschauer dabei. Die Niederschlagsmengen blieben überall gering, so regnete es etwa in Ridnaun und Sulden tagsüber 3 mm, in Sand in Taufers am Abend ebenfalls 3 mm. Am späten Nachmittag lockerte es vorübergehend auf, dann gab es in weiten Teilen des Landes noch etwas Sonnenschein. Die Temperaturen blieben aber 5° bis 10° unter den Vortageswerten.



Abbildungen 12/13.

Links: MSG-Satellitenbild vom 3. September um 14 Uhr MESZ: Über der Nordsee drehte sich ein Tief, dessen Kaltfront sich über Mitteleuropa zu formieren bzw. organisieren begann. Ein zusammenhängendes, frontales Wolkenband ist zwar hier noch nicht zu erkennen, doch über Frankreich, das sich bereits in der kalten Luft befand, eine eindeutig postfrontale Struktur der Wolken (© Eumetsat 2009).

Rechts: Geopotentielle Höhe in 500 hPa am 03.09.2009 um 14 Uhr MESZ, samt Temperaturen auf dieser Druckfläche. Analyse des amerikanischen Wettervorhersagemodells GFS: Südlich des Tiefs mit Kern bei Großbritannien verstärkte sich über Frankreich und Deutschland die West/Südwestströmung des Starkwindbandes („Polarjet“).

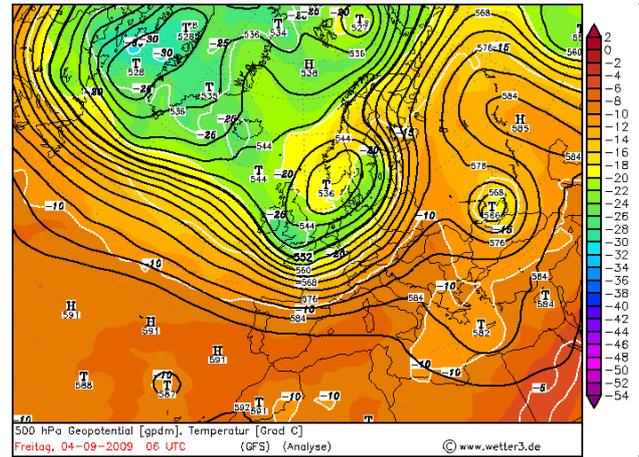


Figure 14/15.

A sinistra: immagine scattata dal satellite MSG alle ore 9 (ora legale) del 4 settembre. A partire dal nucleo di bassa pressione su Mare del Nord e Scandinavia un marcato fronte freddo interessa circa metà Europa, fino al nord della penisola iberica. Sul Mediterraneo il tempo rimane determinato dall'alta pressione e si mantiene stabile e soleggiato (© Eumetsat 2009).

A destra: altezza geopotenziale a 500 hPa riferita alle ore 8 dello stesso giorno completa delle temperature relative a tale superficie (modello meteorologico GFS). Le Alpi si trovano ora sotto l'influsso delle forti correnti sudoccidentali, le masse d'aria sono tuttavia ancora quelle calde di natura subtropicale.

Nella notte tra il 3 ed il 4 settembre raggiunge l'Alto Adige la nuvolosità associata al fronte freddo (vedi Figura 14) che ora si estende sopra l'Europa centrale dal nord della Spagna fino al Baltico ed al centro depressionario sulla Scandinavia. I primi rovesci di pioggia davanti a tale sistema si sono registrati nelle prime ore del mattino sul Lago di Como nei pressi di Lecco e nel bergamasco. Sulla pianura Padana il cielo era terso e le masse d'aria subtropicali con temperatura potenziale equivalente (Θ_E , una misura del calore e del vapore acqueo contenuti nell'aria) di oltre 50°C . Con i forti venti da sud-ovest, si è formata una banda di precipitazione dalla Lombardia fino oltre Salisburgo, in direzione nord-est, che ha investito anche l'Alto Adige, in modo particolarmente intenso nelle 9 ore tra le 4,00 e le 13,00 del 4 settembre. Tali precipitazioni hanno peraltro potuto continuamente rigenerarsi grazie all'energia derivante dalle masse d'aria umide e labili di origine subtropicale presenti sulla Pianura Padana, dove il tempo ha continuato ad essere soleggiato. In Figura 17 il fronte sulle Alpi è facilmente riconoscibile, come anche le condizioni di tempo molto soleggiato dalla Liguria alla Emilia Romagna. Nell'immagine radar di Figura 16 è inoltre rappresentata la banda di precipitazione disposta da sud-ovest a nord-est di cui sopra, che ha continuato a portare piogge molto intense su parte dell'Alto Adige. Nella parte meridionale della Bassa Atesina e nella zona dolomitica si sono registrate schiarite a partire dalla mattinata.



Abbildungen 14/15.

Links: MSG-Satellitenbild vom 4. September um 9 Uhr MESZ: Ausgehend vom Tief mit Kern über der Nordsee und Skandinavien erstreckte sich eine langgezogene Kaltfront über den halben europäischen Kontinent bis in den Norden Spaniens. In den Mittelmeergebieten herrschte hingegen ruhiges, sonniges Hochdruckwetter (© Eumetsat 2009)

Rechts: Geopotentielle Höhe in 500 hPa am 04.09.2009 um 8 Uhr MESZ, samt Temperaturen auf dieser Druckfläche. Analyse des Wettermodells GFS: Die Alpen befanden sich nun in einer starken Südwestströmung, noch in der wärmeren, subtropischen Luftmasse.

In der Nacht auf den 4. September breiteten sich die Wolken der langgezogenen Kaltfront auf Südtirol aus (siehe Abb. 14). Diese Front erstreckte sich vom Norden Spaniens quer über Mitteleuropa und das Baltikum bis ins Tiefzentrum das über Skandinavien lag. Im Vorfeld dieser Front entstanden in den frühen Morgenstunden bei Lecco am Comer See in den Bergamasker Alpen Regenschauer. Über der Poebene war der Himmel wolkenlos und die Luftmasse subtropisch, die äquivalent potentielle Temperatur (Θ_E , ein Maß für die Wärme und den Wasserdampfgehalt eines Luftpaketes) lag um oder über 50°C . Diese Regenschauer zogen mit starkem Südwestwind Richtung Südtirol. Ein regelrechtes „Regenband“ entstand von der Lombardei bis ins Bundesland Salzburg und noch weiter nach Nordosten, das fast 9 Stunden (von ca. 4 Uhr bis ca. 13 Uhr) durchhielt und von der subtropischen feuchtlabilen Luft, die über der Poebene lag, ständig neu „ernährt“ wurde. Hier schien zudem ungetrübt die Sonne, somit erhielt die Luftmasse stets neue, zusätzliche Energie. In Abbildung 17 kann man die Front, die sich quer über die Alpen erstreckt, gut erkennen und ebenso die strahlend sonnige Poebene. In den nebenstehenden Abbildung 16 lässt sich außerdem das schmale Regenband in Südwest-Nordost-Ausrichtung sehen, das Südtirol mit ständig neuen Regenschauern versorgte. Aber nicht ganz Südtirol war davon betroffen wie Abbildung 17 zeigt. So lockerte es besonders im südlichen Unterland und in den Dolomiten am Vormittag auf.

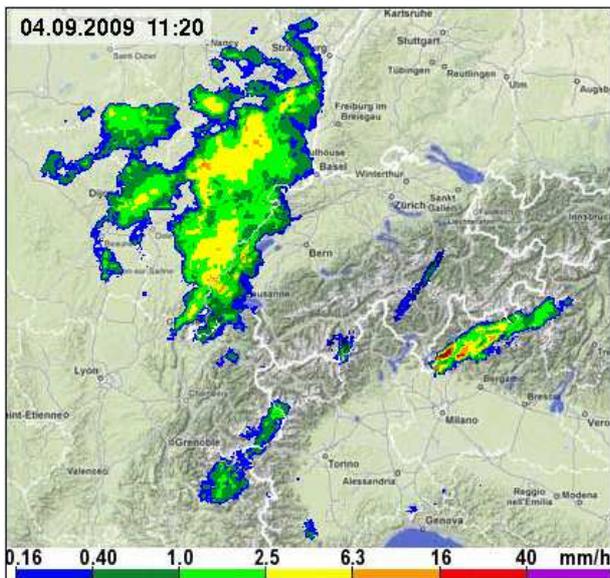
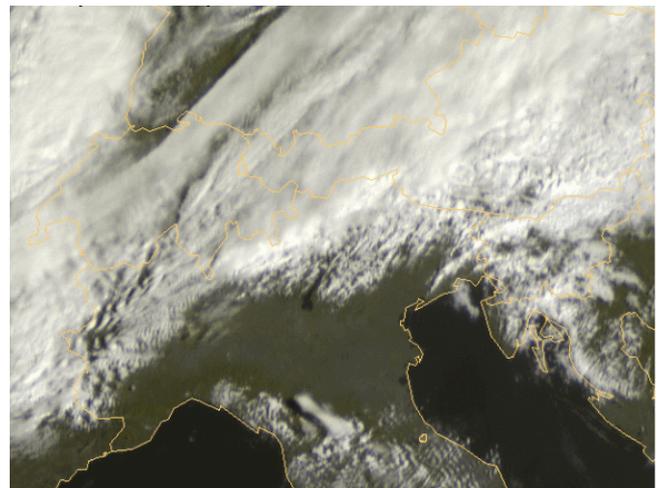


Figure 16/17.

A sinistra: composit radar a cura di MeteoSvizzera relativo alle 11,20 (ora legale) del 4 settembre. Si noti la sottile banda di precipitazione che si estende dalla Lombardia fino al gruppo dell'Ortles. Data la notevole distanza dal radar è verosimile che il segnale risulti attenuato, e quindi la pioggia sottostimata, in direzione nord-est. Questo dipende dalle caratteristiche del radar in uso. Sulla Svizzera occidentale e sull'Alsazia è evidente la seconda parte attiva del fronte freddo che in serata e nella notte successiva ha portato ulteriori precipitazioni anche sull'Alto Adige (© MeteoSvizzera 2009)

A destra: immagine scattata dal satellite MSG alle ore 11 (ora legale) dello stesso giorno. Il cielo si presenta sereno sulla Pianura Padana, mentre ad est del Canton Ticino, sulle Prealpi Lombarde, è evidente lo sviluppo di alte celle temporalesche, che sospinte dalle correnti sud-occidentali, arrivano ad interessare anche l'Alto Adige. Schiarite si notano in Bassa Atesina e Trentino (© Eumetsat 2009).

Le masse d'aria sull'Alto Adige erano di natura subtropicale, quindi molto calde. Verosimilmente, nella direzione del flusso, sopra la Pianura Padana, l'atmosfera denotava una potenziale instabilità e quindi quantomeno uno strato di questa risultava labile. Quando le masse d'aria, mosse dalle forti correnti sudoccidentali, hanno impattato sulle Alpi, sono state costrette a sollevarsi con conseguenti variazioni di pressione, temperatura e umidità relativa. Il radiosondaggio effettuato a Milano alle 2, ora legale (vedi Figura 18) mostra effettivamente la labilità e il forte vento sudoccidentale descritti. Uno strato umido è presente tra i 1500 m ed i 2500 m. Il sollevamento dell'aria, indotto dapprima da cause orografiche, è proseguito indisturbato raggiunte le masse d'aria a stratificazione più labile. La instabilità potenziale ha così potuto svilupparsi completamente producendo grandi nubi di pioggia nell'aria umida.

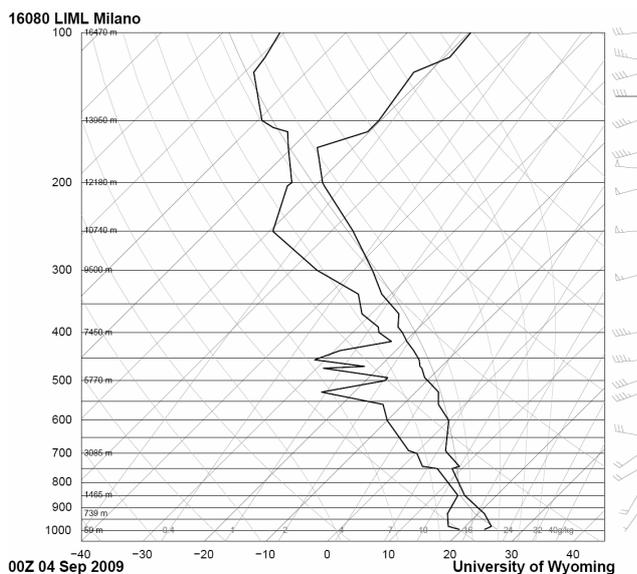


Abbildungen 16/17.

Links: Radarbild der Meteoschweiz um 11:20 Uhr MESZ vom 4. September. Zu sehen ist einerseits das schmale Regenband über der Lombardei, das sich in Richtung Ortlergruppe und damit Südtirol erstreckte. Durch die große Entfernung vom Schweizer Radar kam es scheinbar zu einer Abschwächung des Regens nach Nordosten zu. Dies hatte jedoch mit den Radargegebenheiten zu tun. Weiters kann man über der Westschweiz und dem Elsass die zweite Staffel der Kaltfront erkennen, die am Abend und in der Nacht Südtirol weiteren Regen brachte. (© Meteo-schweiz 2009)

Rechts: MSG-Satellitenbild von 11 Uhr MESZ, Alpenausschnitt. In der Poebene war es wolkenlos, während sich östlich des Tessins in den Voralpen der Lombardei dicke Gewitterzellen auftürmten und mit der Südwestströmung Südtirol erfassten. Im südlichen Unterland und im Trentino kam es zu Auflockerungen (© Eumetsat 2009).

Die Luftmasse, in dessen Einfluss Südtirol sich befand, war subtropischer Natur, sie war sehr warm. Vermutlich besaß die Luft stromaufwärts (also über der Poebene) auch eine potentielle Instabilität, das bedeutet zumindest eine Schicht der Atmosphäre muss labil geschichtet gewesen sein. Durch die starke Südwestströmung traf die Luft auf die Alpen und wurde zum Aufsteigen gezwungen. Bei diesem Vorgang änderten sich mit der Höhe Druck, Temperatur und relative Feuchtigkeit. Der Radiosondenaufstieg von Mailand um 2 Uhr MESZ (siehe Abb. 18) weist tatsächlich eine labile Schichtung auf, zudem lässt sich der starke Südwestwind ausmachen. Weiters fällt eine feuchte Schicht zwischen 1500 und ca. 2500 m auf. Die durch die Berge anfangs erzwungene Hebung der Luftmasse setzte sich, einmal in der labil geschichteten Umgebungsluft angekommen, ungehindert fort. Die potentielle Instabilität konnte sich so voll entfalten und aus der ohnehin recht



feuchten Luft große Regenwolken produzieren.

Abbildung 18. Radiosondenaufstieg aus Mailand am 4. September um 2 Uhr MESZ. Zwischen 1500 und 2500 m Höhe ist eine sehr feuchte Schicht in der Atmosphäre zu erkennen, darüber wird die Luft wieder etwas trockener (daher wolkenarmer). Außerdem wehte starker Wind aus Südwest (Fiedern am rechten Bildrand), der mit der Höhe auf West drehte. Die Winddrehung bedeutet eine Warmluftzufuhr, was im Vorfeld der Kaltfront typisch ist (© University of Wyoming 2009).

Figura 18. Radiosondaggio di Milano, 4 settembre ore 2 (ora legale). Tra 1500 m e 2500 m è riconoscibile uno strato molto umido sopra il quale l'atmosfera diviene nuovamente più asciutta e quindi con meno nuvole. Il forte vento da sud-ovest risulta dalla simbologia sulla destra dell'immagine. Con l'aumento della quota il campo eolico si dispone da ovest. Ciò testimonia un'avvezione di aria calda, tipica nella zona prefrontale di un fronte freddo (© University of Wyoming 2009).

Sulle Alpi bergamasche si sono così formate nuove celle temporalesche con forti piogge associate, in intensificazione sulle valli di Sole e di Non e che hanno attraversato l'Alto Adige da sud-ovest a nord-est. Lungo tale banda è piovuto senza interruzioni per diverse ore, con intensità di precipitazione dell'ordine dei 20 mm/h registrate da più stazioni, come ad esempio a Sarentino e Terento. Maggiormente colpite dalle forti piogge sono state la zona dell'Ortles, quella delle Maddalene, la media Valle dell'Adige, la Val Sarentino, la media Valle Isarco e la orografica destra della bassa Pusteria, in particolare la Valle Aurina. Le precipitazioni cumulate qui registrate nella prima parte della giornata sono state considerevoli. Il limite delle nevicate è rimasto peraltro per lo più al di sopra delle cime con temperature tra 1° e 4° sullo Sperone di Fontana Bianca (3124 m), attorno ai 4° sia sul Pizzo Lungo (3105 m) sia sul Monte Scabro di Plan (2926 m).

A sinistra e a destra di questa banda larga circa 30 km è piovuto decisamente meno. In alcune zone del territorio provinciale, come è stato il caso in Bassa Atesina o sulle Dolomiti, il clima si è mantenuto asciutto con qualche tratto soleggiato fino a mezzogiorno. Nella parte centrale della giornata, l'irraggiamento solare ha portato alla formazione di nuovi temporali su Pianura Padana e Trentino, che hanno interessato anche la parte meridionale ed orientale dell'Alto Adige portando da 5 a 10 mm di pioggia. Un acquazzone si è registrato anche a Bolzano. Contemporaneamente sulla Lombardia le correnti sono ruotate disponendosi da ovest, è calato l'apporto di aria umida e si è interrotta la formazione di rovesci e temporali con conseguente cessazione delle piogge anche sull'Alto Adige. Attorno alle 15,00 i fenomeni sono cessati anche in Val Pusteria ed in Valle Aurina spostandosi verso est. Si è così assistito ad un miglioramento delle condizioni meteorologiche.

Ständig bildeten sich so in den Bergamasker Alpen neue Gewitterzellen mit kräftigen Regenschauern, die sich über dem Trentiner Sulzberg und Nonsberg weiter intensivierten und dann Südtirol von Südwest nach Nordost überquerten. Im Bereich dieses Bandes regnete es über Stunden stark und pausenlos, Regenraten von über 20 mm/h wurden gleich an mehreren Wetterstationen gemessen, so etwa in Sarnthein oder auch in Terenten. Vom Regenband am stärksten betroffen waren der Bereich von der Ortlergruppe über den Deutschnonsberg und das mittlere Etschtal, weiter über das Sarntal, das Eisacktal und das untere Wipptal bis ins untere Pustertal mit seinen nördlichen Seitentälern, allen voran das Ahrntal. In diesen Regionen kamen vor allem in der Früh und am Vormittag enorme Regenmengen zusammen. Die Schneefallgrenze lag ausgesprochen hoch, meist sogar über Gipfelniveau der höchsten Berge. Zur Zeit der stärksten Niederschläge lag die Temperatur zwischen 1° und 4° am Felssporn (3124 m), auf der Lengspitze (3105 m) und am Rauhjoch (2926 m) auch um 4°.

Links und rechts dieses Bandes, das eine Breite von rund 30 km hatte, regnete es nur wenig. Zum Teil blieb es bis über Mittag sogar weitgehend trocken, etwa im Unterland und in den Dolomiten, wo auch ein bisschen die Sonne zum Vorschein kam. Um die Mittagszeit herum bildeten sich, durch die Sonneneinstrahlung über dem Trentino und der Poebene begünstigt, zudem Gewitter, die dann auch dem Süden und Südosten Südtirols 5 bis 10 mm Niederschlag brachten, in Bozen kam es zu Platzregen. Etwa zur gleichen Zeit änderten sich die Strömungsbedingungen in der Lombardei, der Wind drehte von Süd-west auf West und das Feuchteangebot nahm ab. Die Bildung von Regenschauern und Gewittern bei unseren südwestlichen Nachbarn kam plötzlich und abrupt zum Erliegen, der Regen ließ um ca. 15 Uhr auch im Pustertal und im Ahrntal nach und zog nach Osten ab. Es kam zu einer Wetterberuhigung und die Sonne

traute sich etwas hervor.

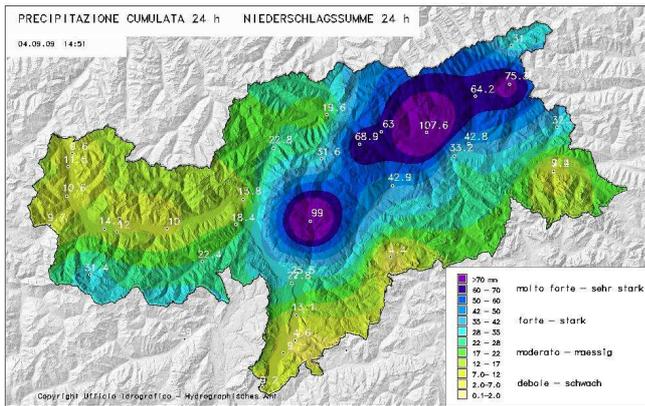
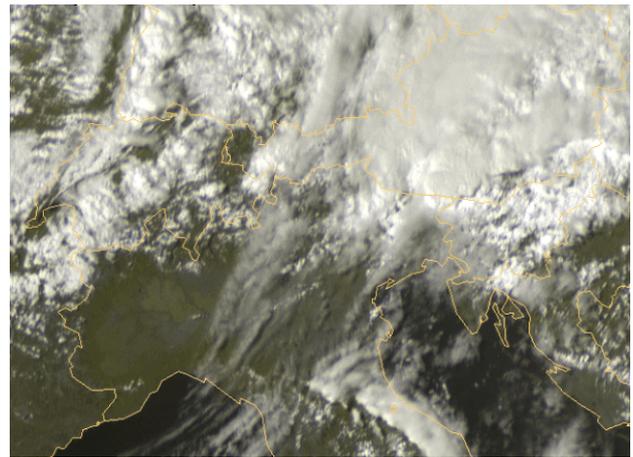


Figure 19/20.

A sinistra: Distribuzione della precipitazione caduta dalle 15:00 del 3 settembre alle 15:00 del 4 settembre. Risulta evidente il baricentro delle piogge lungo la linea Val Sarentino - Valle Aurina.

A destra: dettaglio delle Alpi dell'immagine scattata dal satellite MSG alle ore 16 (ora legale) del 4 settembre. In Lombardia è cessata la formazione di nuovi rovesci e si hanno le prime schiarite. In Alto Adige si ha anche qualche tratto soleggiato e le piogge si sono spostate verso il Tirolo dell'Est e la Corinzia (© Eumetsat 2009).

Verso sera si sono registrati nuovi rovesci e temporali, in parte intensi. Questi sono risultati dalla rotazione dei venti da nord-ovest con l'aria fredda che ha preso il posto di quella calda e l'effettivo passaggio del fronte freddo sulle Alpi. Nuovamente si sono registrate precipitazioni anche in Alto Adige, tuttavia con forti differenze tra una zona e l'altra. In Val Venosta, Burggraviato e Bassa Atesina le quantità di pioggia si sono attestate tra 1 e 6 mm. Nella parte nordorientale della provincia, che già durante la giornata era stata maggiormente investita dalle precipitazioni, è piovuto di più. Nella Wipptal, in Val d'Isarco ed in Val Pusteria sono caduti 10-20 mm di pioggia, localmente di più. Alle stazioni meteorologiche di Campo Tures e Riva di Tures sono caduti rispettivamente ulteriori 26 e 35 mm di pioggia.



Abbildungen 19/20.

Links: Verteilung des von 3. September 15:00 bis 4. September 15:00 Uhr gefallenen Niederschlags. Der Schwerpunkt entlang einer Linie vom Sarntal bis ins Ahrntal sticht ins Auge.

Rechts: MSG-Satellitenbild vom 4. September 16 Uhr MESZ, Alpenausschnitt. In der Lombardia war die Bildung von neuen Regenschauern zum Erliegen gekommen, der Himmel klarte auf. Auch in Südtirol kam es von Westen her zu Auflockerungen, der Regen war schon nach Osttirol und Kärnten gezogen (© Eumetsat 2009).

Gegen Abend entstanden aber neue teils heftige Regenschauer und Gewitter. Diese bildeten sich durch die langsame Drehung des Windes auf Nordwest und dem damit verbundenen Verdrängen der Warmluft durch die Kaltluft. Es handelte sich hier um die eigentliche Kaltfront, die nun die Alpen überquerte. In der Folge regnete es zeitweise erneut in ganz Südtirol, doch wieder waren die regionalen Unterschiede groß. Im Vinschgau, im Burggrafenamt und im Unterland fielen bis kurz nach Mitternacht nur 1 bis 6 mm. In der Nordosthälfte des Landes hingegen, die schon bisher an diesem Tag am meisten Regen abbekommen hatte, regnete es erneut deutlich mehr. Im Wipptal, im Eisacktal und im Pustertal kamen verbreitet 10 bis 20 mm zusammen, vereinzelt auch mehr. An den Stationen Sand in Taufers und Rein in Taufers fielen noch einmal 26 bzw. 35 mm.

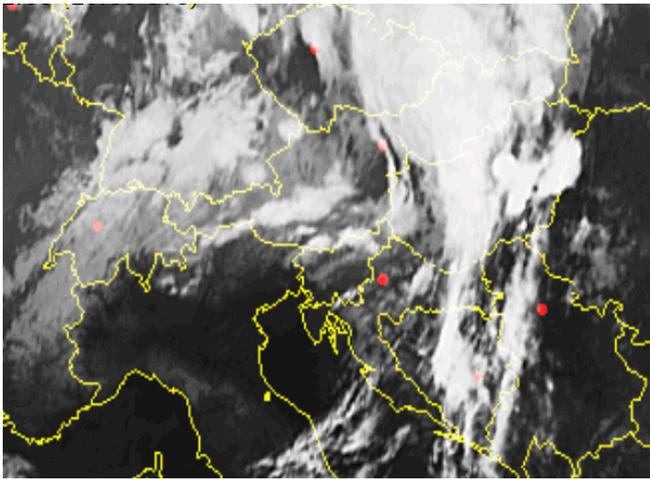


Figura 21.

Dettaglio delle Alpi dell'immagine ad infrarossi scattata dal satellite MSG alle 22 (ora legale) del 4 settembre. In ragione dell'avvezione di aria fredda e della rotazione dei venti da sud-ovest a nord-ovest, nella parte settentrionale dell'Alto Adige si sono verificate nuove piogge, che si sono poi spostate verso est lungo i Tauri (© Eumetsat 2009).

Abbildung 21.

MSG-Satellitenbild vom 4. September um 22 Uhr MESZ, Alpenausschnitt, Nachtbild (infrarot). Durch die Kaltluftadvektion und die Winddrehung von Südwest auf Nordwest entstanden vor allem in der Nordhälfte Südtirols neue, starke Regenschauer, die dann entlang der Tauern nach Osten zogen (© Eumetsat 2009)

La temperatura si è abbassata solo alla fine di questa seconda fase di precipitazione con l'irruzione dell'aria fredda. In montagna le temperature sono crollate di circa 10° nel giro di 3 ore con conseguente marcato abbassamento del limite delle nevicate. Dopo la mezzanotte la neve è scesa fino a 2200 m circa ed ha imbiancato anche la Plose e Plan de Corones. La mattina successiva, anche sulla cima del Gran Pilastro (3505 m) si sono osservati tuttavia solo 2 cm di neve, a testimoniare come anche venerdì 5 e la notte successiva la maggior parte delle precipitazioni è caduta in forma liquida. Essa non è stata così accumulata sotto forma di neve ma è andata così ad alimentare direttamente i deflussi.

Zum Ende dieser zweiten Niederschlagsaktivität sackte mit dem Eindringen der kälteren Luft die Temperatur ab. Auf den Bergen kühlte es binnen drei Stunden um knapp 10° ab. Somit sank auch die Schneefallgrenze deutlich ab. Kurzzeitig schneite es nach Mitternacht bis auf ca. 2200 m herab, sodass der Gipfelbereich des Kronplatz am Morgen des 6. Septembers angezuckert war, ebenfalls die Plose. Auf dem Gipfel des Hochfeiler (3500 m) lagen am Sonntag 2 cm Neuschnee. Somit hat es selbst in diesen Höhen am Freitag tagsüber kaum und auch während der Nacht auf Samstag nur wenig geschneit. Der meiste Niederschlag konnte somit nicht in fester Form auf den Bergen gebunden werden und floss direkt ab.



Abbildung 22.

Links: Webcambild vom Gipfel der Plose (Rundfunkanstalt Südtirol) vom 5. September um 6:42 Uhr MESZ Richtung Südosten. Bei Durchzug der Kaltfront war die Schneefallgrenze deutlich gesunken und am 5. September ging die Sonne auf einer leicht schneebedeckten Plose auf. Angezuckert waren im Bildhintergrund auch die Geislerspitzen im Villnösser Tal.

Figura 22.

Immagine scattata il 5 settembre alle ore 6,42 (ora legale) dalla webcam dalla cima della Plose (RAS) in direzione sud-est. Dalla neve al suolo e sulle Odle in Val di Funes all'orizzonte si evince l'abbassamento del limite della neve con il passaggio del fronte freddo.

Alle 3,00 di notte, il 5 settembre sono definitivamente cessate le precipitazioni, le nuvole associate alla bassa pressione si sono spostate verso est ed il sole è tornato a splendere su tutto l'Alto Adige, a meno della nebbia e delle nuvole basse inizialmente presenti in Val Pusteria.

Um 3 Uhr in der Nacht, am Samstag den 5. September klangen schließlich die letzten Regenschauer ab, die Wolken des Tiefs zogen nach Osten ab und in der Früh schien bereits in ganz Südtirol strahlend die Sonne. Einzig im Pustertal hielt sich anfangs etwas Nebel und Hochnebel.

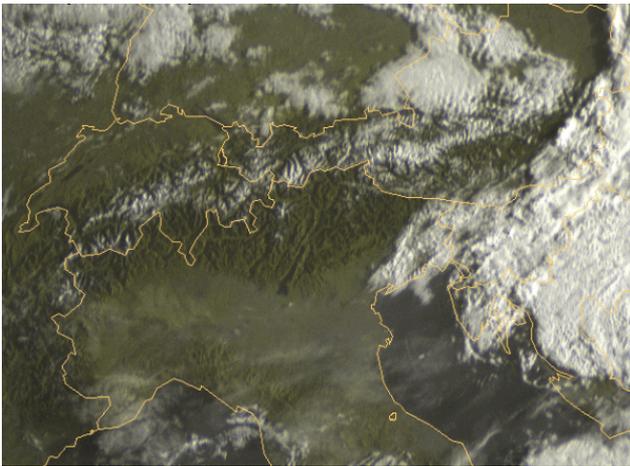


Abbildung 23.

MSG-Satellitenbild vom 5. September um 8 Uhr MESZ, Alpenausschnitt. Die Kaltfront war nach Osten abgezogen, das Wetter im Alpenraum hatte sich beruhigt. In Südtirol begann der Tag schon mit strahlendem Sonnenschein, nur im Pustertal hielt sich Frühnebel (© Eumetsat 2009).

Figura 23.

Dettaglio delle Alpi dell'immagine scattata dal satellite MSG alle 8 (ora legale) del 5 settembre. Il fronte freddo si è spostato verso est e le condizioni del tempo sulle Alpi sono in miglioramento. In Alto Adige sono presenti solo nebbie mattutine in Val Pusteria, altrove il tempo è soleggiato sin dal primo mattino (© Eumetsat 2009).

3. Andamento e distribuzione delle precipitazioni

L'elevata densità di stazioni meteorologiche presenti in Alto Adige consente una approfondita analisi spaziale dei campi di precipitazione che hanno determinato l'evento di piena descritto. In Figura 24 è rappresentata l'evoluzione trioraria delle precipitazioni cumulate misurate al suolo tra le 18,00 del 3 settembre e la stessa ora del giorno 5. È così possibile evidenziare l'evoluzione dell'evento con particolare riferimento alle intensità di pioggia e alle aree interessate.

Nella notte tra il 3 ed il 4 settembre è cominciato a piovere debolmente a partire dalla Alta Valle Isarco, con fenomeni anche in Val Pusteria ed in Valle Aurina ed intensità di pioggia inferiori a 5 mm/3h. Nel primo mattino del giorno 4 poi, con l'avvicinarsi del fronte freddo e la formazione dei primi rovesci sul Lago di Como (vedi paragrafo precedente) il regime delle precipitazioni ha subito un deciso impulso (vedi Figura 24 in alto a destra). A partire da sud-ovest, la pioggia si è poi estesa a quasi tutta la provincia, eccezion fatta per la Bassa Atesina, parti delle Dolomiti e la zona di Sesto Pusteria. La banda di maggiore intensità di precipitazione ha interessato la zona dell'Ortles, le Maddalene, la media Val d'Adige, la Val Sarentino, la parte meridionale della Wipptal e l'orografica destra della Val Pusteria fino alla Valle Aurina. A Gargazzone e Sarentino l'intensità di pioggia è già di circa 10 mm/h.

3. Niederschlagsverlauf und Niederschlagsverteilung

Die hohe Dichte an Wetterstationen in Südtirol lässt eine gute räumliche Analyse der Niederschläge des Hochwasserereignisses zu. In Abb. 24 ist der akkumulierte Regen vom 3. September 18:00 Uhr bis zum 5. September 3:00 Uhr jeweils in drei Stunden Schritten dargestellt und so kann die räumliche Verlagerung der Schwerpunkte und die Niederschlagsintensitäten gut analysiert werden.

Es zeigt sich, dass es in der Nacht auf 4. September nach und nach in einigen Regionen Südtirols ausgehend vom Wipptal, dem Pustertal und dem Ahrntal leicht zu regnen begonnen hatte. Die Regenraten lagen noch unter 5 mm/3h. In den frühen Morgenstunden des 4. September (Teilbild 4, oben rechts) jedoch stellte sich mit der immer näher rückenden Kaltfront und der Bildung der Regenschauer am Comer See (siehe voriges Kapitel) das Wetterregime schlagartig um. Aus Südwesten dehnte sich der Regen auf fast das ganze Land aus, einzig vom Unterland über Teile der Dolomiten bis in dem Sextner Raum blieb es vorerst weitgehend trocken. In einem Streifen von der Ortlergruppe und dem Deutschnonsberg über das mittlere Etschtal, das Sarntal, weiter über Teile des Wipptals und die nördlichen Teile des Pustertals bis ins Ahrntal begann es heftig zu regnen. In Gargazon und Sarnthein etwa lagen die Regenraten schon bei ca. 10 mm/h.

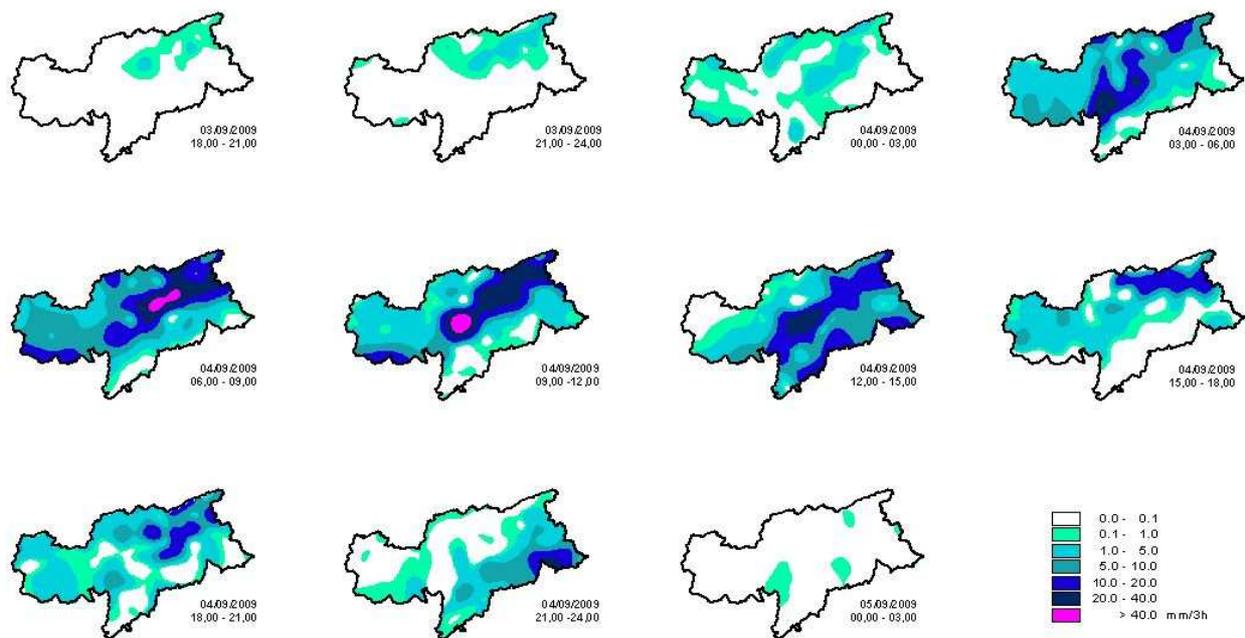


Figura 24. Evoluzione delle precipitazioni tra il 3 ed il 5 settembre 2009.

Abb. 24. Niederschlagsverlauf vom Abend des 3. bis zur Nacht auf den 5. September 2009.

Nelle ore successive ed in mattinata le precipitazioni sono ulteriormente aumentate di intensità ed hanno continuato ad interessare anzitutto la fascia fin qui descritta disposta secondo la direttrice sud-ovest nord-est dell'Alto Adige. Le cumulate orarie oscillano tra 10 e 25 mm con massimi di 23,3 mm tra le 7,00 e le 8,00 e 25,6 mm tra le 9,30 e le 10,30 misurati rispettivamente a Terento e Sarentino. Dai dati automatici ad alta risoluzione (5 minuti) risultano intensità di pioggia fino ai 4,2 mm/5' misurati ancora a Sarentino prima delle 12,00. Si tratta di intensità tipiche per i temporali estivi, quando esse possono essere anche maggiori. Un temporale non ha tuttavia durate di numerose ore e generalmente investe un'area ben più limitata. Il 4 settembre è invece piovuto molto intensamente e senza interruzione per diverse ore, per di più su di un'area piuttosto ampia. Su tale area sono così cadute quantità di pioggia inconsuete. A Terento si sono toccati i 100 mm già alle 13,00. Nella zona dolomitica e in Bassa Atesina la mattinata è stata al contrario asciutta e la pioggia è cominciata a cadere solo tra le 12,00 e le 15,00 (terza immagine nella seconda riga). Proprio dopo mezzogiorno le piogge hanno comunque cominciato ad attenuarsi venendo meno le condizioni al contorno precedenti sul Lago di Como. Nella stessa immagine si nota come in alta Val Venosta non abbia piovuto nel primo pomeriggio e come da ovest cominciassero le prime schiarite. Nelle ore successive ed in serata è poi passato il fronte vero e proprio con nuove precipitazioni intense concentrate anzitutto in Alta Valle Isarco, in Val Pusteria, nelle Valli di Tures e Aurina. In questa fase a Campo Tures sono caduti 22 mm di pioggia, a Terento quasi 20 mm. Dopo mezzanotte le precipitazioni sono cessate ovunque a partire da ovest e si è assistito ad un progressivo miglioramento delle condizioni meteorologiche.

L'evento di precipitazione di inizio settembre può venire scomposto in una successione di tre fasi. In Figura 25 è riportata la distribuzione spaziale delle piogge in tali 3 fasi e per l'evento complessivo.

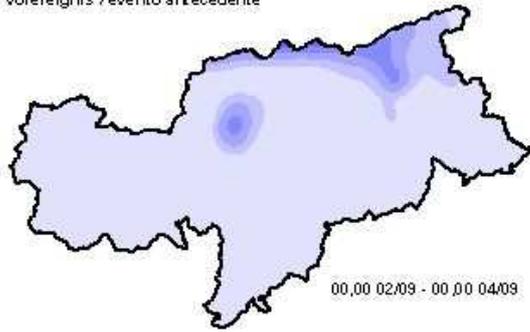
La fase "antecedente" l'evento principale ha avuto luogo nella notte tra il 2 ed il 3 settembre quando un temporale ha interessato anzitutto la Val Pusteria e le Valli di Tures e Aurina (immagine in alto a sinistra) con 37,2 mm di pioggia misurati a Campo Tures. L'evento "successivo" rispetto a quello principale è identificabile con il passaggio del fronte freddo nella sera del 4 settembre e nella notte successiva. Anche in tale caso è stata soprattutto la parte nord-orientale della provincia ad essere investita dalle precipitazioni più intense.

In den folgenden Stunden und am Vormittag verstärkten sich die Niederschläge weiter, und nach wie vor war der oben beschriebene Streifen vom Südwesten bis in den Nordosten Südtirols am stärksten betroffen. Die Regenraten pendelten sich bei rund 10 bis 25 mm pro Stunde ein, wobei die Wetterstation Terenten mit 23,3 mm (von 7:00 und 8:00 Uhr) und erneut Sarnthein mit sogar 25,6 mm (9:30 bis 10:30 Uhr) hervorstachen. Schaut man sich die 5-minuten Messungen an, so findet man die größte Regenrate hingegen kurz vor 12:00 Uhr. Innerhalb von 5 Minuten fallen in Sarnthein 4,2 mm. Diese Raten wären für sommerliche Gewitter an und für sich nichts ungewöhnliches, bei einem starken Gewitter kann es vielmehr sogar weitaus heftiger regnen. Doch ein Gewitter zieht sich nicht über Stunden und betrifft meist nur ein eng begrenztes Gebiet. Im Falle des 4. September jedoch hat es zum einen stundenlang ohne Unterbrechung stark geregnet, zum anderen war ein doch recht breiter Streifen quer über Südtirol vom starken Regen betroffen. So sind verbreitet ungewöhnlich große Regenmengen zusammengekommen. In Terenten beispielsweise sind bereits um 13:00 Uhr über 100 Liter Regen pro Quadratmeter gefallen. Dagegen war es im Unterland und in den Dolomiten den ganzen Vormittag hindurch weitgehend trocken, erst zwischen 12:00 und 15:00 Uhr (Teilbild 3 in der 2. Zeile) regnete es auch hier. In dieser Zeit begannen sich die Niederschläge jedoch vorübergehend abzuschwächen, da die Bildung neuer Regenwolken am Comersee zum Erliegen kam. Der Obervinschgau (Teilbild 3 in der 2. Zeile) etwa zeigte sich am frühen Nachmittag trocken und von Westen her lockerte es vorübergehend auch auf. In den darauf folgenden Stunden und am Abend zog jedoch die eigentliche Kaltfront mit neuen teils heftigen Regenschauern und Gewittern durch, die meisten gab es im Wipptal, im Pustertal, im Tauferertal und Ahrntal. In Sand in Taufers fielen noch einmal 25 mm, in Rein in Taufers 22 mm, in Terenten fast 20 mm. Nach Mitternacht klangen die Niederschläge von Westen her endgültig überall ab, das Wetter beruhigte sich.

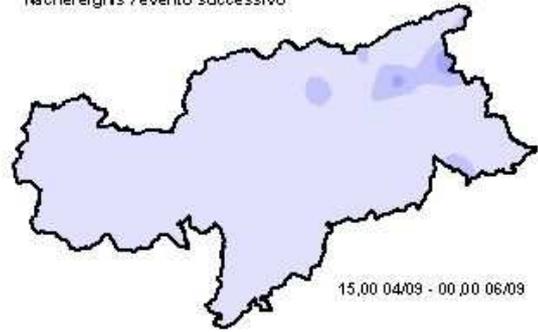
Das gesamte Niederschlagsereignis vom 02.09.2009 bis zum 05.09.2009 kann in drei Phasen geteilt werden. In Abbildung 25 ist die räumliche Verteilung des gefallen Regens für die drei Zeitabschnitte, sowie für das gesamte Ereignis dargestellt.

Das "Vorereignis" fand besonders in der Nacht vom 2. auf 3. September statt als Gewitter durchzogen und vor allem im Pustertal sowie im Tauferer und Ahrntal größere Regenmengen gebracht haben (siehe linkes oberes Teilbild), so in Sand in Taufers mit 37,2 mm. Auch beim Nachereignis, dem Durchzug der eigentlichen Front am Abend des 4. und der darauf folgenden Nacht (rechtes oberes Teilbild), kann man erkennen, dass erneut der Nordosten Südtirols am meisten Regen abbekommen hat.

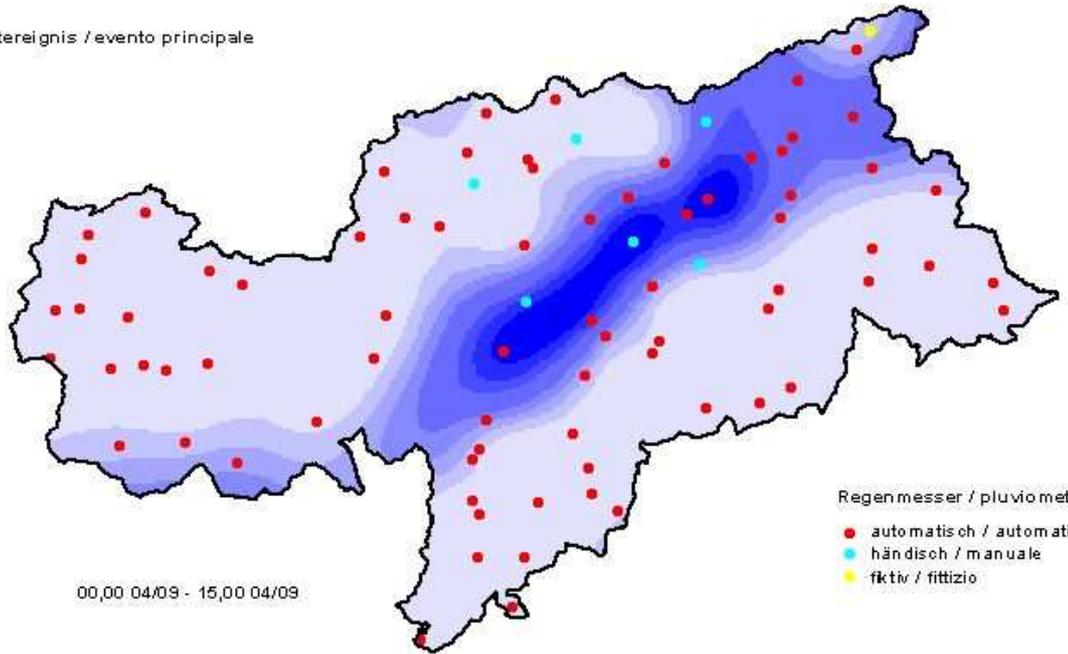
Voreignis / evento antecedente



Nachereignis / evento successivo



Hauptereignis / evento principale



Regenmesser / pluviometro

- automatisch / automatico
- händisch / manuale
- fiktiv / fittizio

Gesamtereignis / evento complessivo

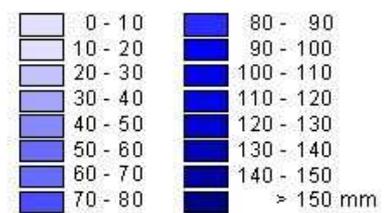
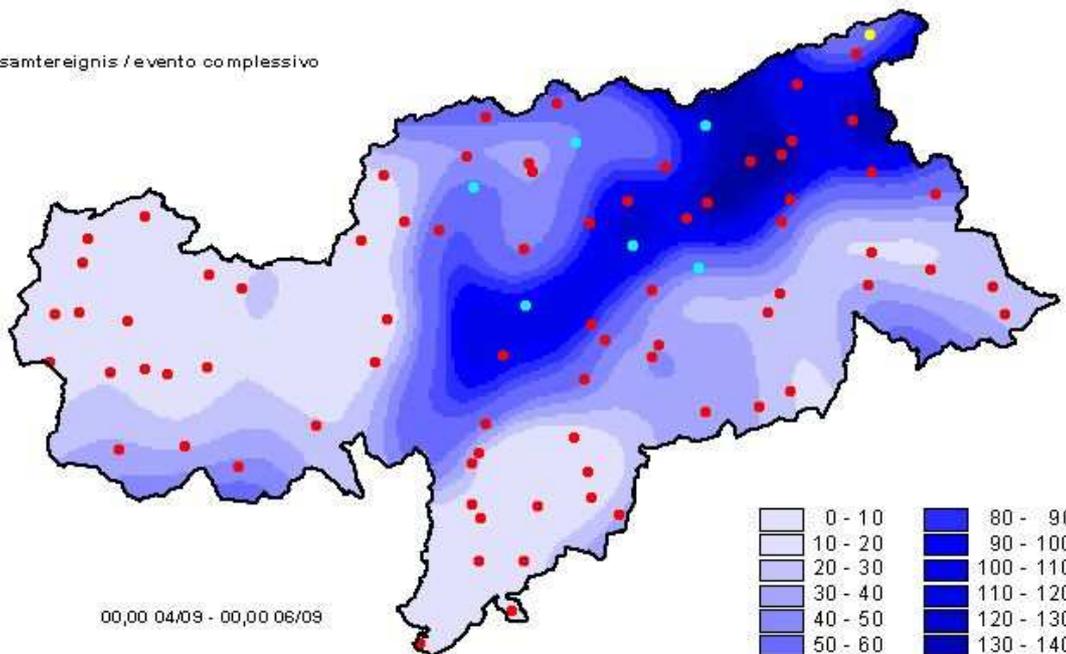


Figura 25. Interpolazione spaziale dei dati di precipitazione cumulata riferiti all'evento osservato con distinzione della fase antecedente lo stesso, nonché di quelle principale e di esaurimento.

L'evento „principale“, che ha portato anche i maggiori problemi di natura idrogeologica, si è verificato nella prima parte della giornata del 4 settembre. Al centro della Figura 25 risulta evidente l'area investita con maggiore veemenza dalle precipitazioni, in particolare una striscia di territorio disposta secondo la direttrice sud-ovest / nord-est compresa tra la zona dell'Ortles e la Valle Aurina passando per la Val Sarentino, la bassa Wipptal, i monti di Fundres e la Valle di Tures. In questa zona, nel giro di poche ore, sono cadute precipitazioni particolarmente intense. Cumulata massima è stata misurata a Terento con 105,8 mm, seguito da Fortezza con 104,6 mm e Sarentino con 99,0 mm. Al di fuori della fascia descritta le precipitazioni sono state decisamente inferiori con cumulate generalmente inferiori a 20 mm. Nella stessa Val Sarentino si segnalano gradienti molto forti; alla stazione di Pennes ad esempio sono stati registrati solo 29,6 mm, circa un terzo che non a S. Martino (85,2 mm). Il bacino maggiormente interessato dall'evento è stato quello del rio Danza. In Val Sarentino peraltro sia durante la fase denominata antecedente sia in quella successiva alla principale non sono cadute precipitazioni significative.

Considerate tutte 3 le fasi, risultano le precipitazioni rappresentate in Figura 25. La massima cumulata di pioggia è stata misurata alla stazione meteorologica di Terento con 142,3 mm caduti tra le ore 20,00 del 2 settembre e le 1,00 del mattino del giorno 5. Una delle più basse cumulate è stata misurata alla stazione di Ora con 6,4 mm di pioggia.

In Tabella 1. è riportato un elenco più completo delle precipitazioni cumulate registrate nelle zone maggiormente colpite dall'evento e nei centri principali della provincia di Bolzano. Anche in questo caso si distinguono, per una migliore comprensione, le tre fasi in cui è stato suddiviso l'evento.

Abbildung 25. Räumliche Verteilung des gefallenen Niederschlags bezogen auf das Ereignis mit der Unterscheidung zwischen dem Vorereignis, dem Hauptereignis und dem Nachereignis.

Das Hauptniederschlagsereignis, jenes das auch die größten hydrogeologischen Folgen hatte, fand von den frühen Morgenstunden bis zum frühen Nachmittag des 4. September statt. Auf dem mittleren Teilbild der Abbildung 25 lässt sich der besonders betroffene relativ schmale Streifen vom Südwesten des Landes über das Sarntal und das untere Wipptal, die Pfunderer Berge bis ins Tauferer und Ahrntal sehr gut erkennen. In diesem Bereich regnete es innerhalb wenigen Stunden enorme Mengen, der Spitzenreiter war Terenten mit 105,8 mm gefolgt von Franzensfeste mit 104,6 mm und Sarnthein mit 99 mm. Abseits dieses Streifens fielen die Niederschlagsmengen bedeutend kleiner aus mit meist weniger als 20 mm. Selbst im Sarntal gab es große Unterschiede, denn an der Wetterstation Pens wurden während des Hauptereignisses „nur“ 29,6 mm Regen gemessen, in Reinswald hingegen 85,2 mm. Am meisten wurde das Einzugsgebiet des Tanzbaches vom Ereignis betroffen. Außerdem fand im Sarntal keine nennenswerte Vorbefeuchtung des Bodens vom 2. auf den 3. September statt und während des Durchzugs der eigentlichen Kaltfront (Nachereignis) fiel auch nur noch wenig Regen.

Fügt man alle drei Niederschlagsereignisse zusammen, erhält man das unterste Teilbild der Abbildung 25. Insgesamt am meisten hat es an der Wetterstation in Terenten geregnet. Hier kamen von 20 Uhr des 2. November bis 1 Uhr des 5. 142,3 mm vom Himmel. Einer der Orte mit dem geringsten Niederschlag war Auer mit gerade einmal 6,4 mm.

Eine vollständige Auflistung der Niederschlagsmengen an den besonders betroffenen Ortschaften sowie von Hauptorten finden Sie in Tabelle 1. Auch hier wurde zum besseren Verständnis und Vergleich zwischen dem Vor-, dem Haupt- und dem Nachereignis unterschieden.

Ortschaft Località	2.9. 00:00 - 4.9. 00:00 „Vorereignis“ „evento antecedente“	4.9. 00:00 - 4.9. 15:00 „Hauptereignis“ „evento principale“	4.9. 15:00 - 6.9. 00:00 „Nachereignis“ „evento successivo“	2.9. 00:00 - 6.9. 00:00
Terenten - Terento	16,7	105,8	19,8	142,3
Rein in Taufers -Riva di Tures	27,8	73,3	34,7	135,8
Sand in Taufers - Campo Tures	40,2	61,4	28,2	129,8
Sarnthein - Sarentino	2,2	99,0	4,2	105,4
Franzensfeste - Fortezza	17,4	104,6	3,0	125,0
Mühlwald - Selva dei Molini	38,2	82,0	29,4	149,6
Steinhaus - Cadipietra	36,6	63,6	10,4	110,6
Reinswald - S. Martino	8,8	91,2	4,8	104,8
Grasstein - Le Cave	15,6	65,2	12,6	93,4
Vals - Valles	16,7	74,9	29,0	120,6
Bruneck - Brunico	24,0	42,8	10,2	77,0
Madritsch - Madriccio	10,5	58,6	2,9	72,0
Brixen - Bressanone	2,2	43,8	12,8	58,8
Klausen - Chiusa	8,8	40,8	8,4	58,0
Montal - Mantana	16,6	33,2	8,0	57,8
Prettau - Predoi	29,8	36,2	11,2	77,2
Pens - Pennes	18,8	29,6	6,2	54,6
St. Magdalena - S. Maddalena	16,0	25,4	13,6	55,0
Gargazon - Gargazzone	0,4	45,6	1,6	47,6
Weißbrunn - Fontana Bianca	3,2	42,6	3,0	48,8
Sterzing - Vipiteno	16	19,6	8,4	44,0
Bozen - Bolzano	0,0	25,5	4,2	29,7

Tabella 1. Precipitazioni espresse in mm misurate da una serie di stazioni meteorologiche distinguendo i parziali imputabili alle tre fasi in cui è stato scomposto l'evento. Nell'ultima colonna è riportata la cumulata complessiva.

Tabelle 1. Niederschlagsmengen in mm verschiedener Ortschaften Südtirols mit Unterscheidung zwischen den drei Phasen des Niederschlagsereignisses. In der letzten Spalte ist die gesamte gefalle Regenmenge angegeben.

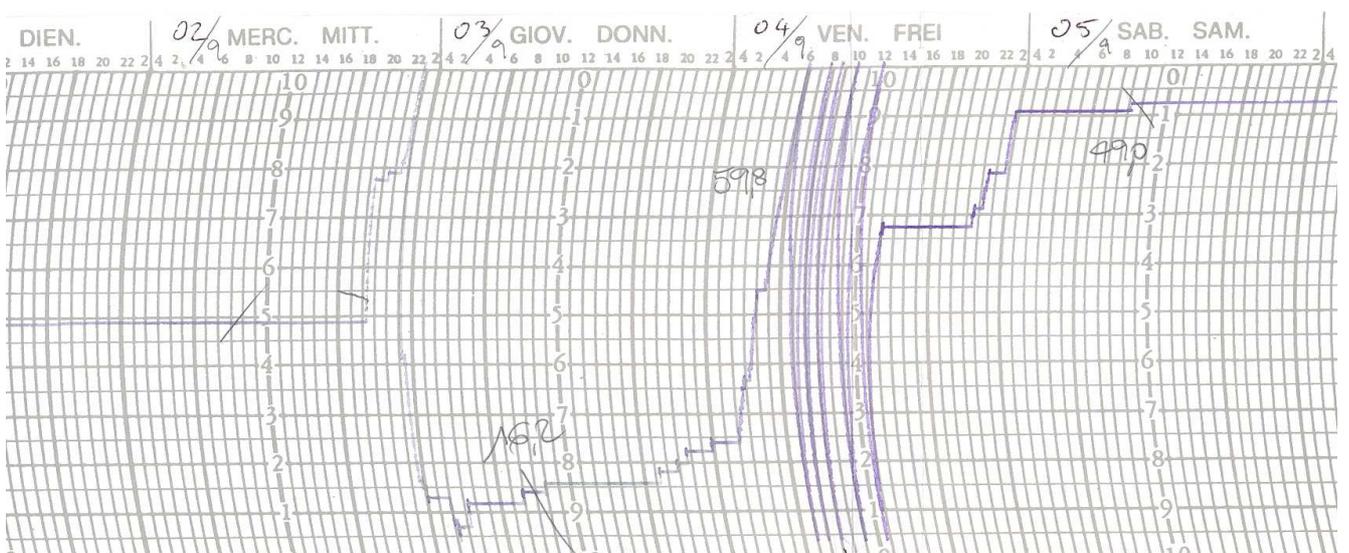


Figura 26. Registrazione del pluviografo disposto sulla diga di Fortezza con evidenza della intensità di pioggia molto forte registrata il giorno 4 settembre 2009.

Abbildung 26. Aufzeichnung des Pluviographen auf der Staumauer in Franzensfeste. Im Verlauf des Graphen am 4. September lässt sich die starke Intensität des Regens erkennen.

Una delle località più pesantemente colpite dalle piogge e dalle conseguenze idrogeologiche che ne sono derivate è stata Fortezza in Alta Valle Isarco. In Figura 26 è riportato l'andamento delle precipitazioni rilevato dall'idrometrografo disposto sulla diga del lago omonimo. Anche in questo caso sono evidenti le tre fasi di precipitazione: la prima concomitante con il temporale registrato nella notte tra 2 e 3 settembre, la seconda e principale tra la mattinata ed il primo pomeriggio del giorno 4 e la terza con il transito del fronte freddo vero e proprio nella notte successiva. Nelle tre fasi sono caduti rispettivamente 17,4, 104,6 e 3,0 mm di pioggia. Complessivamente sono caduti 125,0 mm di precipitazione, che equivalgono a 125,0 l al metro quadrato.

4. Analisi delle precipitazioni

I valori massimi di intensità delle precipitazioni orarie e triorarie si sono registrate la mattina del 4 settembre sia sul bacino del Talvera, sia sul quello dell'Aurino, ossia in entrambe le zone maggiormente interessate dai fenomeni. Come si nota dalle curve di possibilità pluviometrica sotto riportate, l'evento è ivi stato decisamente significativo.

A Sarentino sono state registrate intensità di pioggia di oltre 100 anni per le durate di 6 e 12 ore, e comunque superiori ai 30 anni per la durata di 24 ore. Rispettivamente sono state misurate precipitazioni cumulate di 78,4 mm/6h alle 13,00 del 4/09, di 98,6 mm/12h alle 14,00 dello stesso giorno e 103,2 mm/24h alle 1,30 del giorno successivo.

A Selva dei Molini l'evento ha avuto una durata superiore e l'intensità di precipitazione ha raggiunto il tempo di ritorno maggiore, prossimo ai 50 anni, per 24 ore di pioggia. Per le durate di pioggia di 6 e 12 ore è stato superato il dato statistico 30-ennale. In particolare sono state misurate precipitazioni cumulate di 59,4 mm/6h alle 13,00 del 4/09, di 82,0 mm/12h alle 14,05 dello stesso giorno e 111,2 mm/24h alle 0,45 del giorno successivo.

Considerate anche le precipitazioni cadute nei giorni antecedenti il giorno 4 settembre, si ritiene che, anzitutto per la zona dei monti di Fundres e della Valle Aurina, non sia da trascurare la pioggia caduta a cavallo tra i giorni 2 e 3 del mese con conseguente parziale saturazione del suolo. Alla stazione di Molini di Tures, in questo evento antecedente a quello principale, sono caduti 46,6 mm, a Selva dei Molini 38,2 mm.

Ein der von den Niederschlägen und den unmittelbaren Auswirkungen am stärksten betroffene Ortschaften war Franzensfeste im Wipptal. Abbildung 26 zeigt den Niederschlagsverlauf, der auf der Staumauer des Sees aufgezeichnet wurde. Es zeigt sich, dass auch hier das Niederschlagsereignis drei Phasen hatte. Die ersten Regenfälle wurden bei Gewittern vom 2. auf 3. September registriert, dabei kamen 16,2 mm zusammen. Das Hauptereignis fand am 4. September von den frühen Morgenstunden bis zum frühen Nachmittag statt. An den starken Ausschlägen der Aufzeichnung nach oben und nach unten lässt die Intensität des Regens erahnen. Zuletzt brachte noch der Durchzug der eigentlichen Kaltfront in der Nacht auf den 5. September Regenschauer mit einer Regenmenge von knapp 3 mm. Insgesamt kamen während der drei Ereignissen 125 mm Regen zusammen, also 125 Liter pro Quadratmeter.

4. Niederschlagsanalyse

Die höchsten stündlichen und dreistündigen Regenraten wurden am Vormittag des 4. September im Einzugsgebiet der Talfer und der Ahr gemessen, also in genau jenen Regionen die von Hochwasser und Muren besonders betroffen waren. Dass es sich um ein bedeutsames Ereignis gehandelt hat, ist in den Niederschlagswahrscheinlichkeitskurven (siehe weiter unten) ersichtlich.

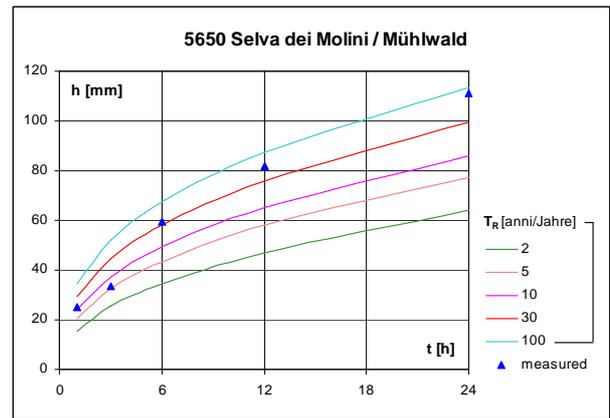
In Sarnthein lagen die Regenintensitäten für 6 und 12 Stunden über einer 100-jährlichen Wiederkehr, für 24 Stunden immerhin noch bei einer Jährlichkeit von über 30 Jahren. Die gemessenen Niederschläge betragen 78,4 mm/6h um 13:00 Uhr des 4. September, 98,6 mm/12h um 14:00 desselben Tages und 103,2 mm/24h um 1:30 des Folgetages.

In Mühlwald hatte der Regen eine längere Dauer und die Niederschlagsintensität hat dadurch eine höhere zeitliche Wiederkehr, nämlich um die 50 Jahre für den 24-stündigen Niederschlag. Für 6 und 12 Stunden ergab die Statistik ein über 30-jähriges Ereignis. Insgesamt wurden 59,4 mm/6h um 13:00 des 4. September, 82,0 mm/12h um 14:05 desselben Tages und 111,2 mm/24h um 0:45 des Folgetages gemessen.

Für das Hochwasser waren auch die Niederschläge der Tage vor dem 4. September nicht unwichtig. Vor allem für den Bereich der Pfunderer Berge und des Ahrntals darf der Regen vom 2. auf den 3. des Monats nicht übersehen werden, der zu einer Vorbefeuchtung bzw. teilweise Sättigung des Bodens führte. In Mühlen in Taufers hat dieses dem Hochwasser vorangehende Ereignis 46,6 mm, in Mühlen in Taufers 38,2 mm gebracht.



Figure 27/28. Curve segnalatrici di probabilità pluviometrica per le stazioni Sarentino e Selva dei Molini a diversi tempi di ritorno (anni), 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).



Abbildungen 27/28. Verlauf der Niederschlagswahrscheinlichkeit für die Stationen Sarnthein und Mühlwald für verschiedene Wiederkehrzeiten (Jahre) und die höchsten beobachteten Niederschlagsmengen für 1, 3, 6, 12 und 24 Stunden während des Hochwasserereignisses (Dreiecke).

6. Analisi dei deflussi

Nelle Figure 29-34 sono riportati gli idrogrammi di piena osservati alle stazioni rio Riva a Caminata, Aurino a S. Giorgio, Rienza a Vandoies, Isarco a Bressanone, Talvera a Bolzano ed Isarco a Bolzano sud ed i corrispondenti ietogrammi medi areali per i bacini idrografici drenati da tali sezioni. Per tutte le elaborazioni il limite delle nevicata è assunto pari a 3200 m s.l.m. e quindi la frazione nevosa della precipitazione risulta trascurabile.

rio Riva a Caminata:

- portata iniziale attorno ad $8 \text{ m}^3/\text{s}$, circa doppia rispetto ai valori medi mensili in ragione dell'evento di precipitazione registrato nella notte tra il 2 ed il 3 settembre;
- portata al colmo pari a $119 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad una altezza idrometrica di 1,97 m, alle ore 14:30 del 4 settembre.

Aurino a S. Giorgio:

- portata iniziale attorno ai $30 \text{ m}^3/\text{s}$, superiore ai valori medi mensili in ragione dell'evento di precipitazione registrato nella notte tra il 2 ed il 3 settembre;
- portata al colmo pari a $238 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad una altezza idrometrica di 3,13 m (prossima a quella di esondazione pari a 3,25 m), alle ore 16:00 del 4 settembre;
- il tempo di ritorno corrispondente alla portata di picco è di circa 20 anni.

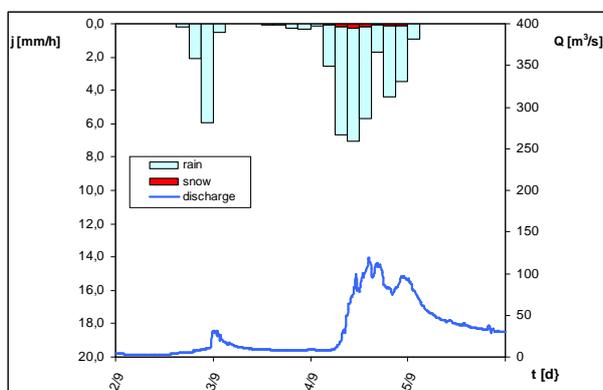


Figure 29/30. Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alle stazioni idrometriche rio Riva a Caminata (a sinistra) e Aurino a S. Giorgio (a destra).

In entrambi i casi fin qui esaminati, ossia per il rio Riva e per l'Aurino, gli idrogrammi di piena denotano un massimo relativo in fase di esaurimento prodotto dalle precipitazioni occorse nella tarda serata del 4 settembre.

Per il rio Riva non è stimato il tempo di ritorno dell'evento essendo la stazione di Caminata stata installata solo nel 2007. Ad ogni modo è verosimile che esso non sia inferiore rispetto a quello relativo all'Aurino a S. Giorgio.

6. Abflussanalyse

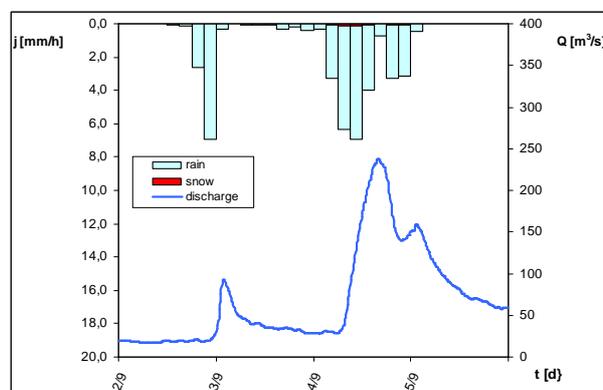
In den Abbildungen 29 bis 34 sind die Hochwasserganglinien der Pegelstationen Reinbach in Kematen, Ahr in St. Georgen, Rienz in Vintl, Eisack in Brixen, Talfer in Bozen und Eisack in Bozen Süd und die entsprechenden mittleren Niederschlagsdiagramme für die jeweiligen Einzugsgebiete angegeben. Für alle Auswertungen wurde eine Schneefallgrenze von 3200 m Höhe angenommen. Somit ist der Anteil von Schnee am Gesamtniederschlag vernachlässigbar.

Reinbach in Kematen:

- Anfangsdurchfluss von rund $8 \text{ m}^3/\text{s}$, entspricht dem doppelten des Monatsmittels, was auf den Regen in der Nacht von 2. auf 3. zurückgeführt werden kann;
- maximaler Hochwasserdurchfluss von $119 \text{ m}^3/\text{s}$, entspricht einem Wasserstand von 1,97 m, erreicht um 14:30 Uhr am 4. September.

Ahr in St. Georgen

- Anfangsdurchfluss von $30 \text{ m}^3/\text{s}$; durch den Niederschlag in der Nacht von 2. auf 3. September ebenfalls größer als das Monatsmittel;
- maximaler Hochwasserdurchfluss von $238 \text{ m}^3/\text{s}$, entspricht einem Wasserstand von 3,13 m (nahe der Ausuferungshöhe von 3,25 m), erreicht um 16:00 Uhr am 4. September;
- dieser maximale Durchfluss hat eine Jährlichkeit von 30 Jahren.



Abbildungen 29/30. Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das jeweilige Einzugsgebiet (oben) an den Pegelstationen Reinbach in Kematen (linkes Bild) und Ahr in St. Georgen (rechtes Bild).

Sowohl für den Reinbach wie für die Ahr, weisen die Hochwasserganglinien ein sekundäres Maximum auf. Dieses ist auf den Regen am Spätabend des 4. Septembers zurückzuführen.

Für den Reinbach wurde die Wiederkehrzeit des Ereignisses nicht geschätzt, da die Pegelmessstelle in Kematen erst 2007 installiert wurde. Auf jeden Fall kann aber davon ausgegangen werden, dass dieser Wert nicht kleiner als jener für die Ahr in St. Georgen ist.

Rienza a Vandoies

- portata iniziale pari a $40 \text{ m}^3/\text{s}$, prossima alla media mensile del periodo;
- portata di picco pari a $296 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad una altezza idrometrica di 3,26 m (verificatasi alle ore 17:30 del 4 settembre);
- il tempo di ritorno corrispondente alla portata di picco è di poco superiore a 10 anni.

Isarco a Bressanone

- portata iniziale pari a $70 \text{ m}^3/\text{s}$, leggermente al di sopra della media mensile del periodo;
- portata di picco pari a $371 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente ad una altezza idrometrica di 3,18 m (verificatasi alle ore 18:30 del 4 settembre);
- il tempo di ritorno corrispondente alla portata di picco è inferiore ai 5 anni.

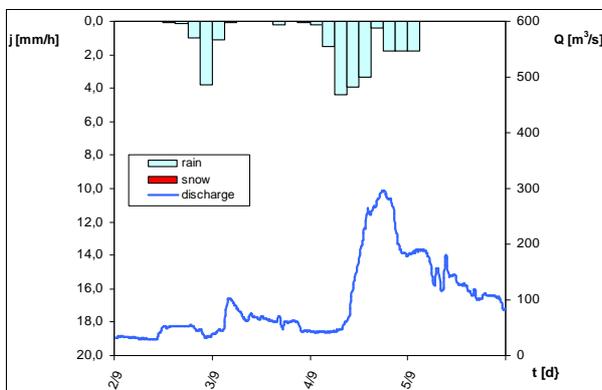


Figure 31/32. Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alle stazioni idrometriche Rienza a Vandoies (a sinistra) e Isarco a Bressanone (a destra).

L'idrogramma rilevato alla stazione di Vandoies, ma soprattutto quello dell'Isarco a Bressanone denotano un andamento delle portate al colmo di piena stazionario per 5-6 ore. Ciò è dovuto da un parte alla distribuzione spazio-temporale delle precipitazioni dall'altra dalle manovre ai serbatoi di regolazione di Kniepass, Rio di Pusteria e Fortezza.

Talvera a Bolzano:

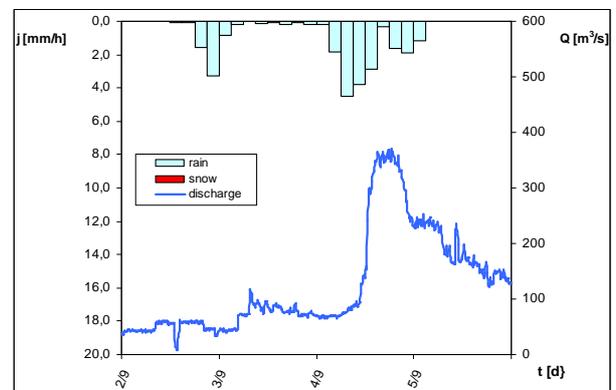
- la portata assume un valore di circa $5 \text{ m}^3/\text{s}$ all'inizio dell'evento di piena, inferiore rispetto alla media mensile del periodo (attorno ai $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$);
- la portata raggiunge $182 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza del colmo verificatosi alle ore 14:00 del 4 settembre (corrispondente ad una altezza idrometrica di 1,47 m);
- il tempo di ritorno della portata di picco è stimato compreso tra 15 e 20 anni.

Rienz in Vintl

- Anfangsdurchfluss $40 \text{ m}^3/\text{s}$ und damit nahe am monatlichen Durchschnittswert;
- maximaler Hochwasserdurchfluss $296 \text{ m}^3/\text{s}$, entspricht einem Wasserstand von 3,26 m (gemessen am 4. September um 17:30);
- dieser maximale Durchfluss hat eine Wiederkehrzeit von knapp über 10 Jahren.

Eisack in Brixen

- Anfangsdurchfluss $70 \text{ m}^3/\text{s}$, leicht über dem Monatsmittelwert;
- maximaler Hochwasserdurchfluss $371 \text{ m}^3/\text{s}$, entspricht einem Wasserstand von 3,18 m (gemessen am 4. September um 18:30);
- dieser maximale Durchfluss hat eine Wiederkehrzeit von weniger als 5 Jahren.



Abbildungen 31/32. Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das jeweilige Einzugsgebiet (oben) an den Pegelstationen Rienz in Vintl (linkes Bild) und Eisack in Brixen (rechtes Bild).

Die Hochwasserganglinie an den Pegeln Vintl und vor allem Brixen zeigen, dass die Wasserführung am Höhepunkt des Hochwassers 5 bis 6 Stunden lang nahezu gleichbleibend war. Dies hatte einerseits mit der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Regens zu tun, andererseits auch mit der Regulierung des Abflusses an den Stauseen Kniepass, Mühlbach und Franzensfeste.

Talfer in Bozen:

- die Wasserführung weist zu Beginn des Hochwassers ca. $5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf; das ist weniger als der Monatsmittelwert (rund $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$);
- der Höhepunkt der Wasserführung wird mit $182 \text{ m}^3/\text{s}$ am 4. September um 14:00 Uhr gemessen (entspricht einem Wasserstand von 1,47 m);
- dieser maximale Durchfluss hat eine Wiederkehrzeit von 15 bis 20 Jahren.

Isarco a Bolzano sud:

- la portata assume un valore appena inferiore a $100 \text{ m}^3/\text{s}$ all'inizio dell'evento di piena, superiore rispetto alla media mensile del periodo;
- la portata raggiunge $573 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza del colmo verificatosi alle ore 16:00 del 4 settembre (corrispondente ad una altezza idrometrica di 3,50 m).

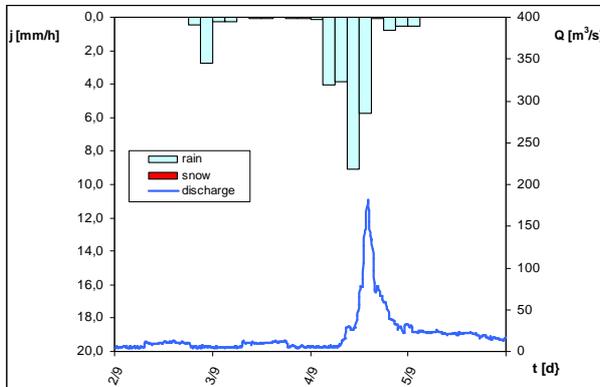
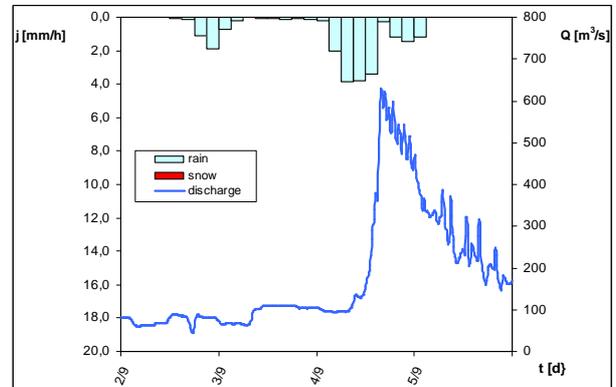


Figure 33/34. Idrogramma di piena (sotto) e ietogramma degli afflussi medi areali relativi al bacino sotteso (sopra) alle stazioni idrometriche Talvera a Bolzano (a sinistra) e Isarco a Bolzano sud (a destra).

L'idrogramma rilevato alla stazione disposta sul Talvera a Bolzano denota tempi di salita e discesa della piena molto rapidi. Ne deriva una forma a cuspidello dello stesso. Conseguentemente a ciò anche l'idrogramma misurato sull'Isarco a Bolzano denota un picco più netto rispetto a quello di Bressanone. Per lo stesso motivo, pur non essendo possibile una analisi statistica sufficientemente affidabile causa la brevità della serie disponibile, è verosimile che il tempo di ritorno della portata di piena registrata sull'Isarco a Bolzano sia superiore rispetto a quello di Bressanone.

Eisack in Bozen Süd:

- die Wasserführung weist zu Beginn des Hochwassers etwas weniger als $100 \text{ m}^3/\text{s}$ auf; das ist mehr als der Monatsmittelwert;
- der Durchfluss erreicht am 4. September um 16:00 Uhr einen Höhepunkt von $573 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht einem Wasserstand von 3,50 m).



Abbildungen 33/34. Hochwasserganglinie (unten) und mittleres Niederschlagsdiagramm bezogen auf das jeweilige Einzugsgebiet (oben) an den Pegelstationen Talfer in Bozen (linkes Bild) und Eisack in Bozen Süd (rechtes Bild).

Die Grafik der aufgezeichneten Wasserführung der Talfer an der Messstation in Bozen zeigt sowohl ein sehr schnelles Anschwellen wie auch ein zügiges Abebben des Hochwassers, ersichtlich in der spitzen Form der Kurve. Konsequenterweise weist auch die Hochwasserganglinie, die auf dem Eisack in Bozen gemessen wurde, eine deutlichere Spitze aus als jene in Brixen. Aus diesem Grund ist es auch wahrscheinlich, dass die Jährlichkeit der Hochwasserspitze am Eisack in Bozen höher als in Brixen ist, wenn auch aufgrund der kurzen Zeitreihe keine ausreichend zuverlässige statistische Analyse möglich ist.

7. Tempi di ritardo e coefficienti di deflusso

In Tabella 2 sono riportati, per ciascuna delle stazioni idrometriche esaminate (rio Riva a Caminata, Aurino a S. Giorgio, Rienza a Vandoies, Isarco a Bressanone, Talvera a Bolzano ed Isarco a Bolzano sud), i risultati relativi alle 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 ϕ 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 defluite alla stessa.

La precipitazione cumulata considerata per l'analisi proposta in tabella è quella caduta tra le 3,00 e le 15,00 del 04/09/2009 per quanto riguarda il calcolo del tempo di ritardo, riferito quindi al solo evento principale, quella caduta fino alle 3,00 del 05/09/2009 per la valutazione del volume di afflusso. Tale differenziazione si è resa necessaria causa la difficoltà di circoscrivere al solo evento principale l'analisi dei volumi defluiti.

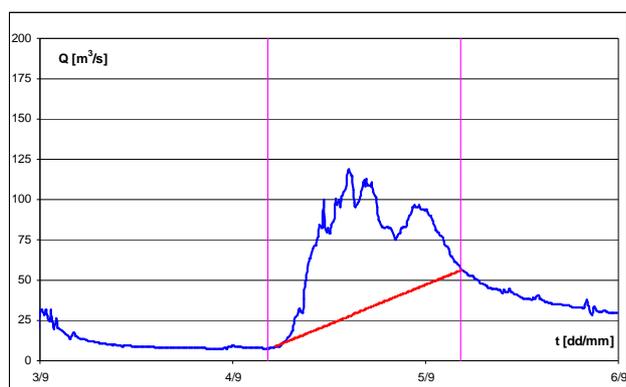


Figure 35/36. Idrogrammi di piena rio Riva a Caminata (a sinistra) e Talvera a Bolzano (a destra) con delimitazione del volume di piena defluito.

7. Verzögerungszeiten und Abflusskoeffizienten

In Tabelle 2 sind für jede der analysierten Pegelstationen (Reinbach in Kematen, Ahr in St. Georgen, Rienz in Vintl, Eisack bei Brixen, Talfer in Bozen und Eisack in Bozen Süd) das Niederschlagszuflussvolumen im jeweiligen Einzugsgebiet V_{in} , das an der Pegelstation beobachtete Abflussvolumen V_{out} , der daraus folgende Abflusskoeffizient ϕ und die Verzögerungszeit t_r , angegeben.

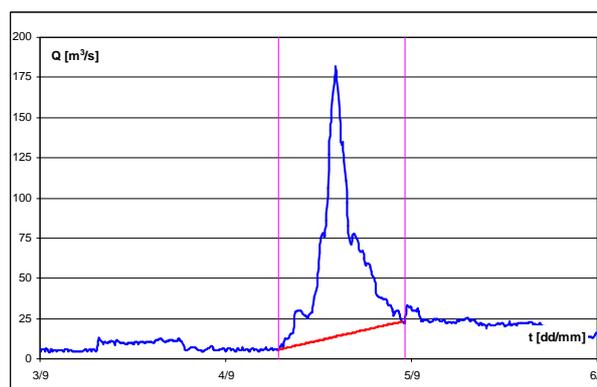
Unter dem Niederschlagszuflussvolumen versteht man den gesamten im Einzugsgebiet der Pegelstation gefallenen Niederschlag während des Ereignisses.

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 jenem Wasser, das im Einzugsgebiet gefallen ist, "sofort" in den Fluss gelangt und abgeflossen ist.

Die Verzögerungszeit an der jeweiligen Pegelstation ist als Zeitabstand zwischen dem Schwerpunkt der Niederschläge im Einzugsgebiet des Flusses und dem Höchststand der Hochwasserganglinie definiert und gibt also an wie schnell oder langsam ein Fluss auf Starkniederschläge in seinem Einzugsgebiet reagiert.

Der Niederschlag, der für die Untersuchung in der obigen Tabelle herangezogen wurde, bezieht sich für die Verzögerungszeit auf den Zeitraum von 3:00 bis 15:00 Uhr am 4. September 2009, also nur auf das Hauptereignis, für die Berechnung der Zuflussvolumina hingegen bis um 3:00 Uhr des Folgetages. Diese unterschiedliche Handhabung war notwendig, da es schwierig war die Zuflussvolumina nur auf das Hauptereignis einzugrenzen.



Abbildungen 35/36. Hochwasserganglinie des Reinbaches in Kematen (linkes Bild) und der Talfer in Bozen (rechtes Bild) mit der Abgrenzung der Hochwasservolumens.

	S [km ²]	t _r [h]	V _{in} [10 ⁶ m ³]	V _{out} [10 ⁶ m ³]	φ [-]
Rio Riva a Caminata Reinbach in Kematen	116,5	1,82	10,96	3,63	0,33
Aurino a S. Giorgio Ahr in St. Georgen	613,5	3,96	50,74	6,89	0,14
Rienza a Vandoies Rienz in Vintl	1920,0	5,09	107,06	9,06	0,08
Isarco a Bressanone Eisack in Brixen	2891,0	6,40	156,39	10,22	0,07
Talvera a Bolzano Talfer in Bozen	425,6	1,49	31,50	2,54	0,08
Isarco a Bolzano sud Eisack in Bozen Süd	4194,0	3,53	213,87	14,35	0,07

Tabella 2. Superficie del bacino idrografico drenato S, tempi di ritardo t_r, volumi di afflusso V_{in} e deflusso V_{out} e coefficienti di deflusso φ.

Tabelle 2. Fläche des Einzugsgebietes S, Verzögerungszeiten t_r, Zufluss- und Abflussvolumina V_{in} und V_{out} und Abflusskoeffizienten φ.

In Figura 36 risulta evidente quest'ultima problematica ed in particolare salta all'occhio la differente struttura dell'onda di piena osservata sul Talvera rispetto a quelle su rio Riva, Aurino, Rienza e Isarco a Bressanone. Nel caso dell'Isarco a Bolzano sud si ha una struttura intermedia tra le due, in quanto risultante dalla loro sovrapposizione.

In Abbildung 36 zeigt sich die letztgenannte Problematik deutlich. Besonders die unterschiedliche Struktur der Hochwasserwelle der Talfer verglichen mit jener des Reinbaches, der Ahr, der Rienz und des Eisacks bei Brixen springt einem ins Auge. Im Falle des Eisacks in Bozen Süd überlagerten sich diese beiden Hochwasserwellen und man erhält konsequenterweise eine der Mischung beider Muster.

Edito dalla

Provincia Autonoma di Bolzano / Alto Adige
Ufficio Idrografico

Febbraio 2010

Herausgeber

Autonome Provinz Bozen / Südtirol
Hydrographisches Amt

Februar 2010

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/hydro
E-mail - hydro@provincia.bz.it

Hanno collaborato:

*Roberto Dinale
Daniel Schrott
Dieter Peterlin*

foto: uff. 26.4 e rip. 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).

Stampa: Tipografia provinciale

Stampato su carta sbiancata senza cloro.

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/hydro
E-mail - hydro@provinz.bz.it

Unter Mitarbeit von:

*Roberto Dinale
Daniel Schrott
Dieter Peterlin*

Fotos: Amt 26.4 und Abt. 30

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

Druck: Landesdruckerei

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.