



GLACIERREPORT

N. 03/2015

Südtirol - Alto Adige

supplemento al Climareport n.239 / Sonderdruck zum Climareport Nr. 239

WEIßBRUNNFERNER GHIACCIAIO DI FONTANA BIANCA HAUSHALTSJAHR 2013/ 2014 ANNO IDROLOGICO

Abstract

Weißbrunnferner - Fontana Bianca (I4L00110103) is a small east-exposed glacier in the southern part of the Eastern Alps (Ortles - Cevedale - Group, Italy). It covers an area of 0.39 km², extends from 3340 m to 2890 m a.s.l. and has two short tongues on which blown in winter snow tends to last far into the summer months.

The present Glacierreport describes the results of the mass balance studies on the Fontana Bianca glacier for the balance year 2013/2014. The measurements and analyses were carried out by the Hydrographic Office of the Autonomous Province of Bolzano - South Tyrol. To evaluate the maximum mass accumulation on the glacier a winter survey was performed. The mass balance results are resumed in terms of specific net winter, summer and yearly balance, Equilibrium Line Altitude (ELA) and Accumulation Area Ratio (AAR).

The balance year 2013/2014 brought a mass balance of +467 mm we. The cumulative mass loss since 1991/1992 reached 21081 mm we, that means -917 mm we per year. The winter balance of the Fontana Bianca glacier was +1842 mm we, the summer balance -1375 mm we. The ELA was at 3000 m a.s.l., so the value of the AAR was 0,98.

Peculiar climatic characteristics of the referring hydrological year were very snowy winter with the maximum snow sum between December and February of the long term data series at the snow field Fontana Bianca (1900 m a.s.l.). The summer months were very wet as well with some snow fall on the upper part of the glaciers. The yearly mean temperature of +4,6° measured at Fontana Bianca was a considerable as the long period mean of +3,3°. The cumulative precipitation of 1290 mm was higher than the long period mean of 1050 mm as well.



Figure 1. Snow pit on the Weißbrunnferner - Fontana Bianca Glacier (international code: I4L00110103) May 5th, 2014 (picture Roberto Dinale).



1. Einleitung

Auch im hydrologischen Jahr 2013/14 wurden die Gletschermessungen und die notwendigen Analysen zur Bestimmung der Winterakkumulation und der Massenbilanz des Weißbrunnferners vom Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen durchgeführt. Die Berechnungen beziehen sich auf eine Gletscherfläche von 0,39 km², die aus der topographischen Vermessung im Sommer 2012 hervorgehen.

Die Messreihe der Massenbilanz umfasst damit insgesamt 28 Jahre. Nach dem Beginn im hydrologischen Jahr 1983/84 gab es eine dreijährige Unterbrechung von 1987/88 bis 1991/92. Seitdem wurden die Messungen lückenlos durchgeführt.

2. Witterungsverlauf

Im hydrologischen Jahr 2013/14 fallen der feuchte Herbst und Winter auf, dort wurde der Grundstein für ein deutlich überdurchschnittliches Niederschlagsjahr gelegt. Im gesamten Zeitraum lag die mittlere Temperatur mit einem Jahresmittel von +4,6° C an der Station Weißbrunn (1900 m) deutlich über dem klimatologischen Mittel von +3,3° C. Die jährliche Niederschlagssumme von 1290 mm war über dem Durchschnitt, es wurde 23 % mehr Niederschlag als normal (1050 mm) registriert (Vergleichszeitraum 1981-2010). Der Oktober geht als nass-milder Monat in die Wettergeschichte ein. Im Großteil des Landes hat es doppelt so viel geregnet wie normal, auch an der Station Weißbrunn ist man davon nicht weit entfernt. Vom 10. bis 12. Oktober ereignete sich ein außerordentlich früher und heftiger Wintereinbruch. Es gab über einen halben Meter Neuschnee, damit war die Ablationsperiode beendet. Auch im November gab es wieder überdurchschnittlich viel Niederschlag, wetterbestimmend waren zumeist Luftmassen aus dem Mittelmeerraum, erst in der letzten Woche des Monats ging der Herbst abrupt in den Winter über. Am Gletscher gab es immer wieder etwas Neuschnee. Der Dezember war von großen Gegensätzen geprägt. Die ersten drei Wochen verliefen staubtrocken und äußerst mild, über Weihnachten folgte schließlich der große Schnee mit winterlichen Temperaturen. Der Jänner war in Südtirol extrem nass, in vielen Landesteilen wurden sogar Niederschlagsrekorde gebrochen. Die anhaltend feuchte Südströmung brachte relativ milde Luftmassen ins Land, damit war die Schneefallgrenze hoch, im Gebirge fiel der Niederschlag aber immer als Schnee. Auch im Februar ging es extrem niederschlagsreich weiter, in Schlanders und Sterzing wurde vier Mal so viel Niederschlag registriert wie üblich, in Brixen und Bozen kommt man sogar auf die siebenfache Menge. Betrachtet man den meteorologischen Winter, also die Monate Dezember, Jänner und Februar kann man von einem Rekordwinter sprechen. In einigen Landesteilen wurde sogar der bisherige Rekordwinter 1950/51 übertroffen. Im Etschtal, Überetsch, Eisacktal, Gröden, Gadertal, am Regglberg und in Teilen des Vinschgau wurde seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahre 1921 noch nie so viel

1. Introduzione

Anche durante l'anno idrologico 2013/14, sia l'attività glaciologica sul ghiacciaio di Fontana Bianca sia le analisi necessarie alla determinazione dell'accumulo invernale e del bilancio di massa dello stesso, sono state svolte in autonomia dall'Ufficio Idrografico della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige. Quale contorno glaciale è stato considerato quello aggiornato con rilievo topografico nell'estate 2012 per una superficie glaciale pari a 0,39 km².

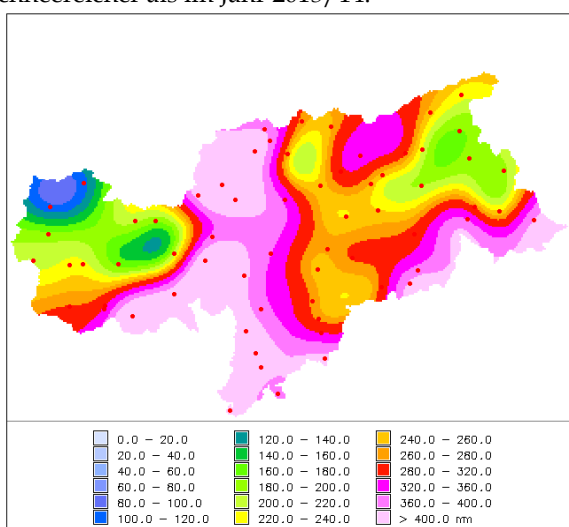
La serie storica di bilancio di massa si compone di complessivi 28 anni di osservazione, iniziata nell'anno idrologico 1983/84, ha subito una interruzione triennale tra il 1987/88 ed il 1991/92 ed è poi ripresa senza interruzioni.

2. Analisi meteorologica

Caratteristiche peculiari dell'anno idrologico 2013/14 sono state l'autunno e l'inverno molto umidi, viatico per un anno molto piovoso. La temperatura media di +4,6°C rilevata alla stazione meteorologica di Fontana Bianca (1900 m) è stata a sua volta decisamente superiore rispetto al dato di lungo periodo pari a +3,3°C. La cumulata totale di pioggia ha raggiunto 1290 mm, il 23% al di sopra della media climatologica di 1050 mm, riferita al periodo 1981-2010. Il mese di ottobre è stato mite e piovoso; in gran parte dell'Alto Adige, e così anche in Val d'Ultimo, le precipitazioni del mese sono state dell'ordine del doppio rispetto al mese medio. Tra i giorni 10 e 12 di ottobre l'inverno si è manifestato per la prima volta ed in modo deciso. Sul ghiacciaio è caduto circa mezzo metro di neve che ha posto fine alla stagione di ablazione. Novembre è stato dominato da correnti di origine mediterranea che hanno portato precipitazioni abbondanti. Nell'ultima settimana del mese il clima si è fatto poi invernale con ripetute deboli nevicate in quota. Dicembre è stato un mese di opposti. Le prime tre settimane sono state estremamente asciutte e molto miti, nel periodo natalizio poi la neve è caduta copiosa con temperature di stampo invernale. Gennaio è stato generalmente molto piovoso ed in Alto Adige sono stati segnati diversi nuovi record di precipitazione. Le correnti dominanti costantemente meridionali hanno spinto masse d'aria relativamente miti verso l'Alto Adige con limite della neve piuttosto alto, pur sempre con nevicate in montagna. Febbraio è stato a sua volta molto piovoso, a Silandro e Vipiteno le precipitazioni sono state 4 volte più copiose rispetto alla norma, addirittura 7 volte a Bolzano e Bressanone. Considerando l'inverno meteorologico da dicembre a febbraio, si può senza dubbio parlare di un inverno eccezionale. In alcune zone della provincia di Bolzano le precipitazioni hanno addirittura superato quelle dell'inverno 1950/51. In Val d'Adige, Oltradige, Val d'Isarco, nelle Valli Gardena e Badia come anche nella zona del Monte Regolo e in parte della Val Venosta con serie storiche a partire dal 1921, non si erano mai registrate precipitazioni tanto copiose. Tale risultato è stato prodotto da una configurazione meteo su grande scala molto stabile. L'arco alpino è stato a lungo interessato da correnti meridionali ed una dozzina di perturbazioni centrate sul Mediterraneo hanno raggiunto l'Alto Adige. In montagna il manto nevoso

Niederschlag gemessen wie heuer. Grund dafür war eine ungewöhnlich stabile Großwetterlage. Der Alpenraum lag fast permanent in einer südlichen, milden Strömung in der ein Dutzend Mittelmeertiefs über Südtirol hinweggezogen. Auf den Bergen wurden teils extreme Schneemengen erreicht. Südtirols Rekordhalter in Sachen Schnee waren Ladurns (Pflersch) und Weißbrunn (Ulten), wo allein im meteorologischen Winter rund 6,5 Meter Schnee fielen. An der Station Weißbrunn wurden in den drei Wintermonaten 300 mm Niederschlag gemessen, im Vergleichszeitraum (1981-2010) liegt der Mittelwert bei 135 mm, d.h. es gab mehr als zwei Mal so viel Niederschlag als üblich.

Dies sollte allerdings nicht zu trügerischen Schlussfolgerungen führen, da die Akkumulation auf den Gletschern nicht nur von den Schneefällen im Winter aber sehr wohl auch von jenen im Spätherbst und Frühling abhängt. Der Zeitraum Oktober bis Mai war zum Beispiel 1916/17, 1950/51 und 2000/01 schneereicher als im Jahr 2013/14.



Abbildungen 2/3. Links: Karte mit den Niederschlagssummen der Wintermonate Dezember 2013, Jänner und Februar 2014. Rechts: Schneeprofilaufnahme am 20. Februar in Weißbrunn/Ulten mit 2,2 m Schnee. In den obersten Schichten erkennt man mehrere Schichten mit Saharastaub.

Im März beruhigte sich das Wetter wieder, die Niederschlagsmengen waren im Durchschnitt, es war ein recht milder und sonniger Monat. Ähnliche Witterungsverhältnisse brachte auch der April mit milden Temperaturen und eher unterdurchschnittlichen Niederschlagsverhältnissen. Der Mai war temperaturtechnisch leicht unterdurchschnittlich, niederschlagstechnisch durchschnittlich. Meist wärmer als normal verlief der Juni, am Anfang des Monats gab es eine Hitzewelle. Nicht wirklich sommerlich verlief der Juli, es gab häufig wechselhaftes Wetter, es war kühler als normal und teilweise auch niederschlagsreicher. Für den Gletscher also nicht die ungünstigsten Verhältnisse, am 8. Juli gab es auf dem Gletscher sogar etwas Neuschnee. Mit gletschergünstigem Wetter ging es auch durch den August, es war häufig trüb, kühl und niederschlagsreich. In ganz Südtirol war es um 1,5 bis 2 Grad kühler als normal. Auf einen insgesamt zu kühlen Sommer folgte ein September der etwas wärmer als normal war, es fiel weniger Niederschlag als üblich.

ha raggiunto altezze spesso molto elevate, come ad esempio ai campi neve di Ladurns (Val di Fleres) e Fontana Bianca (Val d'Ultimo), dove, solo nei mesi invernali, sono caduti circa 6,5 m di neve fresca. Alla stazione meteorologica di Fontana Bianca tra dicembre e febbraio sono caduti 300 mm di precipitazione. Il valore medio climatologico (1981-2010) è in questo caso pari a 135 mm. Nell'inverno 2013/14 sono quindi qui cadute precipitazioni più che doppie rispetto alla norma.

Questo dato pur eccezionale non deve tuttavia essere fuorviante dato che tipicamente anche parte dei mesi autunnali e di quelli primaverili contribuiscono in modo determinante all'accumulo nevoso sui ghiacciai. Rispetto al 2013/14 il periodo compreso tra ottobre e maggio è stato ad esempio più nevoso nelle stagioni 1916/17, 1950/51 e 2000/01.



Figure 2/3. A sinistra: carta delle precipitazioni cumulate cadute in Alto Adige a dicembre 2013, gennaio e febbraio 2014. A destra: rilievo nivologico a Fontana Bianca/Val d'Ultimo del 20 febbraio 2014 con un'altezza del manto nevoso di 2,20 m complessivi e diverse inclusioni di sabbia sahariana ben riconoscibili negli strati superiori.

A marzo le condizioni meteorologiche e le precipitazioni sono state nella norma. Il mese è stato in generale mite e soleggiato. Condizioni simili si sono poi presentate anche ad aprile con temperature sopra la media e precipitazioni leggermente inferiori rispetto alla norma. A maggio sono state viceversa le temperature a risultare leggermente al di sotto della media con precipitazioni nella norma. Per lo più mite è stato poi il mese di giugno con un'ondata di calore ad inizio mese. Il mese di luglio non ha dato la sensazione di un mese del tutto estivo, con condizioni del tempo molto variabili e clima piuttosto fresco. Un po' di neve è caduta sul ghiacciaio il giorno 8 luglio. Il clima favorevole al glacialismo è proseguito anche ad agosto, con frequente maltempo, temperature relativamente basse e frequenti piogge. In tutto l'Alto Adige la colonna di mercurio è rimasta mediamente 1,5-2,0 °C al di sotto della norma. Al contrario rispetto ad un estate per lo più caratterizzata da temperature relativamente contenute, settembre è stato infine un po' più caldo rispetto alla norma con precipitazioni deficitarie se confrontate con il mese medio.

Zusammenfassend kann man von einem günstigen Haushaltsjahr für den Gletscher sprechen, außergewöhnlich viel Schnee im Winter und einem eher kühler Sommer ohne längere Hitzeperioden.

Riassumendo il 2013/14 è stato un anno idrologico favorevole al glacialismo, con un inverno eccezionalmente nevoso ed un'estate relativamente fresca e senza periodi prolungati di caldo intenso.

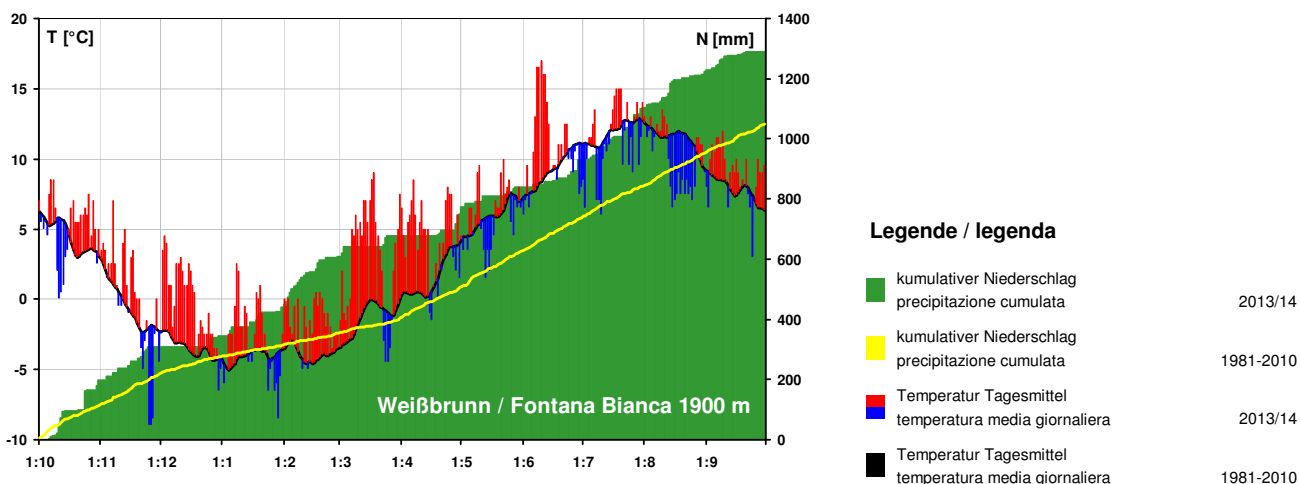


Abbildung 4. Temperatur und kumulativer Niederschlag im Haushaltsjahr 2013/14 an der Station Weißbrunn im Vergleich mit langjährigen Werten.

Figura 4. Andamento di temperatura e precipitazione cumulata alla stazione di Fontana Bianca nell'anno idrologico 2013/14, confrontate con i valori climatologici.

3. Winterbilanz

Die für die **Winterbilanz** 2013/14 des Weißbrunnferners herangezogenen Daten wurden bei der Begehung am 5. Mai 2014 aufgenommen.

3. Bilancio invernale

I dati per il calcolo del **Bilancio Invernale** 2013/14 per il ghiacciaio di Fontana Bianca sono stati raccolti durante il sopralluogo primaverile del 5 maggio 2014.

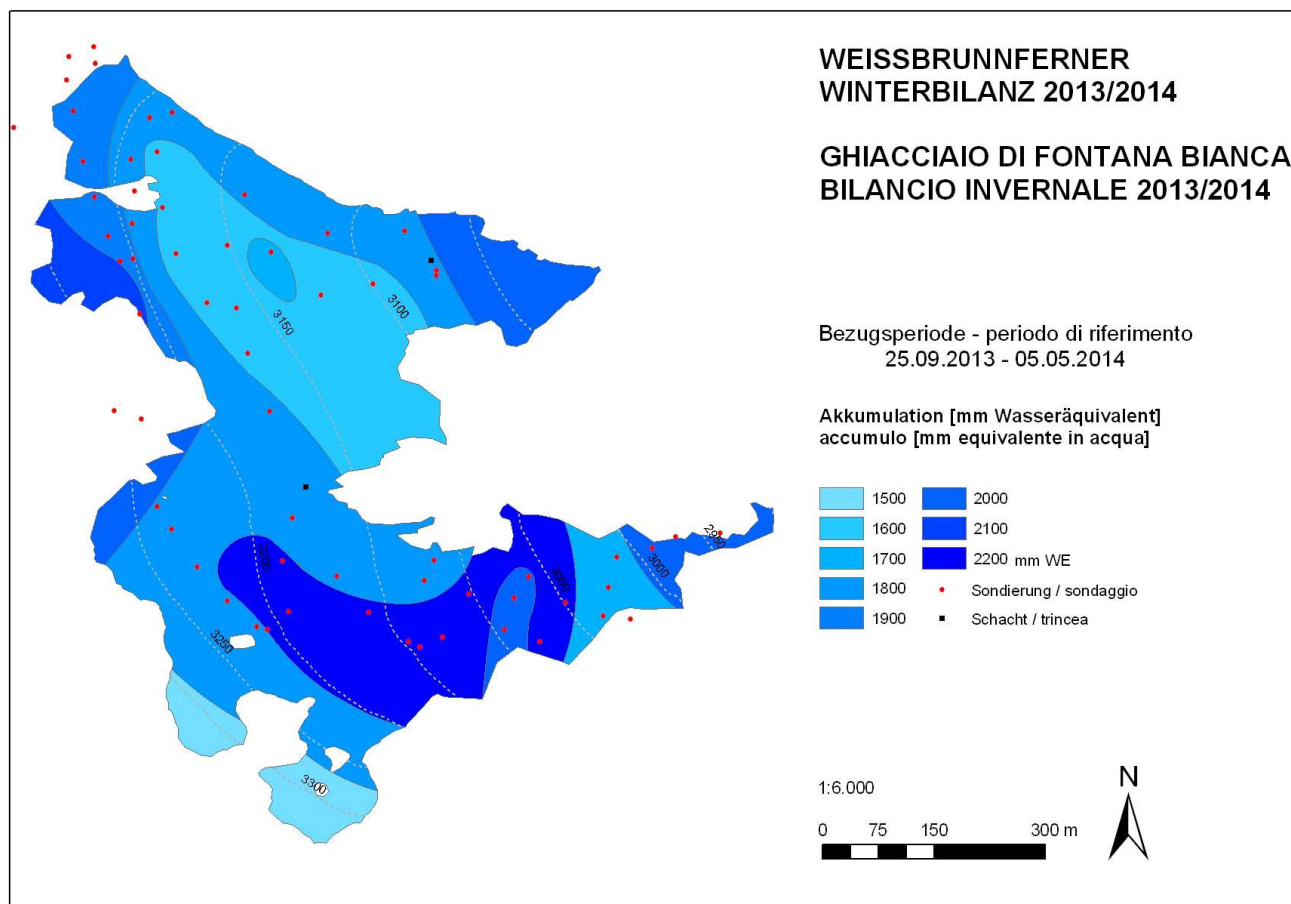


Abbildung 5. Weißbrunnferner - räumliche Verteilung der Schneakkumulation im Winter 2013/14. Die roten Punkte markieren die Sondierungen, die schwarzen Quadrate die Lage der zwei Schneeschächte.

Figura 5. Ghiacciaio di Fontana Bianca - distribuzione spaziale dell'accumulo nivale nell'inverno 2013/14. I punti rossi rappresentano le posizioni di sondaggio, i quattro quadrati neri quelle delle trincee.

Zur Bestimmung der Schneehöhe wurden etwa 100 Sondierungen mit GPS Verortung durchgeführt. Die Schneehöhen lagen zwischen 220 und 560 cm. Die daraus abgeleitete mittlere Schneehöhe beträgt 470 cm. Die Schneedichte wurde durch die Grabung von zwei Schneeschächten in unmittelbarer Nähe zu den Pegeln P01 und P10 ermittelt. Die Repräsentativität der beiden Standorte wurde durch die Berücksichtigung von Höhe und Morphologie des Gletschers gewährleistet. Auf der Basis der gewonnenen Daten wurde für die Errechnung der punktbezogenen Akkumulationen eine konstante Dichte von 400 kg/m^3 verwendet. Daraus lassen sich Wasseräquivalentwerte von 880 bis 2240 mm WE ableiten. Für die Festlegung der Flächen mit gleicher Winterbilanz wurden Ausreißer verworfen. Außerdem wurde im höher gelegenen Gletscherbereich der bereits im Vorjahr berücksichtigte Altschnee von der aktuellen Akkumulation abgezogen.

Die Akkumulation auf dem Weißbrunnferner beträgt demnach für die Wintersaison 2013/14 (25.09.2013 – 05.05.2014) insgesamt 731460 m^3 . Verteilt man dieses Volumen gleichmäßig auf die Oberfläche des Gletschers entspricht dies einer **+1842 mm** hohen Wassersäule.

4. Massenbilanz

Die **Massenbilanz** des Weißbrunnfernens im hydrologischen Haushaltsjahr 2013/14 bezieht sich auf den Zeitraum vom 25.09.2013 bis zum 28.09.2014. Bei der Abschlussbegehung lag der Gletscher unter einer zusammenhängenden Schneedecke. Lediglich zwei kleinere Abschnitte auf der orographisch rechten Seite waren aper. Aus diesem Grund konnten nicht alle Pegel, sondern nur jene unterhalb von 3050 m abgelesen werden. Die gemessenen Schneehöhen reichten von wenigen Zentimetern bis zu 2,5 m im höchstgelegenen Gletscherbereich. Unterhalb der Hinteren Eggenspitze und im unteren orographisch rechten Teilbereich waren noch Lawinenablagerungen vorhanden. Nahe der Pegel P10 und P08 wurden zwei Schneeschächte zur Ermittlung der Schneedichte gegraben. Die Tiefe der Schächte betrug 34 und 117 cm, die Dichte 665 und 538 kg/m^3 . Die gemessenen Werte wurden den übrigen Pegeln gemäß ihrer Höhenlage zugeordnet.

Die Sommerbegehung, die der Messung der Ablation dient, fand am 25. August statt. An diesem Tag waren die Pegel noch vollständig von einer im Durchschnitt 1 m mächtigen Schneedecke begraben. In der Nähe des Pegels P01 wurden sogar Schneehöhen von 2,5m und unterhalb des Gipfelbereiches im Ablagerungsbereich der Lawinen noch größere Schneehöhen gemessen.

Im Hydrologischen Jahr 2013/14 wurde am Weißbrunnferner zum insgesamt dritten Mal in der Beobachtungsperiode eine positive Bilanz verzeichnet. In Zahlen ausgedrückt beträgt der Zuwachs rund 185446 m^3 (185,5 Millionen Liter). Dies entspricht einer **+467 mm** hohen und über die gesamte Gletscherfläche verteilten Wassersäule.

Die **Sommerbilanz**, als Differenz zwischen Jahresbilanz und Winterbilanz berechnet, ergibt einen Volumenverlust von 546014 m^3 Wasser. Dies

L'altezza della neve è stata misurata per mezzo di un centinaio di sondaggi puntuali rilevati anche a mezzo GPS ed è risultata compresa tra 220 ed oltre 560 cm per un valore medio di oltre 470 cm. La densità della neve è stata misurata grazie ai dati raccolti in due trincee scavate in altrettante zone rappresentative della morfologia e dell'altimetria del ghiacciaio nei pressi delle paline P01 e P10. Le misure di densità sono risultate molto prossime tra loro; per la valutazione degli accumuli puntuali si è così considerata una densità costante pari a 400 kg/m^3 . Gli equivalenti in acqua nei punti di sondaggio sono quindi risultati compresi tra 880 e 2240 mm we. Nella definizione delle aree di uguale bilancio invernale questi dati sono stati tuttavia in parte mediati spazialmente scartando le misure sospette. Nella parte superiore del ghiacciaio l'accumulo stimato è stato decurtato della neve residua a fine estate 2013 già conteggiata nei bilanci annuale ed estivo 2012/13.

Il volume di neve accumulato sul ghiacciaio di Fontana Bianca nella stagione invernale 2013/14 (25.09.2013 – 05.05.2014) è stato pari a 731460 m^3 , ossia ad una colonna d'acqua di **+1842 mm** uniformemente distribuita sulla superficie del ghiacciaio.

4. Bilancio di massa

Nell'anno idrologico 2013/14, il **Bilancio di Massa** per il ghiacciaio di Fontana Bianca è riferito al periodo 25.09.2013 – 28.09.2014.

In occasione del sopralluogo di chiusura del bilancio sul ghiacciaio era presente una copertura nevosa continua, fatta eccezione per 2 piccole zone esposte in orografica destra. Per questo non è stato possibile leggere tutte le paline, ma solo quelle alle quote inferiori ($< 3050 \text{ m s.l.m. circa}$). Lo spessore del manto nevoso è risultato compreso tra pochi centimetri ed oltre 2,5 m nelle zone superiori del ghiacciaio con gradiente omogeneo con la quota. Sotto Cima Sternai ed in corrispondenza del limite inferiore destro del ghiacciaio erano ancora presenti accumuli da valanga.

Alle paline P10 e P08 sono state scavate 2 trincee per la determinazione della densità della neve residua profonde 34 e 117 cm. Le densità della neve in tali punti sono risultate nell'ordine pari a 665 e 528 kg/m^3 ; tali valori sono stati imputati alle paline alle quote del ghiacciaio rispettivamente inferiori e superiori.

Durante l'estate è stato svolto solo un altro sopralluogo il 25 agosto per la verifica dell'avanzamento della stagione di ablazione. In questo caso le paline si trovavano ancora tutte abbattute sotto al manto nevoso di spessore variabile, per lo più superiore al metro, dell'ordine di 2,50 m nei pressi della palina P01 e ancora maggiore nelle zone di accumulo da valanga e sotto cresta.

Nell'anno idrologico 2013/14, il ghiacciaio di Fontana Bianca, per la terza volta nel periodo di osservazione, ha fatto segnare un bilancio di massa positivo, in particolare pari a **+467 mm** di colonna d'acqua uniformemente distribuiti sul ghiacciaio, corrispondenti a un guadagno di volume di 185446 m^3 (185,5 milioni di litri) di acqua.

Il **Bilancio Estivo**, che risulta dalla differenza tra bilancio invernale ed annuale, ha fatto registrare una

entspricht einer gleichmäßig über die Gletscherfläche verteilten Wassersäule von **-1375 mm** Höhe.

Die Gleichgewichtslinie **ELA** (Equilibrium Line Altitude) befindet sich wie im vergangenen Jahr unterhalb der oberen Gletschergrenze, auf **3000 m ü.S.** Damit beläuft sich das Verhältnis zwischen Akkumulations- und Gesamtfläche **AAR** (Accumulation Area Ratio) auf **0,98**.

perdita di volume di 546014 m³ di acqua, ossia di **1375 mm** di acqua uniformemente distribuiti sulla superficie del ghiacciaio.

La Linea di Equilibrio **ELA** (Equilibrium Line Altitude) si è collocata, come nell'anno idrologico precedente, al di sotto del limite superiore del ghiacciaio a quota **3000 m s.l.m.** Ne consegue un valore del rapporto **AAR** (Accumulation Area Ratio) tra superfici di accumulo e totale diverso da zero e pari a **0,98**.

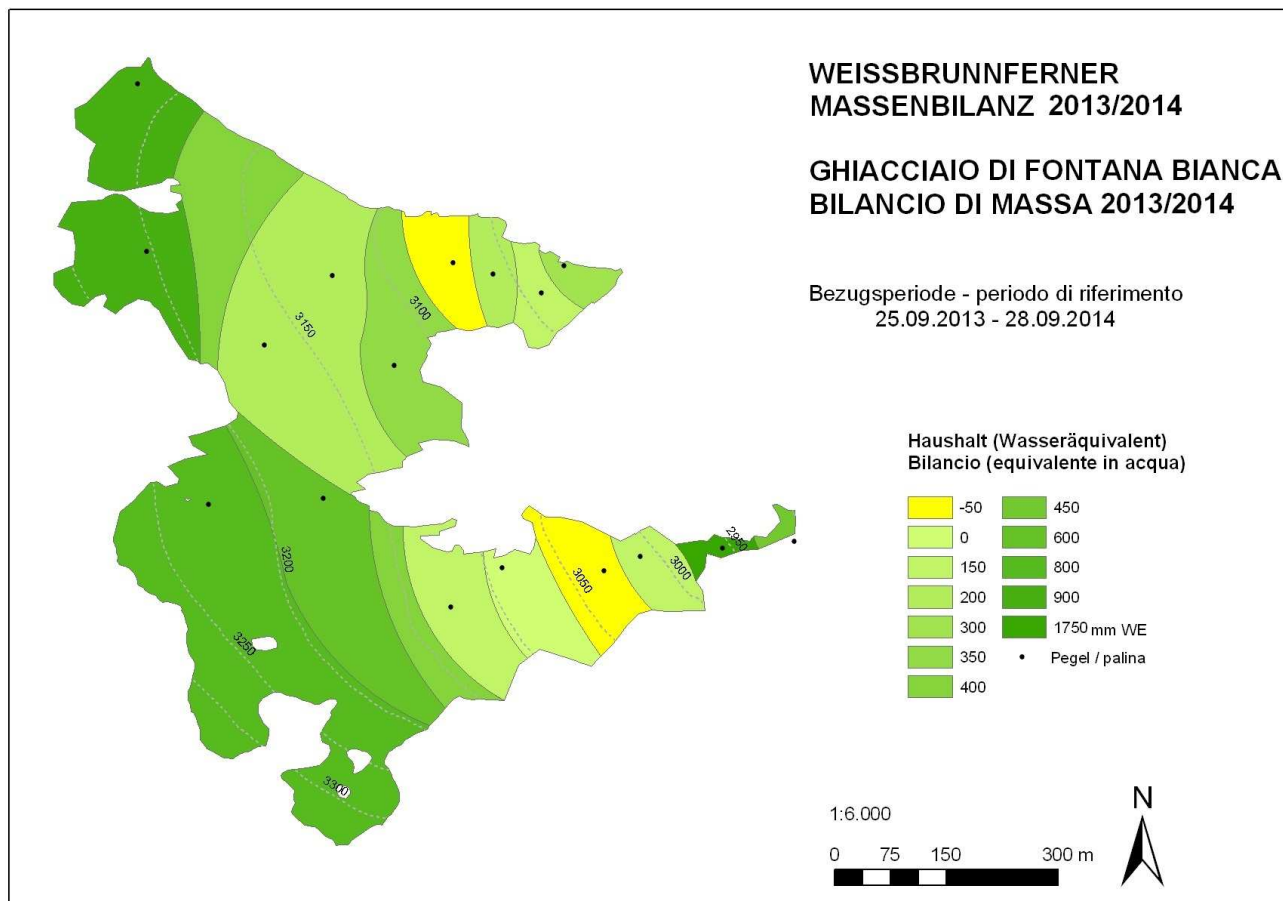


Abbildung 6. Weißbrunnferner - räumliche Verteilung der Massenbilanz im Haushaltsjahr 2013/14. Die schwarzen Punkte zeigen die Position der Ablationspegel auf.

Figura 6. Ghiacciaio di Fontana Bianca - distribuzione spaziale del bilancio di massa nell'anno idrologico 2013/14. I punti in nero rappresentano le posizioni delle paline ablatometriche.

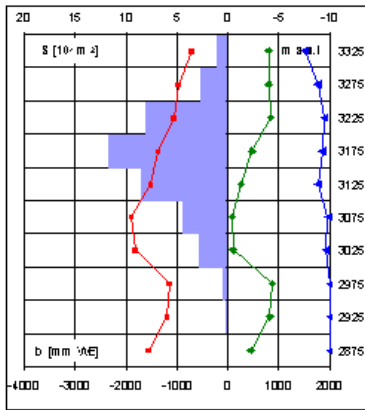
5. Analyse

Die Morphologie des Weißbrunnferners führt dazu, dass der Großteil der Gletscherfläche zwischen 3100 und 3250 m liegt und somit dieser Höhenbereich maßgeblich die Massenbilanz bestimmt. Eigenartig für die Periode 2013/14 ist die Abnahme der Winterbilanz mit zunehmender Höhe. Dies lässt sich einerseits durch die hauptsächlich von südöstlichen Winden verursachten Schneeverfrachtungen und andererseits durch die häufigen Lawinen erklären, die die Schneemassen von den höher zu den tiefer gelegenen Gletscherbereichen transportieren. Besonders stark wurde dieses Phänomen auf der orographisch rechten Seite festgestellt. Ähnlich verhält sich auch das vertikale Profil von Sommer- und Jahresbilanz. Hier lässt sich unterhalb der auf 3000 m gelegenen Gleichgewichtslinie wieder ein Anstieg der spezifischen Bilanz beobachten. Aufgrund des eher kleinen Anteils an der gesamten Gletscherfläche, wirken sich die hier vorhandenen Schneeablagerungen allerdings nicht grundlegend auf die ELA aus.

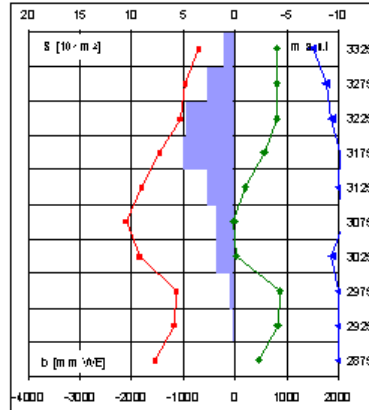
5. Analisi

La morfologia del Ghiacciaio di Fontana Bianca è tale per cui il suo bilancio di massa continua ad essere determinato anzitutto dal comportamento delle fasce altimetriche che sono comprese tra i 3100 e 3250 m s.l.m, di maggior peso in termini di superficie glaciale. Peculiare nel 2013/14 è invece il profilo verticale del bilancio invernale specifico decrescente verso l'alto, da un lato a causa dall'azione erosiva del vento prevalentemente da sudovest durante la stagione fredda ma anche a causa dell'intensa attività valanghiva registrata con trasferimento di una parte della neve depositata dalle zone superiori a quelle inferiori del ghiacciaio, soprattutto in orografica destra. Questo andamento si ripercuote anche sui profili dei bilanci estivo ed annuale, che a fronte di una linea di equilibrio del ghiacciaio valutata attorno ai 3000 m, denotano un nuovo aumento dei valori di bilancio specifico alle fasce altimetriche inferiori. Vista tuttavia la limitata superficie glaciale qui presente, gli accumuli nevosi al piede del ghiacciaio non sono determinanti per il calcolo della ELA.

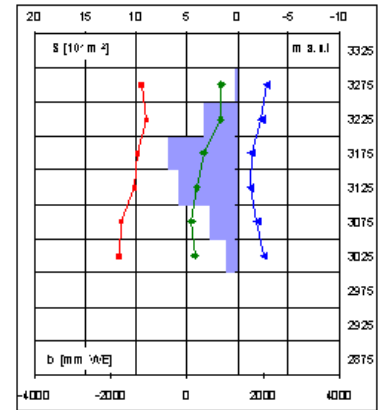
gesamt / totale



orographisch rechts / destra orografica



orographisch links / sinistra orografica



hight [m.a.s.l.]	surface [m ²]	B [m ³ we]	b [mm we]
3325	10464	8371	800
3275	27062	21801	806
3225	79938	66669	834
3175	117498	56764	483
3125	83942	20569	245
3075	43560	3176	73
3025	28016	2676	96
2975	4648	4002	861
2925	1960	1600	816
2875	14	6	450
	397101	185635	467

hight [m.a.s.l.]	surface [m ²]	B [m ³ we]	b [mm we]
3325	10464	8371	800
3275	25547	20438	800
3225	46657	37166	797
3175	50342	28159	559
3125	26336	5046	192
3075	17029	-207	-12
3025	17385	394	23
2975	4648	4002	861
2925	1960	1600	816
2875	14	6	450
	200382	104975	524

hight [m.a.s.l.]	surface [m ²]	B [m ³ we]	b [mm we]
3325			
3275	1515	1363	900
3225	33281	29503	886
3175	67155	28605	426
3125	57606	15523	269
3075	26530	3384	128
3025	10631	2282	215
2975			
2925			
2875			
	196719	80660	410

Abbildung 7. Weißbrunnferner - Höhenverteilung der Winterakkumulation (blaue Linie), der Sommerbilanz (rot) und der Jahresbilanz (grün) im hydrologischen Haushaltsjahr 2013/14. Links: gesamter Gletscher; Mitte: orographisch rechte Seite; rechts: orographisch linke Seite. In den Tabellen ist die Flächen-Höhenverteilung in m² und die Massenbilanz in Volumen [m³] und Wasseräquivalent [mm WE] angegeben. Die blauen Balken zeigen die Verteilung der Gletscherflächen nach Höhenstufen auf.

Figura 7. Ghiacciaio di Fontana Bianca - analisi della distribuzione altimetrica dell'accumulo invernale (blu), bilancio estivo (rosso) e bilancio annuale (verde) nell'anno idrologico 2013/14. Per l'intero ghiacciaio (a sinistra), la destra orografica (al centro) e la sinistra orografica (a destra). Nelle tabelle sono riportati, distinti per fasce altimetriche, le superfici glaciali in m² ed i bilanci di massa volumetrico e specifico, espressi rispettivamente in m³ e mm di equivalente in acqua (mm WE). Le barre dell'istogramma rappresentano l'andamento altimetrico della superficie del ghiacciaio.

6. Klimatologische Betrachtungen

Abbildung 6 veranschaulicht die Ergebnisse der Gletscherkampagnen von 1983/84 bis heute. Im Haushaltsjahr 2013/14 fällt die Massenbilanz so positiv wie nie zuvor aus. An zweiter Stelle reihen sich ex equo die Massenbilanzen aus den Jahren 2000/01 und 1983/84 an. Dies waren zugleich auch die einzigen Jahre mit positiver Bilanz im beobachteten Zeitraum. Das diesjährige Ergebnis ist hauptsächlich auf die Winterbilanz zurückzuführen, die in der Rangliste an zweiter Stelle nach jener vom Jahr 2000/01 steht.

6. Considerazioni climatiche

In Figura 6. sono rappresentati i risultati delle campagne glaciologiche condotte dal 1983/84 ad oggi. Nel 2013/14 il bilancio di massa è stato il più positivo mai registrato, davanti a quelli 2000/01 e 1983/84 secondi a pari merito e uniche stagioni in cui, assieme a quella oggetto di analisi, il bilancio di massa del Ghiacciaio di Fontana Bianca è risultato non negativo. Tale risultato è figlio anzitutto di un bilancio invernale secondo solo a quello del 2000/01, mentre il bilancio estivo è stato comunque più negativo rispetto alla norma.

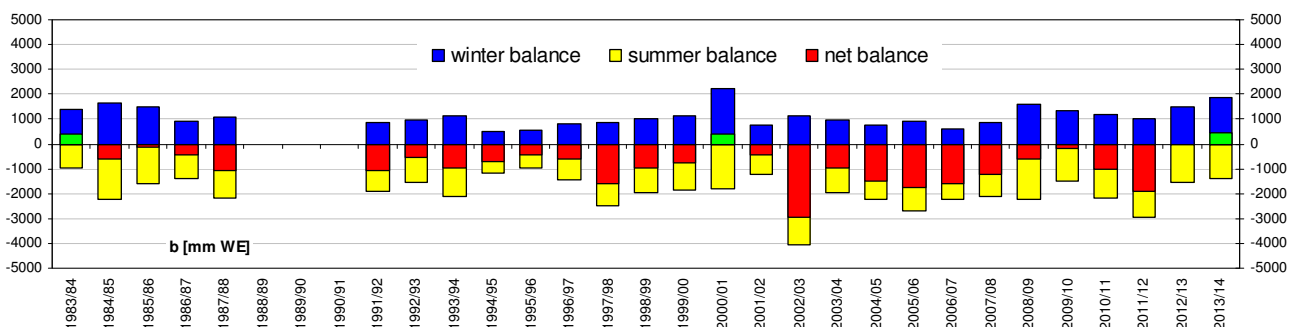


Abbildung 8. Weißbrunnferner - Winter-, Sommer- und Jahresbilanzen in mm Wasseräquivalent (mm WE) von 1983/84 bis 1987/88 und von 1991/92 bis 2013/14.

Figura 8. Ghiacciaio di Fontana Bianca - evoluzione temporale di bilancio invernale, estivo e di massa (mm WE) nel periodo 1983/84 - 1987/88 e 1991/92 - 2013/14.

Die 28-jährige Datenreihe zeigt auf, dass positive Massenbilanzen auf Südtirols Gletschern mit einer Wiederkehrdauer von ca. 10 Jahren auftreten. Dieser Regel entziehen sich nur wenige Gletscher und zwar jene, deren Nährgebiet in höheren Lagen liegt, wie z.B. der Ortler.

7. Vertiefung

Die ergiebigen Niederschläge im Winter 2013/14 sorgten verbreitet für Gefahrensituationen. In Hoch- und Mittellagen wurden zahlreiche Lawinenabgänge verzeichnet, die z.T. auch bewohnte Flächen und Kommunikationswege betrafen. In den Talböden verursachten Regenfälle Muren, Felsstürze und Murgänge.



Abbildungen 9/10/11/12. Im Uhrzeigersinn vom Bild oben links: a) Unterbrechung der karnischen Staatsstraße Nr. 52 im Gemeindegebiet Sexten; b) Steinschlag auf den Freisingerhof in Rungg bei Tramin; c) Pilllawine im Gemeindegebiet Moos in Passeier; d) Von einer Lawine stark beschädigte Stettiner Hütte oberhalb des Pfelderer Tales.

Für die Charakterisierung der außergewöhnlich niederschlagsreichen Wintermonate Dezember 2013 bis Februar 2014 wurde eine statistische Wahrscheinlichkeitsanalyse durchgeführt.

Dabei wurden alle ab 1920 verfügbaren Datenreihen der folgenden Messstationen untersucht: Platt, Meran, Pawigl, Völs, Bozen und Salurn (siehe *Tabelle 1*).

code	name_de	name_it	dataset	NN 2014
20900MS	Platt	Plata	90	554.6
23200MS	Meran	Merano	81	360.6
26700MS	Pawigl	Pavicolo	93	186.0
75600MS	Völs a. S.	Fié a. S.	83	288.9
83200MS	Bozen	Bolzano	87	380.5
88820MS	Salurn	Salorn	76	420.3

Visti i 28 anni di osservazione i dati mostrano come sui ghiacciai dell'Alto Adige un bilancio positivo si realizzi con tempo di ritorno prossimo ai 10 anni. A questo fanno eccezione i pochi ghiacciai con area di accumulo a quote superiori, come è ad esempio il caso della Vedretta Alta dell'Ortles.

7. Approfondimento

Le copiose precipitazioni dell'inverno 2013/14 hanno prodotto numerose criticità sul territorio altoatesino. In quota e nelle zone di media montagna le nevicate hanno infatti provocato numerosi eventi valanghivi, che hanno anche interessato alcune frazioni rurali abitate, e disagi alle vie di comunicazione, nei fondovalle sono invece state le piogge a determinare fenomeni di instabilità dei versanti con frane, crolli in roccia e colate detritiche.



Figure 9/10/11/12. In senso orario a partire dalla foto in alto a sinistra: a) interruzione della strada statale n. 52 Carnica nel comune di Sesto Pusteria; b) crollo di massi sul maso Freisinger a Ronchi di Termeno; c) valanga di Pill nel comune di Moso in Passiria; d) rifugio Petrarca nella Valle di Plan danneggiato da una valanga.

Per valutare il carattere di eccezionalità delle precipitazioni registrate in Alto Adige nel periodo dicembre 2013 - febbraio 2014 è stata sviluppata un'analisi statistico-probabilistica riferita a 6 stazioni pluviometriche.

Nella fattispecie sono state utilizzate le stazioni di Plata, Merano, Pavicolo, Fié allo Sciliar, Bolzano e Salorno e sono stati considerati tutti i dati disponibili dopo il 1920 come schematizzato in *Tabella 1*.

Tabelle 1. Anzahl der verfügbaren Daten und Niederschlagssumme im Winter 2013-2014.

Tabella 1. Numerosità dei dati disponibili e altezza di pioggia registrata nell'inverno 2013-2014.

Die Analyse der Häufigkeit der jahreszeitlichen Niederschlagshöhen wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen im betrachteten Untersuchungsgebiet (welches statistisch als homogen betrachtet wird), untereinander, bis auf einen Maßstabsfaktor, identisch sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Analyse auf vorgegebene Zeitfenster von drei Monaten durchgeführt wurde und es sich daher nicht um jährliche Maxima handelt.

Als Wahrscheinlichkeitsmodell wurde das *Generalised Logistic - GLO* (Hosking e Wallis, 1997) - Modell gewählt. Dessen Wahrscheinlichkeitsfunktion besteht aus drei Parametern, die mittels der linearen Momentenmethode (*L-moments* - Hosking, 1990) geschätzt wurden. Im Vergleich mit der klassischen Momentenmethode oder mit der Maximum-Likelihood-Methode weist dieses Schätzverfahren interessante Eigenschaften bezüglich der statistischen Effizienz auf (vor allem bei Stichproben, die sich durch eine gewisse Schiefe auszeichnen).

Die verwendete Vorgehensweise bei der statistischen Regionalisierung wurde von Hosking und Wallis entwickelt. Diese gilt als Standard in der Extremwertermittlung in der Hydrologie durch (Klemeš, 2000) und besteht aus den folgenden vier Schritten:

- a) Diskordanzanalyse der Daten;
- b) Beurteilung der Homogenitätscharakteristika der Region;
- c) Auswahl des Wahrscheinlichkeitsmodelles;
- d) Schätzung der regionalen Häufigkeitsverteilung.

Die Analyse der Niederschlagsbeobachtungen wurde ferner unter Annahme der Invarianz der statistischen Eigenschaften des Niederschlagsprozesses über den Beobachtungszeitraum durchgeführt. Diese Annahme führt zur Vernachlässigung der möglichen Auswirkungen der lokalen und globalen Klimaänderung. Der so begangene Fehler kann in erster Näherung als vernachlässigbar betrachtet werden, auch in Ermangeln von ausreichend langen Messzeitreihen um diese Phänomene zu quantifizieren. Die Hypothese, dass es keinen feststellbaren Trend in den verfügbaren Zeitreihen gibt, wurde mit dem Trendtest nach Mann-Kendall (Mann, 1945) statistisch überprüft. Bei einem Signifikanzniveau von 5% hat der Test ergeben, dass die Annahme eines nicht feststellbaren Trends in 14% der Fälle zu verwerfen ist. Dieses Ergebnis weist auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen bezüglich klimatischer Trends und des möglichen Einflusses der klimatischen Schwankungen auf das Regime von Extremniederschlägen in der betrachteten Region hin.

Die Anwendung des probabilistischen Modells *Generalised LOGISTIC* erfordert, wie bereits angeführt, die Überprüfung der Qualität der Daten. Diese Datenqualitätsanalyse wurde, was die Wahl der Verteilung betrifft, mit einem positiven Ergebnis durchgeführt und die GLO Verteilung wird daher angenommen.

Außerdem wird der H-Test durchgeführt, um die Homogenitätseigenschaften der untersuchten Region festzustellen. Die Region ist akzeptabel homogen für $H < 1$, potenziell heterogen bei $1 < H < 2$ und heterogen für $H > 2$ (Hosking e Wallis, 1993).

In Tabelle 2 ist das Ergebnis zusammen mit den dimensionslosen Verhältnissen der linearen Momente

L'analisi di frequenza delle altezze di pioggia stagionali è stata realizzata nell'ipotesi che le relative distribuzioni di probabilità, all'interno del territorio in esame (considerato statisticamente omogeneo), siano fra loro identiche a meno di un fattore di scala. E' in ogni caso importante notare che l'analisi è sviluppata su finestre temporali predefinite di tre mesi e che quindi non si tratta di massimi annuali.

Come modello probabilistico si è scelta la *Generalised Logistic - GLO* (Hosking e Wallis, 1997), una funzione di probabilità a tre parametri, per la stima dei quali ci si è avvalsi di una procedura regionale basata sul metodo dei momenti lineari (*L-moments* - Hosking, 1990), caratterizzato da interessanti proprietà di efficienza statistica (soprattutto nel caso di campioni caratterizzati da un certo grado di asimmetria), sia rispetto al metodo dei momenti convenzionali che al metodo della massima verosimiglianza.

La procedura di regionalizzazione statistica sviluppata da Hosking e Wallis qui utilizzata si sta imponendo come uno standard nel campo nella valutazione degli estremi in idrologia (Klemeš, 2000) e si compone dei seguenti quattro passaggi:

- a) analisi di discordanza dei dati;
- b) valutazione delle caratteristiche di omogeneità della regione;
- c) selezione del modello probabilistico;
- d) stima della distribuzione di frequenza regionale.

L'analisi delle osservazioni pluviometriche è stata peraltro compiuta ipotizzando che le caratteristiche statistiche del processo di pioggia siano invariante durante il periodo di osservazione. Tale assunzione porta a trascurare i possibili effetti dovuti al cambiamento climatico locale e globale. L'errore così commesso può ritenersi in prima approssimazione ininfluenza, in mancanza spesso di osservazioni estese a sufficienza per quantificare tali fenomeni. L'ipotesi di assenza di trend nelle serie temporali disponibili è stata comunque valutata statisticamente, nella fattispecie utilizzando il test di Mann-Kendall (Mann, 1945). Utilizzando un livello di significatività pari a 5%, il test ha consentito di rigettare l'ipotesi di assenza di trend nel 14% dei casi. Questo risultato indica la necessità di analizzare ulteriormente la presenza di possibili trend climatici e di valutare la possibile influenza delle fluttuazioni climatiche sul regime delle piogge estreme nella regione considerata.

L'applicazione del modello probabilistico *Generalised LOGISTIC* richiede, come accennato in precedenza, la verifica di qualità dei dati. Nello specifico questa analisi è stata condotta positivamente. Per quanto riguarda la scelta della distribuzione e viene confermato che la distribuzione GLO risulta accettabile.

È inoltre introdotto lo statistico H di verifica delle caratteristiche di omogeneità della regione di studio. Questa è accettabilmente omogenea ($H < 1$), sarebbe stata potenzialmente eterogenea per $1 < H < 2$, eterogenea per $H > 2$ (Hosking e Wallis, 1993).

In Tabella 2. è riportato questo risultato unitamente ai rapporti adimensionali dei momenti lineari. Per analogia con i momenti convenzionali, i rapporti τ_2 , τ_3 , e τ_4 sono denominati anche come *L-CV*, *L-skewness* e *L-kurtosi*.

dargestellt. In Analogie mit den klassischen Momenten von Zufallsvariablen, werden die Verhältnisse τ_2 , τ_3 , und τ_4 auch *L-Variationskoeffizient*, *L-Schiefe* e *L-Wölbung* genannt.

analysis	$\tau_2 = \lambda_2 / \lambda_1$	$\tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$	$\tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2$	H	distribution
saisonal	0.839	0.291	-0.302	-1.55	Gen Logistic

Tabelle 2. Ergebnisse der statistischen Regionalisierung der angenommenen Verteilung.

T_R	seasonal
n. stations	6
5	1.340
10	1.746
50	2.995
100	3.730
200	4.636

Die Auswertung zeigt auf, dass an 4 der 6 untersuchten Stationen Wiederkehrdauern von über 100 Jahren auftreten (und damit als extrem einstuftbar sind). Einzig an der Station Pavigl beträgt die berechnete Wiederkehrdauer weniger als 50 Jahre, während sie in Salurn zwischen 50 und 100 Jahren liegt.

code	name_de	name_it	NN $T_{R,100}$	$T_{R,2014}$
20900MS	Platt	Plata	505.8	100-200
23200MS	Meran	Merano	313.3	100-200
26700MS	Pavigl	Pavicolo	488.6	< 50
75600MS	Völs a. S.	Fié a. S.	272.3	100-200
83200MS	Bozen	Bolzano	324.5	100-200
88820MS	Salurn	Salorn	473.7	50-100

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die schweren Auswirkungen der ergiebigen Niederschläge von der kalten Jahreszeit verstärkt wurden. Das Ausbleiben im Winter nennenswerter Evapotranspirationsflüsse beeinflusst grundlegend alle hydrologischen Prozesse im Boden und führt zu einer erhöhten Eintrittswahrscheinlichkeit von Naturereignissen.

Literaturverzeichnis

Hosking, J.R.M., 1990: L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics, *J. R. Stat. Soc., Ser. B.*, 52(2), 105-124.

Hosking, J.R.M. e J.R. Wallis, 1993: Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resour. Res.*, 29, 2, 271-281.

Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., 1997. *Regional Frequency Analysis – An Approach Based on L-Moments*. Cambridge University Press.

Klemeš, V. I., 2000: Tall Tales about Tails of Hydrological Distributions. *J. Hydrol. Eng.*, 10.1061/(ASCE)1084-0699(2000)5:3(227), 227-231.

Mann, H.B., 1945: Nonparametric test against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.

Tabella 2. Risultati della procedura di regionalizzazione statistica per la sola distribuzione accettabile.

Tabelle 3. Quantile der Wachstumsfunktion für folgende Wiederkehrzeiten $T_R = 5, 10, 50, 100, 200$ Jahre.

Tabella 3. Quantili della curva di crescita per $T_R = 5, 10, 50, 100, 200$ anni.

L'applicazione dell'analisi statistico-probabilistica alle 6 stazioni pluviografiche evidenzia nel complesso tempo di ritorno eccedenti i 100 anni (e quindi estremi) per 4 stazioni su 6. Solo per la stazione di Pavicolo il tempo di ritorno risulta inferiore ai 50 anni, mentre per Salorno si colloca fra 50 e 100 anni.

Tabelle 4. Anzahl der verfügbaren Daten und Niederschlagssumme im Winter 2013-2014.

Tabella 4. Valutazione del tempo di ritorno per l'altezza di pioggia registrata nell'inverno 2013-2014.

Si ponga infine attenzione al fatto che i rilevanti effetti al suolo dovuti alle abbondanti precipitazioni sono stati enfatizzati dal particolare periodo in cui queste si sono verificate. L'assenza di flussi evapotraspirativi significativi durante l'inverno condiziona infatti la dinamica idrologica sia nei suoli che negli ammassi rocciosi, rendendoli più suscettibili all'innescare di collassi e frane.

Bibliografia

Verantwortliche Direktorin:

Dr. Michela Munari

An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:

*Roberto Dinale
Andrea Di Lullo
Stefan Ghetta
Rudi Nadalet
Lukas Rastner*

Unterstützung bei den Felderhebungen auch durch:

*Demis Farina
Stuefer Hartmann
Hans Thöni*

Ein Dank geht an Prof. *Marco Borga* von der Universität Padua für die Bereitstellung der regionalen statistischen Analysen.

für Vorschläge/Info mailto: hydro@provinz.bz.it

*Hydrographisches Amt Bozen
Abteilung Brand- und Zivilschutz
Drususallee 116, I-39100 Bozen*

www.provinz.bz.it/hydro

Druckschrift eingetragen mit Nr. 24/97 vom 17.12.1997 beim Landesgericht Bozen.

Auszugsweiser oder vollständiger Nachdruck mit Quellenangabe (Herausgeber und Titel) gestattet.

Roberto Dinale, Andrea Di Lullo, Marco Borga, Lukas Rastner, Rudi Nadalet, Stefan Ghetta and Michela Munari: Weißbrunnferner – Fontana Bianca Glacier Mass Balance 2013/2014; Glacierreport n. 3/2015, Autonomous Province of Bolzano – South Tyrol.

Druck: Landesdruckerei.

Direttrice responsabile:

dott.sa Michela Munari

Hanno collaborato a questo numero:

*Roberto Dinale
Andrea Di Lullo
Stefan Ghetta
Rudi Nadalet
Lukas Rastner*

Alle attività di campagna hanno collaborato anche:

*Demis Farina
Stuefer Hartmann
Hans Thöni*

Si ringrazia il prof. *Marco Borga* della Università degli Studi di Padova per la redazione delle analisi statistiche regionali.

per proposte/ info mailto: hydro@provincia.bz.it

*Ufficio Idrografico di Bolzano
Ripartizione Protezione antincendi e civile
Viale Druso 116, I-39100 Bolzano*

www.provincia.bz.it/hydro

Pubblicazione iscritta al Tribunale di Bolzano al n. 24/97 del 17.12.1997.

Riproduzione parziale o totale autorizzata con citazione della fonte (titolo e edizione).

Stampa: Tipografia provinciale.