



## Reakcja wód tatrzańskich systemów wywierzyskowych na katastrofalne zjawiska atmosferyczne

Grzegorz Barczyk<sup>1</sup>



**The reaction of the Tatra's vaucuse water systems to catastrophic weather events.** *Prz. Geol.*, 68: 561–565.

*Abstract.* Long-term observation of the Tatra Mountains have allowed the determination of the degree of sensitivity of waters circulating in karst vaucuse systems to atmospheric phenomena. The correlation coefficients for fluctuations in the water table in Tatra vaucuse springs clearly show that during the period from the beginning of the monitoring, in the 1980s, to the mid-2010s (2013), the waters of all Tatra vaucuse springs reacted in a similar way. Disastrous storms that, at the turn of 2013 caused huge damage to the vegetation covering the areas of the Polish part of the Western Tatras, contributed to the intensification of surface erosion processes and, as a consequence, to uncovering outcrops of karst rocks. An analysis of correlation relationships between fluctuations in the water table in the Tatra vaucuse springs in the period after 2013 showed a clear change in the value of the correlation coefficient  $r$  in relation to the waters circulating in the Wywierzysko Chochołowskie vaucuse system.

**Keywords:** Tatra Mountains, karst, vaucuse springs, vaucuse systems, correlation, water level fluctuations, reaction to atmospheric phenomena

Rozpoznanie głównych elementów charakteryzujących reżim hydrogeologiczny źródeł dowolnego rodzaju, w tym także wyjątkowego typu źródeł, jakimi są wywierzyska, wymaga przede wszystkim długich ciągów obserwacji, wieloletniego monitoringu. Najczęstszymi parametrami podlegającymi ocenie są: wahania stanów, wydajność i własności fizykochemiczne. W przypadku wywierzysk tatrzańskich, znajdujących się na terenie trudno dostępnym z technicznego punktu widzenia (teren górski) oraz prawie chronionym (Tatrzański Park Narodowy, TPN), jedynie obserwacje wahań stanów zwierciadła wód w wypływach wywierzysk nie wymagają zbytej ingerencji w środowisko przyrodnicze. Analiza wyników pomiarów stacjonarnych wahań stanów zwierciadła wód podziemnych, w szczególności wypływających z krasowych źródeł lub wywierzysk, jest z powodzeniem stosowana w wielu rejonach występowania wodonośców krasowych i szczelino-wo-krasowców (Małecka, 1985; Petrič, 2002; Goldscheider, Drew, 2007; Kresic, Stevanovic, 2010).

Stacjonarne obserwacje hydrogeologiczne wywierzysk rozpoczęły się na terenie Tatr polskich praktycznie w połowie lat 70. XX w. (Barczyk, 2008). Prace badawcze prowadzone przez zespół prof. D. Małeckiej doprowadziły do założenia pierwszej sieci posterunków wodowskazowych usytuowanych m.in. przy wywierzyskach (ryc. 1). Odczyty stanów wodowskazowych były prowadzone kilka razy w miesiącu. Interpretacja uzyskiwanych wyników stanowiła podstawę licznych opracowań dotyczących hydrogeologii Tatr (Małecka, 1984, 1985, 1993, 1996, 1997; Pachla, Zaczekiewicz, 1985; Małecka, Humnicki, 1989; Humnicki, 1992; Barczyk, 1993, 1994). Od końca lat 90. XX w. wywierzyska tatrzańskie zostały objęte, w ramach projektu badawczego pt. *Określenie możliwości retencyjnych i dynamiki denudacji obszarów krasowych Tatr Polskich w oparciu o badania stacjonarne wywierzysk*, stałym

monitoringiem hydrogeologicznym. Początkowo, w latach 1994–1998, obejmował on wyłącznie wywierzyska: Lodowe w Dolinie Kościeliskiej i Chochołowskie w Dolinie Chochołowskiej. Od 1998 r. zaczęła działać sieć automatycznych limnimetrów zapisujących wahania stanów wodowskazowych we wszystkich wywierzyskach, w odstępach 30-minutowych. Po zakończeniu projektu aparatura została przekazana dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego. W latach 90. XX w. następowała sukcesywna wymiana sprzętu i uzupełnianie sieci punktów pomiarowych. Od roku 2009 pracownicy TPN prowadzą monitoring hydrologiczny w ponad 40 punktach pomiarowych, w tym przy wszystkich tatrzańskich. Najnowsza, współczesna sieć obserwacyjna została utworzona na podstawie lokalizacji dotychczasowych punktów pomiarowych.

Niniejszy artykuł powstał dzięki udostępnieniu autorowi materiałów źródłowych z automatycznych obserwacji.

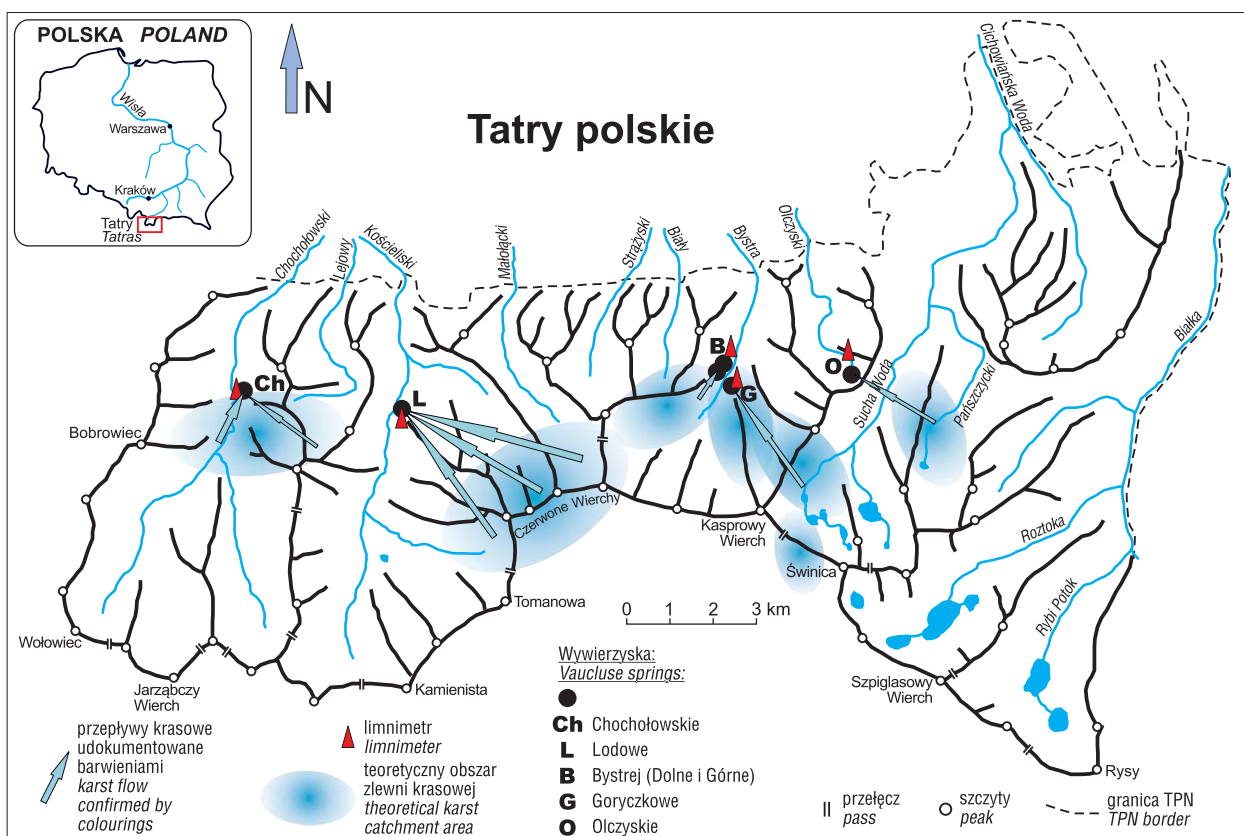
Pełna analiza statystyczna i wynikająca z niej charakterystyka reżimów hydrogeologicznych tatrzańskich wywierzysk z przełomu wieku XX i XXI została przedstawiona w monografii *Tatrzańskie wywierzyska* (Barczyk, 2008).

W zakresie podobieństwa i zgodności reakcji wód poszczególnych wywierzysk na zjawiska atmosferyczne w skali roku (lata hydrologiczne), to znaczne ich podobieństwo zostało potwierdzone m.in. analizą współczynników korelacji  $r$ ; w odniesieniu do wahań stanów dobowych (tab. 1).

W ciągu wielolecia 1999–2003 we wszystkich przypadkach stwierdzono silne związki, przekraczające wartość  $r = 0,60$ . Charakterystyczne dla tych zależności są wyraźnie słabsze związki korelacyjne stanów wywierzysk Chochołowskiego i Bystrej zarówno względem siebie, jak i w stosunku do stanów innych wywierzysk (tab. 1, 2).

W odniesieniu do Wywierzysk Bystrej odrębność ta jest związana głównie z istnieniem dwóch wypływów (Wywierzysko Bystrej Górne i Wywierzysko Bystrej Dolne)

<sup>1</sup> Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; gb59@uw.edu.pl



**Ryc. 1.** Schematyczna lokalizacja tatrzańskich wywierzysek  
**Fig. 1.** Schematic location of the Tatra vaucluse springs

**Tab. 1.** Współczynniki korelacji  $r$  pomiędzy średnimi dobowymi stanami wody w wywierzywkach (wg Barczyka, 2008, uzupełnione).  
 Symbole wywierzysek zgodne z opisami na ryc. 1  
**Table 1.** Correlation coefficients  $r$  between average daily water levels in vaucluse springs (after Barczyk, 2008, supplemented).  
 Vaucluse springs symbols as described in Fig. 1

	CH	L	B	G	O
<b>rok hydrologiczny 1999 / hydrological year 1999</b>					
Wyw. Chochołowski (CH)	–	0,77	0,57	0,71	0,72
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,87	0,94	0,91
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,94	0,94
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,96
<b>rok hydrologiczny 2000 / hydrological year 2000</b>					
Wyw. Chochołowski (CH)	–	0,78	0,57	0,69	0,69
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,90	0,96	0,95
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,95	0,97
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,95
<b>rok hydrologiczny 2001 / hydrological year 2001</b>					
Wyw. Chochołowski (CH)	–	0,92	0,84	0,90	0,92
0,92Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,84	0,96	0,92
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,92	0,86
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,97
<b>rok hydrologiczny 2002 / hydrological year 2002</b>					
Wyw. Chochołowski (CH)	–	0,90	0,42	0,79	0,91
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,59	0,83	0,94
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,50	0,60
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,94
<b>rok hydrologiczny 2003 / hydrological year 2003</b>					
Wyw. Chochołowski (CH)	–	0,79	0,84	0,86	0,79
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,81	0,82	0,78
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,92	0,91
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,90

odwadniającego system. W przypadku Wywierzyska Chochołowskiego odrębność tę należy łączyć z eksperymentalnie stwierdzonym, częściowym zasilaniem tego wywierzyska przez wody powierzchniowe, bezpośrednio z Potoku Chochołowskiego (Solecki, Koisar, 1973; Rogalski, 1984; Barczyk, 1994, 2008; Barczyk i in., 2000). Szybsza reakcja wód tego potoku na zjawiska atmosferyczne odzwierciedla się szybszym wzrostem stanów wywierzyska i wyraźnym zmniejszeniem współczynników korelacji z innymi wywierzyskami. Obszary zasilania pozostałych tatrzańskich wywierzysk: Lodowego, Goryczkowego i Olczyńskiego wyznaczone zarówno na podstawie badań znacznikowych, jak i obliczeń hydrogeologicznych oraz hydrogeochemicznych są oddalone od miejsc wypływu. W przypadku tych systemów nie stwierdzono zasilania z cieków powierzchniowych (Barczyk, 2008). W przedstawionej analizie istotnym elementem jest fakt, że w okresie 1999–2003, nawet w przypadku niższych średnich, wartości współczynników korelacji dla wywierzysk Chochołowskiego i Bystrej nie przekroczyły one wielkości poniżej 0,6 (tab. 2).

Należy zwrócić uwagę, że zaprezentowane powyżej oceny dotyczyły wyników obserwacji prowadzonych przy pomocy automatycznej aparatury pomiarowej, która, jak wspomniano, działała od końca lat 90. XX w. Wcześniej obserwacje stanów wodowskazowych tatrzańskich wywierzysk, oparte na bezpośrednich odczytach poziomu wody, były prowadzone w kilkudniowych odstępach, a wartości dobowe odtwarzano na podstawie zależności związków wodowskazowych i danych meteorologicznych, głównie sumy opadów (Barczyk, 2008). Także i w tym przypadku związek korelacyjny był wysoki, jednak ze względu na interpretacyjny charakter porównywanych zbiorów danych może być traktowany wyłącznie jako opis charakteru tych związków.

Współczesna sieć monitoringu, działająca od 2009 r., rejestruje, jako główny pomiar, wahania stanów wód w wypływach wywierzysk. Wyniki monitoringu wahań zwierciadła wód podziemnych prowadzonego przez TPN w latach 2009–2018 zostały poddane statystycznej analizie porównawczej współczynników  $r$ , analogicznej do lat wcześniejszych (tab. 3).

Porównanie wartości współczynników korelacji z okresów 1998–2003 oraz 2009–2018 wyraźnie wskazuje na istotne zmiany w wartościach współczynników korelacji pomiędzy tatrzańskimi systemami wywierzyskowymi. Największe zmiany wartości współczynnika  $r$  można zaobserwować w przypadkach porównań danych dotyczących wywierzysk Chochołowskiego i Bystrej z danymi z pozostałych systemów wywierzyskowych. O ile w przypadku Wywierzyska Bystrej zmiany te nie są znaczące, zwłaszcza jeśli chodzi o charakter zależności (korelacja wahań stanów tego wywierzyska we wszystkich analizowanych okresach zawsze była najniższa), to zgodność wahań zwierciadła wody w Wywierzysku Chochołowskim, w stosunku do pozostałych systemów, zmieniła się w sposób istotny. W drugim z analizowanych okresów zostało stwierdzone wyraźne obniżenie wartości współczynnika  $r$ , gdy w latach 1999–2003 nie przekroczył on wartości poniżej 0,60, poza jednym przypadkiem w 2002 r. (tab. 1).

W okresie 2009–2013, jak również w latach 2014–2018 współczynnik  $r$ , dotyczący systemów wywierzyskowych wymienionych wyżej źródeł, wielokrotnie był niższy niż 0,50 (tab. 2). W szczególności dla pięciolecia 2014–2018 (tab. 2) zgodność reakcji stanów wodowskazowych systemów wywierzyskowego Wywierzyska Chochołowskiego

względem pozostałych systemów zdecydowanie zmalała (tab. 2, 3).

Znaczne obniżenie wartości współczynnika  $r$  jest wyraźnie związane z rokiem hydrologicznym 2014. Także od tego roku daje się zauważyć wyraźna, sezonowa zmienność wartości tego współczynnika (tab. 4), w szczególności w stosunku do położonego najbliższego systemu wywierzyskowego wywierzyska Lodowego w Dolinie Kościeliskiej.

W okresie między rokiem hydrologicznym 2013 a 2014 musiała zatem nastąpić jakaś naturalna lub wywołana sztucznie zmiana w reżimie hydrogeologicznym tatrzańskich wywierzysk. Przebieg wahań zwierciadła wody w wypływach i wywierzyskach krasowych jest ściśle związany z charakterystyką krążenia wód w krasowym wodonoścu, w szczególności zależy od zasilania, drenażu oraz czasu krążenia wody w maszywie. Obszar krasowy polskiej części Tatr jest odwadniany przez pięć głównych wywierzysk (ryc. 1). Wieloletnie obserwacje tatrzańskich systemów wywierzyskowych pozwoliły na ustalenie zależności w krążeniu wód podziemnych zarówno w obrębie lokalnych zlewni, związanych z konkretnym systemem wywierzyskowym, jak i w skali regionalnej całego obszaru, na którym rozwijają się procesy krasowe. Jednoczesna zmiana tych zależności musiała mieć zatem konkretną, najprawdopodobniej naturalną przyczynę. Spośród trzech składowych reżimu hydrogeologicznego obszaru krasowego Tatr polskich tego typu zmiany mogły dotyczyć przede wszystkim układu zasilanie–drenaż.

W grudniu 2013 r. nad zachodnią częścią Tatr polskich wiał wyjątkowo silny, huraganowy wiatr halny. Skutkiem

**Tab. 2.** Współczynniki korelacji  $r$  pomiędzy średnimi dobowymi stanami wody w wywierzyskach (okres 1999–2003)

**Table 2.** Correlation coefficients  $r$  between average daily water levels in the vaucluse springs (period 1999–2003)

	CH	L	B	G	O
	lata hydrologiczne 1999–2003 łącznie hydrological years 1999–2003 in total				
Wyw. Chochołowskie (CH)	–	0,78	0,65	0,71	0,72
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,67	0,75	0,90
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,73	0,60
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,78

**Tab. 3.** Współczynniki korelacji  $r$  pomiędzy średnimi dobowymi stanami wód w wywierzyskach z okresów 2009–2013 i 2014–2018 (lata hydrologiczne)

**Table 3.** Correlation coefficients  $r$  between average daily water levels in the vaucluse springs from the periods 2009–2013 and 2014–2018 (hydrological years)

	CH	L	B	G	O
	lata hydrologiczne 2009–2013 łącznie hydrological years 2009–2013 in total				
Wyw. Chochołowskie (CH)	–	0,65	0,32	0,69	0,60
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,58	0,92	0,88
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,51	0,62
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,91
	lata hydrologiczne 2014–2018 łącznie hydrological years 2014–2018 in total				
Wyw. Chochołowskie (CH)	–	0,45	0,38	0,34	0,42
Wyw. Lodowe (L)	–	–	0,78	0,90	0,62
Wyw. Bystrej (B)	–	–	–	0,87	0,80
Wyw. Goryczkowe (G)	–	–	–	–	0,73

**Tab. 4.** Współczynniki korelacji  $r$  pomiędzy średnimi dobowymi stanami wód w wywierzysku Chochołowskim, a stanami wód w pozostałych tatrzańskich wywierzyskach (lata 2009–2018)\*

**Table 4.** Correlation coefficients  $r$  between average daily water levels in the Chochołowskie vauclose spring and water levels in other Tatra vauclose springs (2009–2018)\*

Rok hydrologiczny Hydrological year	Lodowe	Bystrej	Goryczkowe	Olczykie
1999	0,77	0,57	0,71	0,72
2000	0,78	0,57	0,69	0,69
2001	0,92	0,84	0,90	0,92
2002	0,90	0,42	0,79	0,91
2003	0,79	0,84	0,86	0,79
2009*	0,28	–	–	0,12
2010	0,92	0,47	0,88	0,81
2011	0,77	0,83	0,83	0,80
2012	0,84	0,26	0,74	0,76
2013	0,71	0,55	0,69	0,67
2014	0,53	0,48	0,41	0,61
2015	0,77	0,64	0,69	0,65
2016	0,32	0,06	0,12	0,16
2017	0,89	0,82	0,86	0,87
2018	0,36	0,82	0,29	0,76

\* Wartości obliczone dla roku 2009 są obarczone błędami wynikającymi z problemów technicznych. Sieć rejestrująca wahania stanów była w tym roku instalowana i testowana.

\* The values calculated for 2009 are affected by errors resulting from technical problems. The network registering fluctuations in the water table was installed and tested this year.



**Ryc. 2.** Strefa wypływu Wywierzyska Chochołowskiego (kwiecień 2012 r.)

**Fig. 2.** Outflow zone of the Wywierzysko Chochołowskie vauclose spring (April 2012)

tego wiatru było zniszczenie powierzchniowej szaty roślinnej, głównie drzew, przede wszystkim na obszarze polskiej części Tatr Zachodnich, w dolinach: Kościeliskiej, Lejowej i Chochołowskiej. Szacunkowo określono łączną kubaturę powalonych drzew na ponad 150 tys. m<sup>3</sup>. Historycznie – poprzedni, tak niszczący hałny był w 1968 r., kiedy to powalił podobną liczbę drzew na obszarze ok. 450 ha (doliny Bystrej, Małej Łąki i Miętusiej) (Rajwa, 2014a).

Zniszczenia szaty roślinnej (głównie lasów) dotknęły w przeważających przypadkach obszarów hipsometrycznie związanych ze strefą regla dolnego i regla górnego. Jedynym tatrzańskim wywierzyskiem, którego obszar zasilania w istotnym procencie jest związany z tymi piętrami, jest Wywierzysko Chochołowskie (Barczyk i in., 2015) (ryc. 2; 3 i 4 – patrz str. ccc). Zniszczenie, a na niektórych obszarach wręcz całkowita redukcja pokrywy roślinnej i co za tym idzie uruchomienie procesów wymywania gleby oraz odsłaniania wychodni skał macierzystych z pewnością wpłynęło na prędkość dopływu wód opadowych czy pochodzących z topniejącej pokrywy śnieżnej do szczelinowego i szczelinowo-krasowego systemu wywierzyskowego. Dodatkowo w wielu miejscach dochodziło do czasowego zamykania (poprzez zasypanie materiałem ze spływu powierzchniowego) głównych stref ponorowych (Wyżnia Brama Chochołowska) oraz węższych szczelin w głębi systemu przez materiał okrucowy i ilasty. Od 2014 r. na terenach dotkniętych katastrofalną wichurą były i są prowadzone prace porządkowe, niezbędne z przyrodniczego i gospodarczego punktu widzenia, polegające przede wszystkim na usuwaniu powalonych drzew. Prace te ze względu na swą specyfikę i konieczność zastosowania ciężkiego sprzętu powodowały dodatkowo niszczenie powierzchni terenu (Babula, 2014). Możliwość bezpośredniego wniknięcia wód opadowych i roztopowych poprzez odsłonięte szczeliny, jak również znaczne przyspieszenie spływu powierzchniowego miało miejsce w tak dużym stopniu wyłącznie na obszarze zlewni Potoku Chochołowskiego. W latach poprzedzających katastrofalną wichurę udokumentowany udział wód powierzchniowych w zasilaniu Wywierzyska Chochołowskiego był szacowany na 25–30% całości odpływu i w znacznym stopniu uzależniony od stopnia zawodnienia masywu, w mniejszym – od spływu powierzchniowego (Barczyk, 2008). Zmiany, jakie nastąpiły po roku 2013 w zakresie pokrycia powierzchni terenu szatą roślinną i odsłonięcia wychodni skał i szczelin, mogły w znacznym stopniu zmienić wcześniejsze zależności.

W maju 2014 na terenie Tatr miała miejsce jedna w większych i gwałtowniejszych powodzi, jakie zanotowano w XX i XXI w. (Grochol-ski, 2014; Krupa, 2014; Rajwa, 2014b; Żelazny i in., 2014).

Dalszych badań i analiz wymaga określenie bardziej szczegółowych zależności pomiędzy redukcją pokrywy roślinnej oraz zintensyfikowaniem procesów erozji powierzchniowej a wyraźną zmianą korelacji wahań stanów wód z systemu wywierzyska Chochołowskiego z wahaniami stanów wód z pozostałych tatrzańskich systemów wywierzyskowych. Niebędne jest również szczegółowe wyjaśnienie krótkoterminowych, rocznych wahań wielkości współczynnika korelacji (tab. 4). Powinny one objąć zarówno dane dotyczące stanów wód powierzchniowych tatrzańskich potoków, jak i informacji dotyczących rozkładu oraz natężenia okresowych i dobowych opadów atmosferycznych, zwłaszcza w latach po roku 2013, w szczególności dla obszaru zlewni Potoku Chochołowskiego.

W listopadzie 2019 r. został rozpoczęty projekt badawczy prowadzony przez pracowników Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego i Tatrzańskiego Parku Narodowego, którego realizacja pozwoli na pełniejsze rozpoznanie procesów przyrodniczych zapoczątkowanych w grudniu 2013 r.

Autor składa podziękowania Recenzentowi za wnikliwą analizę prezentowanego tekstu i wszelkie uwagi zgłoszone w recenzji.

## LITERATURA

- BABULA K. 2014 – Park po halnym. *Tatry*, 3 (49): 9.
- BARCZYK G. 1993 – Zastosowanie metody Radczuk & Szarskiej do obliczania odpływu podziemnego w górskich obszarach krasowych. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, 6: 341–345.
- BARCZYK G. 1994 – Wody krasowo-szczelinowe Tatr Zachodnich i problemy ich ochrony. Niepublikowana praca doktorska, arch. IHiGI WG UW.
- BARCZYK G. 2008 – Tatrzańskie wywierzyska. Wyd. Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- BARCZYK G., HUMNICKI W., ŻURAWSKA G. 2000 – Wstępne wyniki z pracy sieci monitoringowej wywierzysk tatrzańskich. [W:] Kotarba A. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, tom II: 13–14.
- BARCZYK G., SZCZYGIEL J., GRADZIŃSKI M., PAVLARČIK S., HOLUBEK P., KICIŃSKA D., DĄBROWSKA K., MICHAŁEC V., HLAVÁČOVÁ I. 2015 – Plansza V.7. Jaskinie i zjawiska krasowe – cz. 1. [W:] Dąbrowska K., Guzik M. (red.), *Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona*. Wyd. Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- BARCZYK G., PAVLARČIK S., PLUČIŃSKÝ L., SZCZYGIEL J., FILAR F., PARCZEWSKI M. 2015 – Plansza V.7. Jaskinie i zjawiska krasowe – cz. 2. [W:] Dąbrowska K., Guzik M. (red.), *Atlas Tatr. Przyroda nieożywiona*. Wyd. Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- GOLDSCHIEDER N., DREW D. 2007 – *Methods in Karst Hydrogeology*. Wyd. Taylor & Francis Londyn.
- GROCHOLSKI M. 2014 – Powódź 1997. *Tatry*, 3 (49): 70–73.
- HUMNICKI W. 1992 – Współzależność wód podziemnych i powierzchniowych zlewni Białki w Tatrach na tle budowy geologicznej. Niepublikowana praca doktorska, arch. IHiGI WG UW.
- KRESIC N., STEVANOVIC Z. 2010 – *Groundwater hydrology of springs*. Wyd. Elsevier.
- KRUPA M. 2014 – Powódź 1934. *Tatry*, 3 (49): 64–69.
- MAŁECKA D. 1984 – Rola masywu tatrzańskiego w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych górnej części zlewni Dunajca. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 5 (1): 129–147.
- MAŁECKA D. 1985 – Znaczenie badań stacjonarnych w rozpoznaniu reżimu hydrogeologicznego źródeł i wywierzysk krasowych w Tatrach. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, 3: 119–131.
- MAŁECKA D. 1993 – Hydrogeologia Krasu Tatrzańskiego. [W:] Grodzicki J. (red.), *Jaskinie Tatrzańskiego Parku Narodowego*, tom 3: 11–35.
- MAŁECKA D. 1996 – Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych. [W:] Kotarba A. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, tom I: 19–30.
- MAŁECKA D. 1997 – Źródła masywu tatrzańskiego. *Acta Universitatis Lodzianensis*, 2: 9–25.
- MAŁECKA D., HUMNICKI W. 1989 – Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu wywierzyska Olczyskiego. *Prz. Geol.* 37(2): 78–84.
- PACHLA J., ZACZKIEWICZ W. 1985 – Drogi krążenia wód krasowych na przykładzie zlewni potoku Sucha Woda. *Gacek*, 2: 39–44.
- PETRIČ M. 2002 – Characteristic of recharge-discharge relations in karst aquifer. *Postojna-Ljubljana*.
- RAJWA A. 2014a – Trzy kataklizmy. *Tatry*, 1 (47): 12–13.
- RAJWA A. 2014b – Powódzie w Tatrach i na Podtatrzu. *Tatry*, 3 (49): 56–61.
- ROGALSKI R. 1984 – Badania znacznikowe przepływów podziemnych w Dolinie Chochołowskiej w Polskich Tatrach Zachodnich. *Prz. Geol.* 32 (4): 223–225.
- SOLECKI T., KOISAR B. 1973 – Zagadka Wywierzyska Chochołowskiego. *Taternik*, 1 (49): 30–31.
- ŻELAZNY M., WOLANIN A., PEKSA Ł. 2014 – Majowy żywioł. *Tatry*, 3 (49): 74–75.

Praca wpłynęła do redakcji 20.04.2020 r.  
Akceptowano do druku 10.06.2020 r.

## Reakcja wód tatrzańskich systemów wywierzyzkowych na katastrofalne zjawiska atmosferyczne (patrz str. 561)

The reaction of the Tatra's vauclose water systems to catastrophic weather events (see p. 561)



**Ryc. 3.** Strefa wypływu Wywierzyiska Chochołowskiego (listopad 2019 r.)

**Fig. 3.** Outflow zone of the Wywierzyisko Chochołowskie vauclose spring (November 2019)



**Ryc. 4.** Odślonięte wychodnie utworów węglanowych w dolinie potoku Chochołowskiego (listopad 2019 r.). Obie fot. G. Barczyk

**Fig. 4.** Exposed outcrops of carbonate formations in the valley of the Chochołowski stream (November 2019). Both photos by G. Barczyk