

**Patryk WACŁAWCZYK<sup>a</sup>, Dawid PIĄTEK<sup>b</sup>, Maciej SIWKA, Maciej BRYNDZA, Agata GOŁĄB<sup>c</sup>,  
Joanna HAŁYS, Klaudia JAGI, Ewa KALISZ, Patrycja WÓJTOWICZ**

Institut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,  
Uniwersytet Jagielloński

<sup>a</sup>e-mail: patryk.waclawczyk@doctoral.uj.edu.pl

ORCID: 0000-0003-3142-9400

<sup>b</sup>e-mail: dawid.piatek@doctoral.uj.edu.pl

ORCID: 0000-0002-2532-0161

<sup>c</sup>e-mail: agata.golab@doctoral.uj.edu.pl

ORCID: 0000-0001-8032-503X

## **WARUNKI OBIEGU WODY W ZLEWNI KREMPNEJ W BESKIDZIE NISKIM**

### **Water circulation patterns in Krempna stream catchment in Beskid Niski Mountains**

**Abstract:** Magura National Park, located in Beskid Niski Mountains, is poorly researched in the field of hydrology. The aim of this study is to recognize the water cycle patterns in Krempna stream catchment (located in Magura NP). To reach this goal, hydrological mapping was taken. 173 (9,9/square kilometer) water outflows in catchment were surveyed; mean spring water temperature was 13,8°C (ranging from 8 to 19°C) and mean SEC was 345  $\mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$  (ranging from 70 to 1000  $\mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$ ). The results, compared with existing studies, indicate low water resources and a rapid transformation of rainfall into runoff in the studied catchment.

**Key words:** water springs, Beskid Niski mountains, hydrological mapping, Magura National Park

### **WSTĘP**

Magurski Park Narodowy (MPN) należy do obszarów stosunkowo słabo rozpoznanych pod kątem warunków hydrologicznych. Istniejące przeglądowe opracowania (np. *Magurski Park Narodowy [w:] Wody w parkach narodowych Polski*, Siwek, Lasek 2012; *Wody [w:] Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Soja 2009) zazwyczaj traktują obszar Parku całościowo, bazując przy tym na informacjach dotyczących całego obszaru Beskidu Niskiego oraz na przeglądowych materiałach kartograficznych (Chowaniec 1997; Dynowska 1995; Dynowska, 1971; Siwek, Żelazny 2006; Ziemońska 1973; Atlas Hydrologiczny Polski 1986). Bardziej szczegółowe informacje pozyskano na

---

**Wpłynęło:** 10.02.2021

**Zaakceptowano:** 7.06.2022

**Zalecany sposób cytowania / Cite as:** Waclawczyk P., Piątek D., Siwka M., Bryndza M., Gołab A., Hałys J., Jagi K., Kalisz E., Wójtowicz P., 2022, Warunki obiegu wody w zlewni Krempnej w Beskidzie Niskim, *Prace i Studia Geograficzne*, 67.1, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 151–164, DOI: 10.48128/pisg/2022-67.1-09.

temat chemizmu wód źródlanych, brały one jednak pod uwagę głównie pojedyncze źródła (Chowaniec 2002; Czaderna 2000; Witczak 1994). Szczegółowe badania w tym aspekcie w przekroju całej zlewni wykonano jedynie w przypadku potoku Ryjak (Lasek 2008). Pozostałe badania hydrologiczne realizowane w Magurskim Parku Narodowym dotyczyły drobnoustrojów występujących w źródłach (Lasek 2011), jakości wód (w ramach wymaganych prawem pomiarów monitoringowych) oraz prac inżynierskich i magisterskich (np. Bors 2006).

Szersze opracowania, dotyczące całego Beskidu Niskiego oraz ogólnie polskich Beskidów, przedstawiają te tereny jako obszary o relatywnie niskich zasobach wodnych oraz niewielkiej zdolności retencji wód opadowych (Dynowska 1971, 1995; liczne inne opracowania). Jest to istotne w kontekście zachodzących w Polsce zmian klimatu, które negatywnie wpływają na zasoby wodne, w tym także na obszarach górskich i chronionych (Barnet i in. 2005; Pumo i in. 2016; Mostowik i in. 2019). Przekształcenia te głównie polegają na wzroście liczby okresów gorących i suchych, przeplatanych deszczami nawalnymi o rosnącej intensywności. Przekłada się to na wzrost zagrożenia zarówno powodziami, jak i suszami (Pińskwar i in. 2019).

Celem niniejszej pracy jest zweryfikowanie hipotezy o niskiej retencyjności terenu i niewielkich zasobach wodnych w Beskidzie Niskim, w tym także w przypadku obszarów chronionych. Aby tego dokonać, w artykule przedstawiona została obszarowa charakterystyka, uwzględniająca podstawowe parametry fizykochemiczne źródeł (wydajność, temperatura, przewodność właściwa, położenie względem budowy geologicznej) w zlewni rzeki Krempna, położonej w centralnej części Magurskiego Parku Narodowego, która to charakterystyka została sporządzona na podstawie kartowania hydrologicznego wykonanego latem 2020 roku. Ponadto, opisane zostały podstawowe parametry dotyczące przepływu w ciekach odwadniających badaną zlewnię.

## OBSZAR BADAŃ

Zlewnia potoku Krempna (Ryc. 1.), prawego dopływu Wisłoki, stanowiąca obszar badań położona jest w Zewnętrznych Karpatach Zachodnich, w centralnej części mezoregionu Beskid Niski (Solon i in. 2018). Osiemdziesiąt procent z jej powierzchni, wynoszącej 17,49 km<sup>2</sup>, położonych jest w Magurskim Parku Narodowym. Warunki środowiskowe występujące na obszarze zlewni Krempnej można określić jako typowe dla obszaru Parku i Beskidu Niskiego.



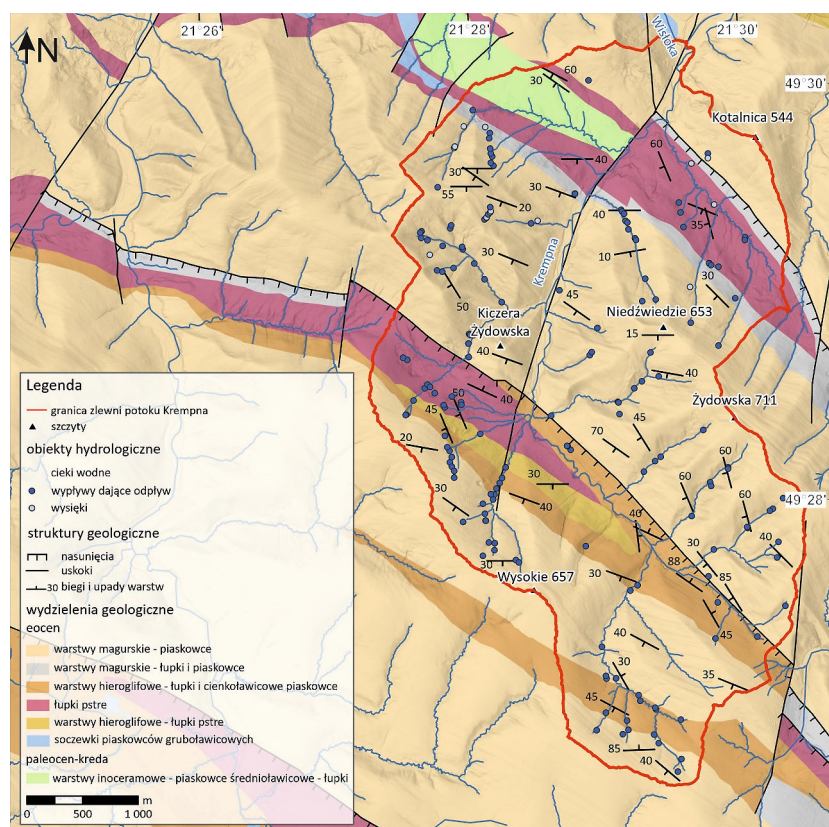
**Ryc. 1.** Położenie obszaru badań

Źródło: opracowanie własne.

**Fig. 1.** Location of the research area

Source: author's own elaboration.

Podłoże zlewni stanowią zapadające na południowy zachód skały fliszowe jednostki magurskiej. Są to: piaskowce grubo- i średnioławicowe, łupki oraz mułowce warstwy magurskiej. Ponadto wyróżnić należy występowanie warstw hieroglifowych oraz inoceramowych w górnej i dolnej części zlewni (Kopciowski 2000; Ślącza 2009) (Ryc. 2.). Budują one rozległe, kopulaste grzbiety, które przechodzą w stoki o profilu wypukło-wklęsłym, miejscami przekształcone przez osuwiska (Ślącza 2009; Kopciowski 2014). Główna dolina na obszarze badań, którą zajmuje potok Krempna dowiązuje swoim położeniem do poprzecznego uskoku o charakterze zrzutowo-przesuwczym, o przebiegu SW-NE (Kopciowski 2014). Od jej płaskiego, akumulacyjnego dna odchodzą krótkie doliny boczne – głównie wciosowe, charakteryzujące się dużymi spadkami przy niewyrównanym i wąskim dnie (Izmałłow i in. 2009). Zlewnia Krempnej położona jest na obszarze gór średnich i niskich (Klimaszewski, Starkel 1972) – obszar zlewni wznosi się maksymalnie na 711 m n.p.m. (Żydowska), a deniwelacje terenu dochodzą do 400 m. W zlewni dominują nachylenia stoków rzędu 15–20°. Koryto Krempnej w górnym biegu charakteryzuje się występowaniem progów zbudowanych z rumoszu skalnego i drzewnego. Pod względem funkcjonowania dominuje tu wpływ procesów stokowych, charakterystyczny dla leń źródłowych (Gomi i in. 2002; Montgomery, Buffington 1997). Krempna w środkowym biegu jest rzeką żwirową z typowym układem ploso-przełaz oraz występującymi miejscami progami rumowiskowymi (Radecki-Pawlik 2011; Krzemień 2012). Ważnym elementem rzeźby zlewni jest również mnogość form antropogenicznych. Stoki charakteryzują się obecnością licznych teras rolnych, a w dnie



Ryc. 2. Budowa geologiczna zlewni Krempnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie podkładu ze strony pgi.gov.pl.

Fig. 2. Geological structure of the Krempna catchment area

Source: author's own elaboration on the background from pgi.gov.pl.

doliny występują pozostałości po dawnej zabudowie, mury oporowe, umocnienia teras rolnych, które obecnie miejscami utrudniają migrację koryta.

Stoki w zlewni niemal w całości pokrywają gleby brunatne. Jedynie na obszarach pokrytych rumoszem oraz na wychodniach skalnych występują gleby inicjalne rumoszowe (regosole) bądź skaliste (litosole), natomiast w dnach dolin rzecznych wykształciły się mady (Skiba i in. 2004). Dość zróżnicowane jest pokrycie obszaru zlewni roślinnością – mimo, że aż 89% powierzchni porastają lasy (głównie żyzna buczyna karpacka oraz grądy subkontynentalne przeplatane sztucznymi nasadzeniami szpilkowymi na obszarach porolnych), to występują tutaj także jedne z większych zbiorowisk zielnych w skali całego Magurskiego Parku Narodowego. Tworzą je położone w dnie doliny Krempej łąki, których udział w powierzchni zlewni wynosi 8% (Michalik 2009).

Beskid Niski charakteryzuje się średnimi rocznymi opadami atmosferycznymi wahającymi się od 850 do 1000 mm (koncentrującymi się przede wszystkim w okresie letnim) oraz średnią roczną temperaturą powietrza wynoszącą 6°C (Obrębska-Starkłowa 2009).

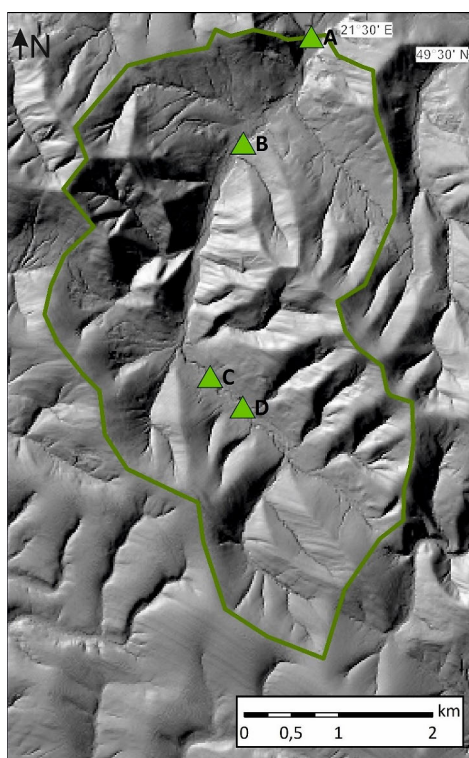
Budowa geologiczna, rzeźba i klimat wpływają na warunki hydrologiczne. W zlewni Krempej, podobnie jak na obszarze całego Beskidu Niskiego, warunki sprzyjają słabej retencji. Położone tam cieki charakteryzują się niewyrównanym, górskim reżimem hydrologicznym z zasilaniem deszczowo-gruntowo-śnieżnym (Dynowska 1971). Wezbrania występują przede wszystkim wiosną (roztopowe), latem (z opadów nawalnych) oraz wczesną zimą (roztopowe) (Ziemiońska 1973; Soja 2009). Gęstość sieci rzecznej w zlewni Krempej jest zbliżona do średniej w Beskidzie Niskim i wynosi około 2,5 km/km<sup>2</sup>. Pod kątem krenologicznym Beskid Niski charakteryzuje się natomiast występowaniem źródeł o małej wydajności (Soja 2009).

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Inwentaryzację źródeł na obszarze zlewni potoku Krempeja przeprowadzono w czterech terminach: 4–5.07, 20–22.07, 12–16.08 i 10–14.09.2020 r. Warunki pogodowe podczas badań były zróżnicowane. Jest to istotne, ze względu na to, że ze powodu znacznej powierzchni badanej zlewni, każde źródło było objęte pomiarami jednokrotnie. Kartowanie w terminach 4–5.07 i 20–22.07 odbywało się w warunkach relatywnie wysokiego nawilżenia zlewni (w 30 dniowych okresach poprzedzających kartowania opady atmosferyczne zmierzone na posterunku opadowym IMGW w Krempej wynosiły odpowiednio 120 i 145 mm; w okresach 7 dniowych przed pracami osiągając w obu przypadkach około 30 mm), zaś badania w dniach 12–16.08 i 10–14.09 przeprowadzono przy niższych stanach wód, po okresach mniej wilgotnych (odpowiednio 60 i 75 mm opadu w 30 dniach poprzedzających badania, z opadami atmosferycznymi nie przekraczającymi 15 mm w ciągu tygodnia przed pomiarami. Temperatura powietrza podczas kartowania była stosunkowo wysoka – maksymalne temperatury dobowe w czasie badań wynosiły od 22 do 28°C, a średnie dobowe około 18–20°C.

Skartowano wszystkie wypływy wód podziemnych. Do ich lokalizacji wykorzystano odbiorniki GPS. Wyróżniano wypływy dające odpływ (źródła i młaki) oraz niedające odpływu (wysięki). W czasie inwentaryzacji wypływów dokonano pomiarów temperatury wód źródłanych oraz ich przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), za pomocą konduktometru Elmetron CC-401. Zmierzono także wydajność źródeł, używając metody wolumetrycznej.

W wybranych subzlewniach badanej zlewni głównej dokonano również pomiarów przepływów (Ryc. 5), przeliczanych następnie na odpływ jednostkowy ze zlewni. Takie pomiary, służące celom porównawczym, wykonano także w zlewniach położonych w przyległych masywach Horbu, Pakuszowej i Jaworzyny. Przeprowadzono je używając młynka hydrometrycznego Hega 1 oraz, w warunkach niskich przepływów, metody wolumetrycznej.



**Ryc. 3.** Punkty pomiaru przepływu na potoku Krempna

Źródło: opracowanie własne.

**Fig. 3.** Flow measurement points on the Krempna stream

Source: author's own elaboration.

Na podstawie zebranych informacji stworzono bazę danych, którą wykorzystano do wykonania podstawowych analiz w programach pakietu MS Office. Opracowano także przestrzenną bazę danych GIS w programach ArcGIS oraz QGIS.

## REZULTATY

Liczba zinwentaryzowanych wypływów wód podziemnych na powierzchnię wyniosła 173 (ich rozmieszczenie przedstawia Ryc. 2.). Źródła i młaki stanowiły 92% wszystkich wypływów, a wysięki 8%.

Łączne zagęszczenie obiektów krenologicznych na terenie badanej zlewni wyniosło 9,9 na km<sup>2</sup>. Największe zagęszczenie wypływów wód wystąpiło w przedziale wysokości od 500 do 600 m n.p.m. i osiągnęło wartość 14,5 wypływu na km<sup>2</sup>. W tym przedziale wysokości, stanowiącym 43,6% zlewni Krempnej, zinwentaryzowano 63,8% ogółu obiektów krenologicznych. Zarówno powyżej jak i poniżej tej strefy stwierdzono o wiele niższe zagęszczenie wypływów wód podziemnych nieprzekraczające 8,5 na km<sup>2</sup>. Szczególnie zauważalny jest spadek liczby obiektów krenologicznych położonych powyżej 600 m n.p.m. Zinwentaryzowano tam 4,7 obiektu na km<sup>2</sup>, przy czym tylko jeden powyżej 650 m n.p.m. (Tab. 1.). Znacząco wyższe zagęszczenie źródeł występowało we wschodniej części zlewni (Ryc. 2.).

**Tabela 1.** Wysokość bezwzględna a występowanie wypływów wód podziemnych w zlewni Krempnej  
**Table 1.** Absolute height and the occurrence of groundwater outflows in the Krempna catchment

przedział wysokości (m n.p.m.) height (m a.s.l.)	udział w powierzchni zlewni (%) share in the catchment area (%)	liczba wypływów number of outflows	udział w ogólnej liczbie wypływów (%) share in the total number of outflows (%)	wypływy na km <sup>2</sup> outflows per km <sup>2</sup>
350–400	2,4	0	0,0	0,0
400–450	12,2	18	9,2	7,6
450–500	19,8	29	16,7	8,5
500–550	21,4	56	32,2	15,2
550–600	22,2	55	31,6	14,3
600–650	17,4	17	9,8	5,7
650–700	4,2	1	0,6	1,4
700–750	0,4	0	0,0	0,0

Źródło: opracowanie własne.  
 Source: author's own elaboration.

Większość obiektów krenologicznych na obszarach zbudowanych z miąższych warstw piaskowców stanowiły źródła położone w niewielkich niszach źródłiskowych lub w dnach głęboko wciętych form dolinnych. Natomiast na obszarach na styku łupków i piaskowców lub warstw hieroglifowych występowały rozległe powierzchniowe i liniowe młaki oraz obszary trwale zawilgocone, głównie w nieckach wykształconych w obrębie stoków. Wiele wypływów na uskokach, nasunięciach i osuwiskach, zwłaszcza gdy kierunek spływu wód był przeciwny do kierunku zapadania i nasuwania warstw skalnych (Ryc. 2.).

Nie stwierdzono związku pomiędzy litologią podłoża a gęstością rozmieszczenia obiektów krenologicznych (Tab. 2.). Jedyne obszary o podwyższonym zagęszczeniu tymi obiektami to niewielka część zlewni o podłożu zbudowanym z łupków i piaskowców magurskich (Ryc. 2.). Trzeba natomiast zwrócić uwagę, że wiele źródeł występowało w niewielkiej odległości od granic warstw zbudowanych z różnych skał.

Wszystkie zinwentaryzowane wypływy charakteryzowały się niską wydajnością. W żadnym nie przekroczyła ona 0,1 l/s, co klasyfikuje je w VII i VIII klasie wydajności Meinzera (Pazdro i Kozerski 1990). Ponadto była ona wyraźnie niższa w okresach suchych.

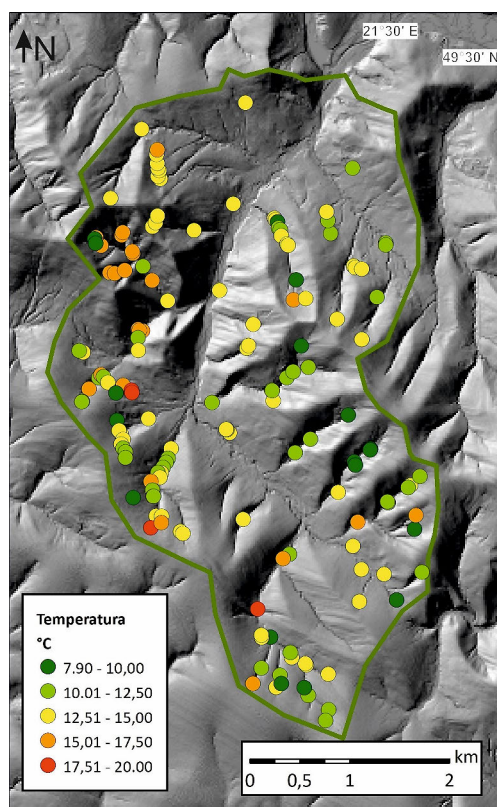
Średnia temperatura wody w badanych wypływach wynosiła 13,8°C. Najczęściej spadała ona wraz ze wzrostem wysokości na jakiej położony był wypływ wód podziemnych (Ryc. 4.) Nieliczne (ok. 15% wszystkich) obiekty krenologiczne o niskiej temperaturze wypływających wód (od 8 do 11°C) znajdowały się w górnych częściach stoków najwyższych i najrozleglejszych masywów w zlewni: Wysokiej (657 m n.p.m.) i Żydowskiej (711 m n.p.m.), które zbudowane są z piaskowców magurskich. Najwyższą temperaturę wypływów (głównie od 12,5 do 15°C, ale sięgającą nawet do 19°C) odnotowano na obszarach o podłożu zbudowanym z łupków pstrych i warstw hieroglifowych. Podczas analizowania wyników pomiaru temperatury należy zwrócić uwagę na zmienne warunki hydrometeorologiczne w czasie prowadzenia badań.

Średnia przewodność właściwa badanych wypływów wynosiła 345  $\mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$ . Najniższe wartości przewodności odnotowywano w górnych częściach stoków (rzędu 70–80  $\mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$ ) zbudowanych z piaskowców magurskich, najwyższe zaś w dolnych odcinkach stoków oraz w dnach dolin (od 500 do nawet 1000  $\mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$ ) (ryc. 5.). Podwyższoną przewodnością cechowały się wypływy na obszarach występowania łupków pstrych i warstw hieroglifowych (głównie młaki, wsięki), natomiast niską

**Tabela 2.** Budowa geologiczna a występowanie wypływów wód podziemnych w zlewni Krempnej  
**Table 2.** Geological structure and the occurrence of groundwater outflows in the Krempna catchment area

Skąły podłoża <i>bedrocks</i>	udział w po- wierzchni zlewni (%) <i>share in the catchment area (%)</i>	liczba wypływów <i>number of outflows</i>	udział w ogólnej liczbie wypływów (%) <i>share in the total number of outflows (%)</i>	wypływy na km <sup>2</sup> <i>outflows per km<sup>2</sup></i>
łupki pstre	13,7	23	13,2	9,7
warstwy hieroglifowe – łupki i cienkoławicowe piaskowce	12,8	25	14,4	11,3
warstwy inoceramowe – średnioławicowe piaskowce i łupki	2,8	0	0,0	0,0
warstwy magurskie – piaskowce	67,7	117	67,2	10,0
warstwy magurskie – łupki i piaskowce	3,0	10	5,7	19,2

Źródło: opracowanie własne.  
 Source: author's own elaboration.

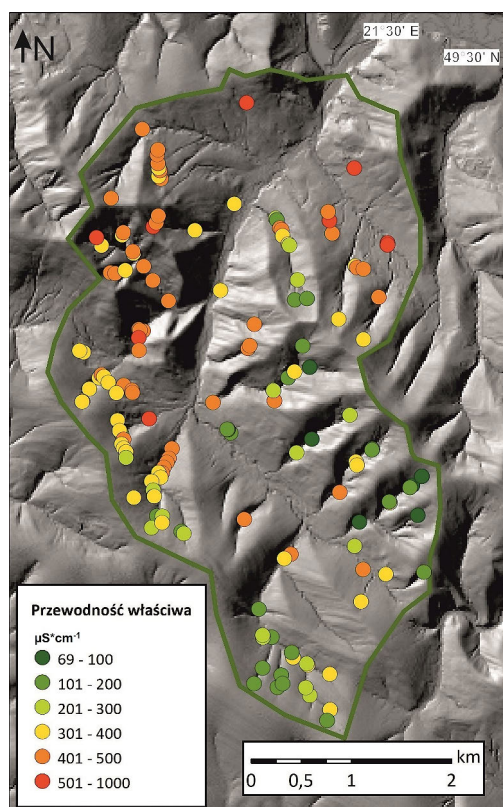


**Ryc. 4.** Temperatura wypływów w zlewni Krempnej

Źródło: opracowanie własne, podkład wysokościowy ze strony geoportal.gov.pl.

**Fig. 4.** Temperature of outflows waters in the Krempna catchment area

Source: author's own elaboration, digital elevation model from geoportal.gov.pl.



**Ryc. 5.** Przewodność właściwa wód źródłanych w zlewni Krempnej  
Źródło: opracowanie własne.

**Fig. 5.** Conductivity of outflows waters in the Krempnja catchment area  
Source: author's own elaboration.

źródła. Analizując przestrzenne zależności dotyczące przewodności wód wypływów należy zwrócić uwagę na zmienne warunki hydrometeorologiczne w czasie badań.

W okresie prowadzenia badań odpływ jednostkowy w zlewni Krempnej wahał się od  $2,5 \text{ l/s/km}^2$  podczas niżówki do  $17,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w czasie trwania stanów średnich. Były to wartości porównywalne do odpływów jednostkowych ze zlewni w przyległych masywach Horbu, Pakuszowej i Jaworzyny (Tab. 3. i Ryc. 6.). Odpływ jednostkowy był niższy w dolnej części zlewni, a najwyższy w wyżej położonych punktach pomiarowych.

## DYSKUSJA

Trudnością podczas porównywania wyników kartowań krenologicznych są występujące różnice w metodyce wykonywania pomiarów. Przykładowo, wyniki badań źródeł górnej Wołosatki w Bieszczadach Wysokich przyniosły znacząco różne wyniki w badaniach Rzoncy i in. (2008) oraz w badaniach Łajczaka (1996). Wynikać to może z przyczyn utrudniających kartowanie także w warunkach pojedynczej zlewni – zmiennych warunków hydrometeorologicznych, jak i podjętych decyzji co do delimitacji klas obiektów w terenie.

Mimo tego skartowane i obliczone podczas badań zagęszczenie wypływów wód podziemnych w zlewni Krempnej ( $9,9$  obiektu na  $\text{km}^2$ ) odpowiada wynikom podawanym w literaturze dla Beskidu



**Tabela 3.** Odpływ jednostkowy w zlewni Krempnej (lokalizacja punktów pomiarowych na rycinie 3.).**Table 3.** Unit runoff in the Krempna catchment area (location of the measurements at figure 3.)

Punkt point	odpływ jednostkowy ( $\text{dm}^3 \times \text{s}^{-1} \times \text{km}^{-2}$ ) unit runoff ( $\text{dm}^3 \times \text{s}^{-1} \times \text{km}^{-2}$ )					
	04.lipca 04.july	20.lipca 20.july	21.lipca 21.july	22.lipca 22.july	12.sierpnia 12.august	10.września 10.september
A	×	17,52	×	×	×	×
B	4,73	×	14,85	×	×	2,56
C	5,71	×	×	13,45	2,39	3,85
D	5,82	×	×	9,24	3,14	3,06

Źródło: opracowanie własne.  
Source: author's own elaboration.

**Ryc. 6.** Odpływ jednostkowy w wybranych subzlewniach Krempnej oraz w wybranych zlewniach w przyległych masywach w dniu 10 września 2020 r.

Źródło: opracowanie własne.

**Fig. 6.** Unit runoff in the selected Krempna subcatchments and in selected subcatchments in adjacent massifs, on September 10, 2020.

Source: author's own elaboration.

Niskiego. Ziemońska (1973) określała gęstość źródeł na obszarze Beskidu Niskiego na 7–12 obiektów na  $\text{km}^2$ . Ze wspomnianego opracowania wynika, że są to wartości przeciętne w skali polskich gór średnich (w tym Karpat Zewnętrznych). Również nowsze badania wskazują, że wskaźnik krenologiczny w zlewni Krempnej jest przeciętnie wysoki. Przykładowo, w Bieszczadach Wysokich występuje od 23 do 41 wypływów wód podziemnych na  $\text{km}^2$  (Bogusz 2004; Żurek 2005; Rzonca i in. 2008), czyli od 2 do 4 razy więcej niż w zlewni, której dotyczy niniejsze opracowanie. Jednak obliczona war-

tość – 9,9 obiektu na km<sup>2</sup> jest znacząco większa od wartości uzyskiwanych w Sudetach, w masywach okalających Kotlinę Kłodzką od strony wschodniej. W ich przypadku znane zagęszczenia obiektów krenologicznych wynoszą od 1,33 obiektu na km<sup>2</sup> (Mickiewicz, 2013), przez 2,2–2,6 obiektu na km<sup>2</sup> (Buczyński, Rzonca 2013) po 3,6 obiektu na km<sup>2</sup> (Tarka i in. 2011). Zważając na odmienną od karpackiej budowę geologiczną Sudetów, trzeba wspomnieć, że także w Beskidach występują obszary o znacząco niższym uźródleniu niż w zlewni Krempnej. Przykładem jest zlewnia Bukowego, położonego niedaleko Brennej w Beskidzie Śląskim (gdzie występuje 5,4 obiektu krenologicznego na km<sup>2</sup>) (Madzia, Krywult 2017). Porównywalne (ze zlewnią Krempnej) gęstości sieci wypływów wód podziemnych wykazywały natomiast badania Bartnika (1997), na obszarach źródłiskowych Bystrzycy Dusznickiej (Sudety). Przeciętna w skali Beskidów polskich (Ziemońska 1973) jest także gęstość sieci rzecznej w zlewni Krempnej (2,5 km/km<sup>2</sup>).

Zmierzone podczas badań wydajności wypływów są niewielkie (najniższe klasy wg Meiznera). Ponadto, zaobserwowano wyraźne różnice w wydajności źródeł w zależności od występujących opadów atmosferycznych w krótkim okresie poprzedzającym badania. Jest to zgodne z opisywaną przez Dynowską (1995), Łajczaka (1996) i Rzoncę i in. (2008) niską wodonośnością skał fliszu karpackiego we wschodniej części polskich Beskidów. Zdolnościami retencyjnymi wykazują się właściwie tylko piaskowce, szczególnie gruboławicowe. Przekłada się to na niską wydajność źródeł.

Niewielkie zasoby wodne i szybką transformację opadu w odpływ w badanej zlewni potwierdzają także mierzone podczas kartowań wartości konduktancji i temperatury wód w badanych obiektach krenologicznych. Wypływy na obszarach zbudowanych z piaskowców, w których pomiarów dokonywano po okresach deszczowych, cechowały się konduktancją na poziomie 100 μS, podczas gdy pomiary wykonywane na podobnym podłożu w okresach suchszych wykazywały przewodność właściwą wód wypływów na poziomie 300–400 μS×cm<sup>-1</sup>. Ta zmienność, w połączeniu z informacją o stabilnych (od 8 do 12,5°C) i niezależnych od warunków temperaturach wody w tych wypływach, pozwala przypuszczać, że wspomniane wypływy są zasilane na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na szybkiej infiltracji i migracji opadów przez pokrywy stokowe, w czasie których wody przed dotarciem na powierzchnię są ochładzane do temperatury skał, ale nie przebywają w nich dostatecznie długo by nasycić się jonami, co skutkuje niską temperaturą i konduktancją wypływu. Drugi sposób to zasilanie obiektów krenologicznych wyżej zmineralizowanymi wodami z głębszych zasobów wód podziemnych. Fakt, że płytkie wody z pokryw stokowych tak znacząco obniżają przewodność wód wypływów w okresach wilgotnych świadczy o tym, że pełnią one wtedy dominującą rolę w ich zasilaniu. To sugeruje, że stały dopływ wody z głębszych warstw jest niewielki a co za tym idzie, niewielkie są także zasoby wód podziemnych, a transformacja opadu w odpływ jest szybka. Mogłaby temu przeczyć wysoka przewodność właściwa wód w wypływach na obszarach zbudowanych z łupków (około 400–500 μS×cm<sup>-1</sup>), jednak prawdopodobnie była ona związana z tym, że większość wypływów na podłożu łupkowym stanowiły młaki. Stagnowanie w nich wypływających wód (o którym świadczy ich wysoka temperatura – od 12,5 do 15°C) prowadzi do nasycania ich substancjami organicznymi, które zwiększają mierzoną konduktancję.

O szybkim odpływie wód ze zlewni po opadach atmosferycznych świadczy także szybki spadek odpływu jednostkowego bezpośrednio po okresie deszczowym. Po długim wilgotnym okresie (z opadem rzędu 200 mm w ciągu 45 dni), wartość odpływu jednostkowego wynosząca w zamknięciu zlewni 17,5 l/s/km<sup>2</sup>, spadła w ciągu trzech dni bez opadów do 9,2 l/s/km<sup>2</sup>. Następnie po 20-dniowym okresie o niższych opadach, wyniosła 3,1 l/s/km<sup>2</sup>. Powyższa prawidłowość – szybkie szczytowanie zasobów wodnych w zlewni po opadach – została zauważona już przez Ziemońską (1973), która dorzecze górnej Wisłoki (a więc także zlewnię Krempnej) podaje jako obszar o jednym z najniższych minimalnych odpływów jednostkowych w polskich Karpatach (poniżej 1 l/s/km<sup>2</sup>). Potwierdzają to wyniki badań przepływu w potokach odwadniających masywy sąsiadujące ze zlewnią Krempnej, prowadzone w ramach niniejszego opracowania, podczas których stwierdzono występowanie zlewni o powierzchni przekraczającej 1 km<sup>2</sup> niewykazujących odpływu powierzchniowego. Szybki obieg wody w zlewniach

Beskidu Niskiego potwierdzają także wyniki uzyskane przez Bryndalę (2015), który przypisał to pasmo do regionów średnio predysponowanych do występowania nagłych, katastrofalnych wezbrań.

W analizie zebranych danych przestrzennych na temat obiektów krenologicznych i budowy geologicznej zlewni Krempnej, zauważalne są prawidłowości dotyczące warunków tektonicznych i przestrzennego rozmieszczenia wypływów wód podziemnych. W zachodniej części badanego obszaru, zbudowanej w przeważającej części z piaskowców magurskich, w których woda migruje zgodnie z upadem warstw, występują mało liczne, równomiernie rozmieszczone źródła. Natomiast na obszarach we wschodniej części zlewni, gdzie zaznaczają się częste przejścia warstw mniej i bardziej przepuszczalnych oraz ma miejsce przeciwapadowy spływ wód podziemnych, powstały liczne strefy o charakterze liniowym, zawierające wiele wypływów, z których część ma charakter młak. Strefy te położone są najczęściej w przedziale wysokości od 500 do 600 m n.p.m, w której znajduje się blisko 2/3 występujących na obszarze zlewni Krempnej wypływów – świadczy to o tym, że występowanie obiektów krenologicznych bardziej niż ze stosunków wysokościowych wynikało z wymuszania wypływu na kontakcie z warstwą nieprzepuszczalną. Ponadto, źródła we wschodniej części zlewni cechowały się nieco wyższą wydajnością mimo tego, że były kartowane także w okresach suchych. Te mechanizmy wytłumaczyli Rzonca i in. (2008) na przykładzie Bieszczadów Wysokich. Różnica w gęstości występowania wypływów w wschodniej i zachodniej części zlewni Krempnej wynika z tego, że kontakt warstwy przepuszczalnej i nieprzepuszczalnej wymusza wypłynięcie migrujących w dół wód podziemnych na powierzchnię. Także tam, gdzie spływ wód odbywa się przeciwapadowo, powstają niewielkie zbiorniki wód podziemnych gwarantujących trwalsze zasilanie w okresach bezopadowych (Ryc. 7.). Względnie niewielkie upady na obszarze badanej zlewni sprawiają, że strefa kontaktu zwierciadła tych wód podziemnych z powierzchnią terenu jest długa, co pozwala na powstawanie wspomnianych młak i obszarów trwale zawilgoconych.

Także na kontakcie warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych panują warunki sprzyjające powstawaniu osuwisk, w związku z czym trudno określić czy linijne strefy źródeł, które w zlewni Krempnej występują także na górnych obrzeżeniach osuwisk, powstały w wyniku odsłonięcia poziomu wód podziemnych przez osuwisko czy po prostu położone są one na styku warstw o różnych parametrach przepuszczalności.

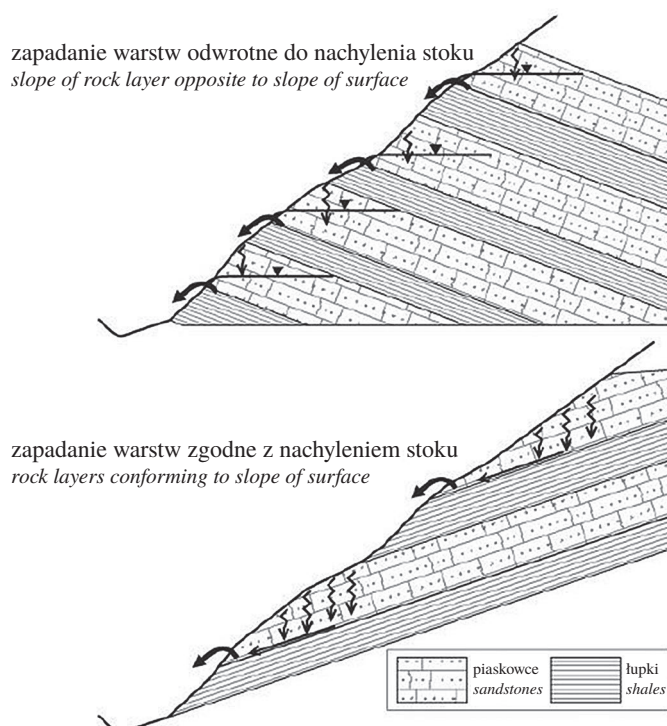
Oprócz tego można zauważyć, że przebieg głównej doliny w zlewni powiązany jest strukturalnie z występującymi uskokami, co jest elementem rusztowej budowy Beskidu Niskiego.

## PODSUMOWANIE

Badana zlewnia Krempnej charakteryzuje się szybkim odpływem wód opadowych oraz krótkim czasem przebywania wód w zbiornikach wód podziemnych. Świadczą o tym zarówno niska i zmienna w czasie wydajność źródeł oraz młak, jak i zróżnicowana przewodność właściwa wód wypływów, a także szybkie spadki wartości odpływu jednostkowego w czasie okresów suchych.

Oznacza to, że zgodnie z istniejącymi przeglądowymi opracowaniami, zlewnia Krempnej jak i prawdopodobnie cały Beskid Niski, są obszarami, gdzie wody podziemne podlegają szybkiemu sczerpywaniu, a zasoby wodne są niskie. W związku z tym, można określić, że są to obszary podobne do pozostałych, mało zasobnych w wodę gór w południowo-wschodniej Polsce. Świadczy o tym także występowanie w zlewni Krempnej typowego dla polskich Beskidów zagęszczenia sieci rzecznej i obiektów krenologicznych.

W związku z zachodzącymi zmianami klimatycznymi, które prowadzą w Polsce do zwiększenia zagrożenia suszami i powodzią, można zatem przypuszczać, że obszar zlewni Krempnej, i szerzej Beskidu Niskiego, będzie narażony na występowanie szkód związanych z brakiem wody na cele za-



**Ryc. 7.** Schemat zasilania źródeł w zależności od upadu warstw i nachylenia stoku

Źródło: Rzonca i in. 2008.

**Fig. 7.** Source supply diagram depending on the layer fall and slope inclination

Source: Rzonca i in. 2008.

równie środowiskowe, jak i użytkowe oraz na nagłe wezbrania. Jest to tym istotniejsze w kontekście funkcjonowania na tym terenie obszaru chronionego, jakim jest Magurski Park Narodowy.

## Literatura

- Barnett T.P., Adam J.C., Lettenmaier D.P., 2005, Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions, *Nature*, 438, 303–309. DOI: 10.1038/nature04141.
- Bartnik A., Walisch M., 1997, Źródła w zlewni Bystrzycy Dusznickiej, *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Physica*, 2, 61–72.
- Bogusz A., 2004, *Charakterystyka hydrograficzna zlewni potoku Hylatego w Bieszczadach*. Arch. Zakładu Hydrologii IGI GP UJ, Kraków
- Bors P., 2006, *Inwentaryzacja naturalnych wyływów wód podziemnych oraz analiza jakości wód zlewni potoku Krempana*. Praca inżynierska, Archiwum Instytutu Politechnicznego Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej, Krosno.
- Bryndal T., 2015, Obszary predysponowane do występowania gwałtownych wezbrań w Karpatach w kontekście przeciwdziałania ekonomicznym skutkom powodzi błyskawicznych, *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Geographica*, 9, 24–37.
- Buczyński S., Rzonca B., 2013, Wstępne wyniki badań hydrogeologicznych źródeł w górach Orlickich (Rejon Zieleńca i Zakouti), *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 456, 14/1, 45–49.
- Chowanec J., 2002, *Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000*, Arkusz M-34-91-D Zborów, PIG, Kraków.
- Chowanec J., (red.), 1997, *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000*, arkusz Tylicz, PIG, Warszawa.

- Czaderna A., 2000, *Ocena jakości powietrza i wód na obszarze Magurskiego Parku Narodowego w świetle dotychczasowych badań*, Archiwum Magurskiego Parku Narodowego, Jasło.
- Dynowska I., 1971, Typy reżimów rzecznych w Polsce, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr.*, 28, 16–19.
- Dynowska I., 1995, *Wody*, [w:] J. Warszyńska (red.), *Karpaty Polskie: przyroda, człowiek i jego działalność*, UJ, Kraków, 49–67.
- Gomi T., Sidle R.C., Richardson J.S., 2002, Understanding processes and Downstream Linkages of Headwater Systems, *BioScience*, 52, 10, 905–916. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0905:UPADLO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0905:UPADLO]2.0.CO;2)
- Izmańłow B., Krzemień K., Sobiecki K., 2009, *Rzeźba terenu*, [w:] A. Górecki, B. Zemanek (red.), *Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków, 23–43.
- Kalda G., Liszka T. 2013, Rozwój Hydrologii Magurskiego Parku Narodowego, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, 60, 4, 71–87.
- Klimaszewski M., Starkel L., 1972, *Karpaty Polskie*, [w:] M. Klimaszewski (red.), *Geomorfologia Polski. T. 1, Polska Południowa – góry i wyżyny*, PWN, Warszawa.
- Kopciowski R., 2000, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Zborów (nr 1054)*, PiG, Warszawa.
- Kopciowski R., 2014, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Zborów (nr 1054)*, PiG, Kraków.
- Krzemień K. (red.), 2012, *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*, IGiGP UJ, Kraków.
- Lasek J., 2011, Changes in microbial concentrations during summer and winter extreme run-off events in a catchment featuring mixed land use – pilot study, *Geophysical Research Abstract*, 13, EGU2011-12943.
- Lasek J., 2008, *Chemizm wypływów wód podziemnych w zlewni potoku Ryjak (Magurski Park Narodowy)*, [w:] J. Partyka, J. Pociask-Karteczka (red.), *Wody na obszarach chronionych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Ojcowski Park Narodowy, Komisja Hydrologiczna PTG, Kraków, 201–211.
- Madzia M., Krywult S., 2017, Wydajność źródeł w zlewni potoku Bukowego w Beskidzie Śląskim, *Inżynieria Ekologiczna*, 18, 2, 83–91.
- Michalik S., 2009, *Zbiorowiska roślinne*, [w:] A. Górecki, B. Zemanek (red.), *Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków, 96–120.
- Mickiewicz A., 2013, Hydrogeologiczna charakterystyka źródeł w zlewni rzeki Pławnej (Ziemia Kłodzka), *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 455, 143–151.
- Mostowik L., Siwek J. Kisiel M., Kowalik K., Krzysik M., Plenzler J., Rzonca B., 2019, Runoff trends in a changing climate in the Eastern Carpathians (Bieszczady Mountains, Poland), *Catena*, 182, 104174. DOI: 10.1016/j.catena.2019.104174.
- Obrębska-Starkłowa B., 2009, *Warunki klimatyczne*, [w:] A. Górecki, B. Zemanek (red.), *Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków.
- Pińskwar I., Choryński A., Graczyk A., Kundzewicz Z., 2019, Observed changes in extreme precipitation in Poland: 1991–2015 versus 1961–1990, *Theoretical and Applied Climatology*, 135, 773–787. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2526-1>.
- Pumo D., Caracciolo D., Viola F., Noto L.V., 2016, Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins, *Science of The Total Environment*, 542, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.109>.
- Radecki-Pawlik A., 2011, *Hydromorfologia rzek i potoków górskich. Działy wybrane*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, Kraków.
- Rzonca B., Kołodziej A., Laszczak E., Mocior E., Plenzler J., Płaczowska E., Rozmus M., Siwek J., 2008, Źródła w zlewni górnej Wołosatki w Bieszczadach Wysokich, *Przegląd Geologiczny*, 56, 2, 772–779.
- Skiba S., Drewnik M., Klimek M., Kacprzak A., Żyła M., 2004, *Pokrywa glebowa parków narodowych w polskich Karpatach*, [w:] B. Izmańłow (red.), *Przyroda – człowiek – Bóg*, IGiGP UJ, Kraków, 115–125.
- Siwek J., Lasek J., 2012, *Wody w parkach narodowych Polski*, [w:] R. Bogdanowicz, P. Jokiel., J. Pociask-Karteczka (red.), *Wody w parkach narodowych Polski*, IGiGP UJ, KH PTG, Kraków, 137–147.
- Siwek J., Żelazny M., 2006, *Komentarz do Mapy Hydrograficznej w skali 1 : 50 000, Arkusz Zdynia*, GUGiK, Warszawa.

- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018, Physico-geographical mesoregions of Poland: verifications and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data, *Geographia Polonica*, 91, 2, 143–170. <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>.
- Soja R., 2009, *Wody*, [w:] A. Górecki, B. Zemanek (red.), *Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków, 43–50.
- Ślęczka A., 2009, *Budowa geologiczna*, [w:] A. Górecki, B. Zemanek (red.), *Magurski Park Narodowy – Monografia Przyrodnicza*, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków.
- Tarka R., Buczyński S., Modelska M., Olichwer T., Staśko S., 2011, *Hydrogeologia Obszaru Parku Narodowego Gór Stołowych*, [w:] T. Chodak, C. Kabała, J. Kaszubkiewicz, P. Migoń, J. Wojewoda (red.), *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych (monografia)*, Wyd. Wind., Wrocław, 113–140.
- Witczak S., 1994, *Monitoring jakości wód podziemnych w dorzeczu górnej Wisły*, maszynopis, Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód AGH, Kraków.
- Ziemońska Z., 1973, Stosunki wodne w Polskich Karpatach Zachodnich, *Prace Geograficzne Instytutu Geografii PAN*, 103, 6–121.
- Żurek S., 2005, *Warunki obiegu wody w zlewni potoku Głębokiego (Bieszczady)*, Arch. Zakładu Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.

### **Źródła internetowe**

[geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl) (10.01.2021)

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl) (10.01.2021)