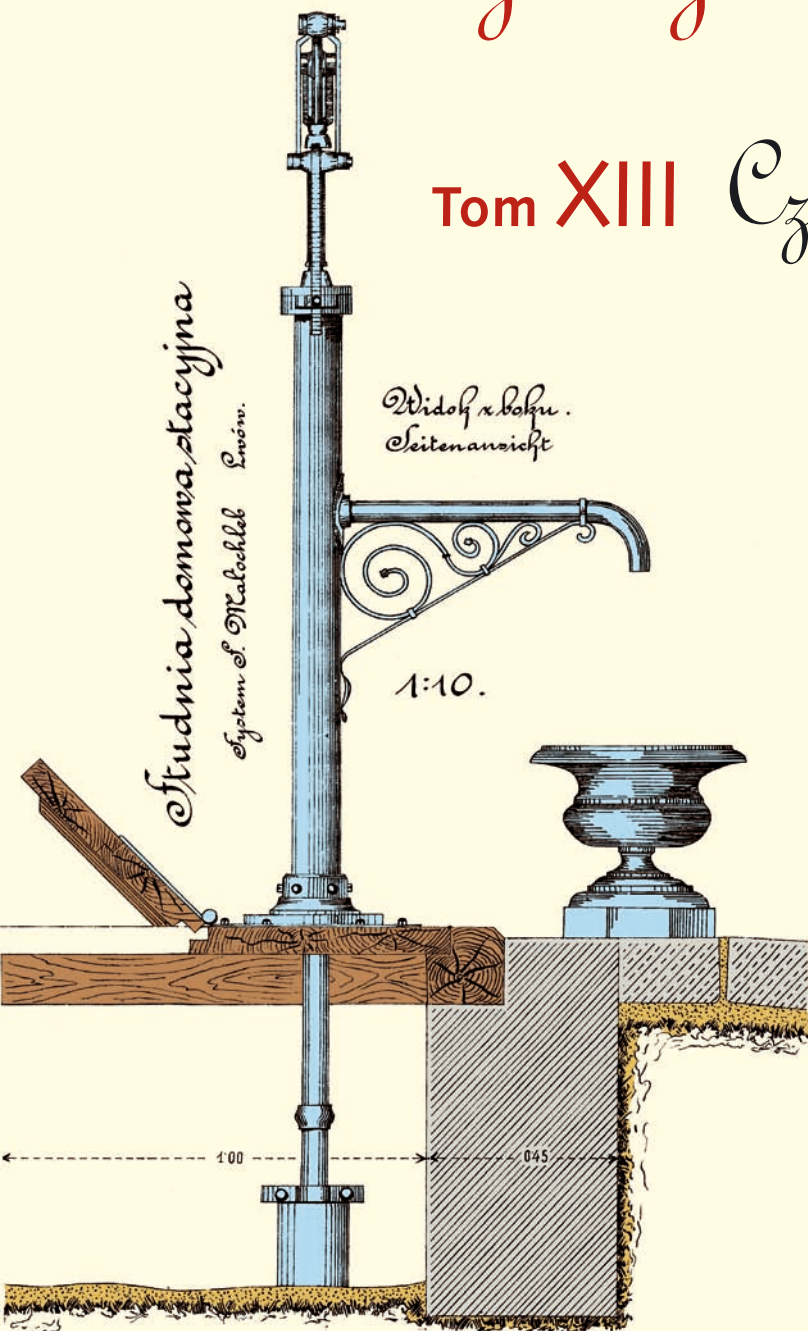


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Włodzimierz Humnicki

Hydrogeologiczne badania źródeł pienińskich

Hydrogeological Study of Spring's of the Pieniny Mts.

Słowa kluczowe źródła, pieniński pas skałkowy, Pieniński Park Narodowy

Key words springs, Pieniny Klippen Belt, Pieniny National Park

Abstract The study area reaches 77 km². It includes 18 km long section of the Pieniny Klippen Belt and small part of the Magura Nappe. The spring factor for this area was estimated on 7,0 springs/km². Taking into account the character of hydrogeological environment the majority of springs were counted among the fissure springs shielded by weathered sediments. Their dominant capacities are within 0,01–0,11/s. Only a few springs were counted among the fissure-karst ones.

1. Wstęp

Badania źródeł i innych, nieskoncentrowanych wypływów wód podziemnych nabierają szczególnego znaczenia na terenach parków narodowych, gdzie z uwagi na ochronę przyrody brak jest wierceń umożliwiających rozpoznanie warunków występowania wód podziemnych oraz parametrów hydrogeologicznych masywu. Wypływy te traktujemy wtedy jako naturalne „odsłonięcia” wód podziemnych (Małecka, 1997; Małecka, Humnicki, 2001, 2002).

Stosunki krenologiczne Pienin były przedmiotem licznych publikacji L. Kostrakiewicza (1982, 1991, 1992, 1993, 1996). Z uwagi na ograniczoną objętość artykułu, przedstawione zostały jedynie wybrane wyniki własnych badań autora, prowadzonych na terenie polskiego i słowackiego Pienińskiego Parku Narodowego oraz terenów przyległych, w latach 1995-2004. Całkowicie pominięto problematykę właściwości fizykochemicznych oraz jakości wód podziemnych drenowanych przez źródła pienińskie, która była poruszana w odrębnych publikacjach (Kostrakiewicz, 1995; Małecka, Humnicki, 2002; Humnicki, 2005).

2. Granice terenu badań

Szczegółowymi badaniami objęto obszar o powierzchni 77 km². W jego obrębie znalazł się cały polski Pieniński Park Narodowy (23,5 km²) z jego otuliną (26,8 km²) oraz nieco ponad 60% (22,8 km²) słowackiego Pieniskeho narodneho parku (PIENAP-u).

Południowe ograniczenie terenu badań pokrywa się w z przebiegiem tektonicznej granicy pomiędzy pienińskim pasem skałkowym a fliszem Karpat Wewnętrznych. Północną granicę terenu badań wyznaczono wzdłuż linii: Zbiornik Czorsztyński – dolina Krośnicy – odcinek doliny Dunajca między Krościenkiem a Szczawnicą – dolina Grajcarka. Badaniami objęto więc również fragmenty fliszu Karpat Zewnętrznych leżące na południe od potoku Krośnica. Granicę wschodnią poprowadzono na Słowacji od wsi Wielki Lipnik przez Tokarnię na graniczny Wysoki Wierch, a następnie, po stronie polskiej, przez Jarmutę do doliny Grajcarka powyżej Szczawnicy. Granicę zachodnią wyznaczono w sposób umowny tak, aby włączyć do obszaru badań enklawę Pienińskiego Parku Narodowego – rezerwat „Zielone Skalki”, wieś Falsztyn oraz wschodnią część Pienin Spiskich.

Geologicznie obszar badań obejmuje 18 km odcinek pienińskiego pasa skałkowego od okolic Falsztyna na zachodzie po Wysoki Wierch w Małych Pieninach na wschodzie. Jest to zaledwie 3% długości całego pasa, który ciągnie się w Karpatach na długości blisko 600 km od zapadliska wiedeńskiego po Rumunię (Birkenmajer, 1979).

3. Wyniki badań

3.1. Wskaźnik krenologiczny

Źródła pienińskie często występują w obszarach, którym towarzyszą podmokłości, stąd kwalifikacja ich do źródeł lub wypływów nieskoncentrowanych jest podejściem

indywidualnym każdego badacza. Ważne znaczenie ma też przyjęta metoda obliczenia wskaźnika uźródlenia oraz ściśle określenie granic obszaru (tab. 1).

Tabela 1 Wskaźniki krenologiczne obliczone różnymi metodami
Table 1 Spring density calculated by different methods.

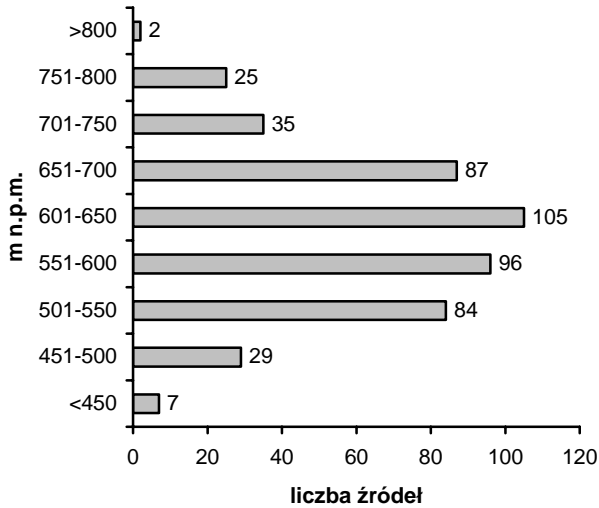
Obszar	Powierzchnia [km ²]	Liczba źródeł		Wskaźnik krenologiczny [źródło/km ²]
Polski PPN	23,5	wszystkich	207	8,8
		bez wycieków (12)	195	8,3
		bez źródeł okresowych (27)	180	7,7
		bez wycieków (12) i źródeł okresowych (27)	168	7,2
		bez wycieków (12), źródeł okresowych (27) i źródeł ujętych (10)	158	6,7
Słowacki PIENAP (w granicach terenu badań)	22,8		115	5,0
Łącznie polski PPN i słowacki PIENAP	46,3	wszystkich	322	7,0
		bez źródeł okresowych (27)	295	6,4
		bez źródeł okresowych (27), wycieków (12) i źródeł ujętych (10)	273	5,9
Pozostały obszar badań poza obrębem parków narodowych*	26,1	wszystkich	145	5,6
		bez źródeł okresowych (22)	123	4,7
Cały obszar badań*	72,4	wszystkich	470	6,5
		bez źródeł okresowych (49)	421	5,8
Pieniny centralne	41,0	wg Kostrakiewicza (1982)	377	4,8
Pieniński pas skałkowy	-	wg Małeckiej (1981)		6–9

*) bez aluwiiw drenowanych bezpośrednio przez Dunajec i jego dopływy

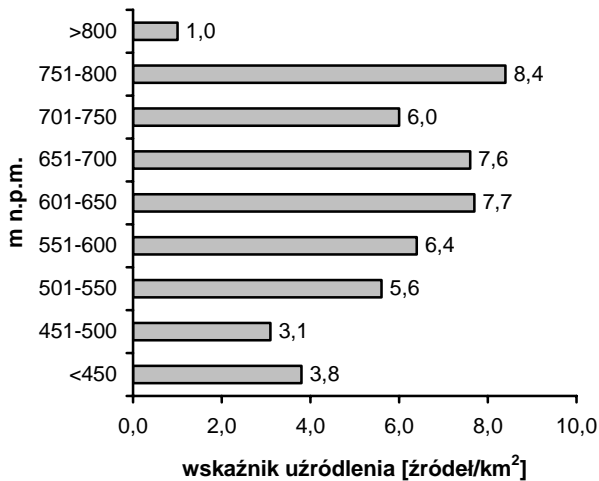
*) without aluvial sediments drained directly by Dunajec River and its tributaries.

Największą liczbę źródeł zarejestrowano w przedziale wysokościowym 601-700 m n.p.m., co jest zgodne z prawidłowością zaobserwowaną przez L. Kostrakiewicza (1982), (rys. 1). Odmienny obraz uzyskuje się analizując w poszczególnych piętrach hipsometrycznych gęstość źródeł (rys. 2). W tym przypadku najwyższym wskaźnikiem uźródlenia wyróżnia

się piętro 751-800 m n.p.m., co wiązać należy z intensywnym drenażem wód podziemnych w wyniesionych partiach masywu.



Rysunek 1 Liczba źródeł w poszczególnych piętrach hipsometrycznych
Figure 1 The number of springs in the particular hypsometric level



Rysunek 2 Wskaznik uźródlenia w poszczególnych piętrach hipsometrycznych
Figure 2 The spring factor in the particular hypsometric level.

3.2. Hydrogeologiczna klasyfikacja źródeł pienińskich

Źródła dzielić można według bardzo różnych kryteriów, przy czym zasady jednolitej klasyfikacji nie są dotychczas ustalone (Pazdro, Kozerski, 1990; Słownik hydrogeologiczny, 2002). Wśród hydrogeologów dominuje na ogół dążenie do priorytetowego traktowania ośrodka skalnego i charakteru przewodów hydraulicznych, którymi woda podziemna dopływa do źródła, jako podstawy ich klasyfikacji, natomiast w badaniach prowadzonych przez hydrologów i hydrografów eksponuje się bardziej sposób wypływu i morfologię niszy źródłiskowej. Zupełnie odmienną klasyfikację naturalnych wpływów wody podziemnej na powierzchnię terenu stosują hydrobiolodzy.

W Pieninach mamy do czynienia ze szczególnie dużą różnorodnością źródeł wywołaną faktem nakładania się takich czynników, jak morfologia w strefie wypływu, wykształcenie litologiczne utworów, z których wypływa woda podziemna oraz ich zaangażowanie tektoniczne. Klasyfikację komplikuje występowanie zwietrzliny o różnej miąższości i różnym wykształceniu litologicznym. Należy również zwrócić uwagę, że w obrębie silnie zaangażowanych tektonicznie utworów pienińskiego pasa skałkowego istnieje możliwość przepływu wód podziemnych z jednego ośrodka skalnego do drugiego, a położenie źródła w obrębie danego wydzielenia litologicznego nie przesądza jeszcze o tym, jakie utwory faktycznie są drenowane. Zgodnie z zaleceniami Pazdro i Kozerskiego (1990) każde źródło charakteryzowano wielostronnie przy uwzględnieniu wszystkich możliwych do zastosowania hydrogeologicznych kryteriów (tab. 2).

W Pieninach rzadko mamy do czynienia ze źródłami skalnymi, bijącymi bezpośrednio z niezwietrzałych skał. Zwykle są to źródła skalno-pokrywowe, ekranowane zwietrzeliną lub rumoszem.

Z uwagi na rodzaj ośrodka hydrogeologicznego większość źródeł pienińskich zaliczono do szczelinowych. Należy jednak zwrócić uwagę, iż znaczna część tych źródeł drenuje zarówno wody szczelinowe podłoża, jak i wody porowe zwietrzelin. Do źródeł warstwowych, drenujących wyłącznie wody porowe, zaklasyfikowano jedynie kilkanaście źródeł w obrębie aluwii niektórych potoków oraz w miejscach większego nagromadzenia rumoszy skalnych i utworów deluwialnych. Ze względu na genezę drenowanych utworów są to źródła pokrywowe. Warto zaznaczyć, iż z zajmującego znaczną powierzchnię ośrodka porowego, rozwiniętego w aluwii Dunajca i Niedziczanki, nie stwierdzono naturalnych wpływów wody podziemnej. Ośrodek ten jest drenowany bezpośrednio przez Dunajec i jego dopływy, a wody porowe w nim zawarte eksploatowane są przez liczne gospodarskie studnie kopane.

Istotny jest natomiast udział źródeł dyslokacyjnych. Poza źródłami genetycznie związanymi z dyslokacjami ograniczającymi od południa i północy pieniński pas skałkowy, do typu źródeł dyslokacyjnych zaliczono również źródła związane z nasunięciami tektonicznymi w obrębie jednostek skałkowych oraz związane z uskokami poprzecznymi. W większości źródeł dyslokacyjnych mamy do czynienia z ascenzją wód podziemnych, pozostałe źródła – poza nielicznymi wyjątkami – to źródła descenzyjne.

W tym miejscu należy podkreślić, iż pomimo dość znacznego udziału skał węglanowych i znacznej liczbie zinwentaryzowanych w Pieninach jaskiń (Amirowicz i in., 1995), kras powierzchniowy ogranicza się do nielicznych nisz i schronisk skalnych. Mała miąższość

skał węglanowych podlegających krasowieniu, liczne przewarstwienia w ich obrębie skał nie poddających się procesom krasowienia (radiolaryty, rogowce) oraz izolacja poszczególnych łusek i bloków wapieni w utworach mniej przepuszczalnych, takich jak margle czy łupki, nie sprzyja rozwojowi krasowych form odwodnienia masywu. Przyczyn słabego rozwoju krasu w Pieninach należy upatrywać przede wszystkim w budowie geologicznej, niesprzyjającej infiltracji i swobodnemu krążeniu wód podziemnych oraz hamowaniu rozwoju kanałów krasowych przez słabo przepuszczalną zwietrzelinę. Istotnym czynnikiem jest też znaczny udział w utworach węglanowych krzemionki, która podlega rozpuszczaniu w stopniu znacznie mniejszym niż węglan wapnia (Wójcik, 1968; Klimaszewski, Starkel, 1972; Birkenmajer, 1979).

Największe jaskinie Pienin są jaskiniami pseudokrasowymi (Amirowicz i in., 1995). Powstały one w uławiconych wapieniach należących do różnych formacji (głównie wapienia pienińskiego oraz formacji wapieni z Flaków). Dla rozwoju jaskiń decydujące znaczenie miały procesy rozwierania powierzchni międzyławicowych, a podrzędnie także powierzchni ciosowych i uskokowych. Rozwieranie to zachodziło na skutek obsuwania się poszczególnych pakietów skalnych pod wpływem grawitacji. W przypadku szeregu zinwentaryzowanych jaskiń pienińskich istnieją poważne wątpliwości co do ich krasowej genezy (Amirowicz i in., 1995). Największy rozwój zjawisk krasowych w Pieninach obserwuje się po stronie słowackiej, w rejonie rezerwatu „Haligowskie Skały” w grupie Golicy-Płaśni.

Uwzględniając generalnie słaby rozwój zjawisk krasowych w Pieninach ostrożnie zdecydowano się klasyfikować źródła jako szczelinowo-krasowe. Do tego typu zaliczono jedynie Źródło Stuletnie oraz dwa źródła w rejonie Haligowskich Skał. W przypadku Źródła Stuletniego lokalny rozwój zjawisk krasowych należy wiązać zarówno ze znacznieszą powierzchnią zajmowaną przez utwory węglanowe w masywie Golicy, jak i z przyczynami natury tektonicznej, do których należy zaliczyć dyslokację poprzeczną przecinającą ten masyw.

Ze względu na położenie morfologiczne zdecydowanie dominują źródła stokowe i zboczowe, najmniej liczne są przykorytowe i dolinne. Większość źródeł wypływa z utworów fliszowych i marglistych, ale największą gęstość uźródlenia stwierdzono w utworach węglanowych (10,3 źródeł/km²) oraz fliszowych (9,2 źródeł/km²), przy nieco niższej wartości w utworach marglistych (6,1 źródeł/km²).

Znaczną część źródeł pienińskich ma charakter okresowy. Pod względem mineralizacji ogólnej, poza jednym wyjątkiem (Śmierdzonka), należy zaliczyć je do słodkich. Jedno źródło (na obszarze jednostki magurskiej) wyróżnia się okresową przewagą jonu siarczanowego nad wodorowęglanowym, a kilka źródeł – występowaniem siarkowodoru.

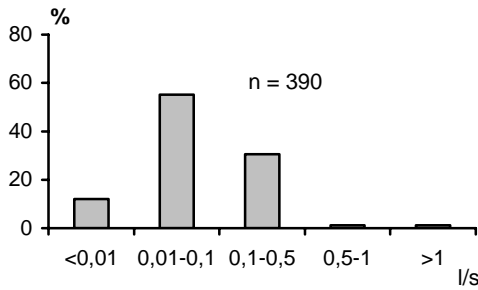
3.3. Wydajność źródeł

Źródła pienińskie charakteryzują się niską wydajnością, od poniżej setnych części l/s do 0,5 l/s, sporadycznie powyżej tej wartości. Zgodnie z klasyfikacją Meinzera (Pazdro, Kozerski, 1990) należą one w zdecydowanej większości do klas VI, VII i VIII. Analiza rozkładu wydajności źródeł, reprezentatywna dla okresu letnio-jesiennego, wykazuje, iż najliczniej reprezentowany jest przedział od 0,01 do 0,1 l/s, czyli klasa VII (rys. 3).

Tab. 2 Klasyfikacja źródeł pienińskich
Table 2 Categorization of the Pieniny Mts springs.

Kryterium klasyfikacji	Typy i rodzaj źródeł	Liczba źródeł	% wszystkich źródeł
Charakter drenowanych utworów	skalne	98	20,8
	skalno-pokrywowe (ekranowane zwietrzeliną)	359	76,4
	pokrywowe	13	2,8
Rodzaj ośrodka hydrogeologicznego (rodzaj przewodów hydraulicznych)	warstwowe	13	2,8
	szczelinowe	414	88,1
	szczelinowo-krasowe	3	0,6
	dyslokacyjne	40	8,5
Siła motoryczna wypływu	descenzyjne	436	92,8
	ascenzyjne	34	7,2
Geneza wody	meteoryczne	470	100,0
Morfologiczne położenie źródła	grzbietowe i podgrzbietowe	47	10,0
	stokowe	146	31,1
	zboczowe	185	39,4
	podzboczowe	72	15,3
	przykorytowe i dolinne	20	4,2
Litologia w miejscu wypływu	z utworów węglanowych	82	17,4
	z utworów marglistych	121	25,7
	z utworów fliszowych	254	54,0
	z utworów czwartorzędowych	13	2,8
Stażość wypływu	trwałe	421	89,6
	okresowe	49	10,4
Mineralizacja	słodkie	469	99,8
	mineralne	1	0,2
Charakter chemizmu	z dominacją anionu wodorowęglanowego	468	99,6
	z dominacją anionu siarczanowego	2	0,4
	z obecnością siarkowodoru	3	0,6
Temperatura wody	zwykle	470	100,0

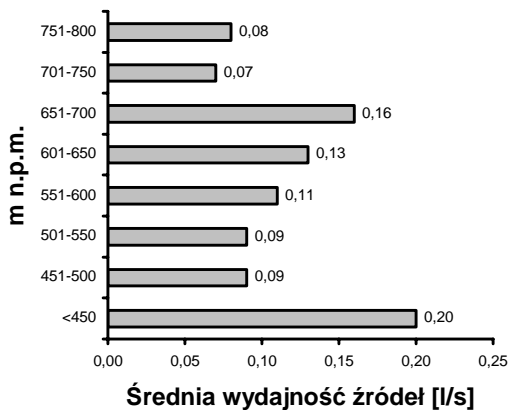
W Pieninach zarejestrowano nieliczne źródła o przeciętnej wydajności powyżej 0,5 l/s. Najbardziej wydajnym źródłem pienińskim jest, położone na wysokości 430 m n.p.m., przykorytowe Źródło Stuletnie, drenujące wody szczelinowo-krasowe.



Rysunek 3 Rozkład wydajności źródeł
Figure 3 Distribution of the spring's capacities.

Jego wydajność, przekraczająca przy najniższych stanach 3-4 l/s, a przy wyższych nawet 20 l/s pozwala zaliczyć je jako jedyne w Pieninach do IV klasy Meinzera. Pozostałe najbardziej wydajne źródła grupują się w przedziale wysokościowym od 587 do 700 m n.p.m.

W rozkładzie średnich wydajności źródeł reprezentujących poszczególne piętra hipsometryczne można zaobserwować prawidłowość, że źródła o największej wydajności grupują się w obszarach położonych pod względem hipsometrycznym najniżej (rys. 4).



Rysunek 4 Średnia wydajność źródeł w poszczególnych piętrach hipsometrycznych (pominięto Źródło Stuletnie).

Figure 4 The average spring's capacity within the particular hypsometric level (without the Stuletnie spring).

Prawidłowość ta została już zauważona przez Małecką i Humnickiego (2002) w odniesieniu do źródeł reprezentujących różne położenie morfologiczne. Najniższą wydajnością charakteryzują się źródła podgrzbietowe o krótkich drogach krążenia

i szybkim drenażu wód, nieco wyższe wydajności wykazują źródła stokowe i zboczowe, a do najbardziej wydajnych należą źródła dolinne.

Średni moduł odpływu krenologicznego w Pieninach, reprezentatywny dla okresu letnio-jesiennego, wynosi 0,6 l/s·km² (Humnicki, 2007).

Literatura

- Amirowicz A., Baryła J., Dziubek K., Gradziński M., 1995: *Jaskinie Pienińskiego Parku Narodowego*. Pieniny – Przyroda i Człowiek, nr 3, s. 3-41.
- Birkenmajer K., 1979: *Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym*. Warszawa. Wyd. Geol., ISBN-83-220-0038-3.
- Humnicki Wł., 2005: *Jakość wód podziemnych i powierzchniowych Pienińskiego Parku Narodowego*. [in:] IX ročník medzinárodnej vedeckej konferencie „Hydrogeochémia 05”, Bratislava 21-22 VI, s. 173-179.
- Humnicki Wł., 2007: *Hydrogeologia Pienin*. Warszawa. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego (w druku).
- Klimaszewski M., Starkel L., 1972: *Karpaty Polskie*. [in:] Geomorfologia Polski. T. I., Warszawa, PWN, s. 21-52.
- Kostrakiewicz L., 1982: *Hydrografia*. [in:] Przyroda Pienin w obliczu zmian. Praca zbiorowa pod red. K. Zarzyckiego, Warszawa – Kraków, PWN, 1982 s. 70-93. ISBN-83-01-03250-2.
- Kostrakiewicz L., 1991: *Przemiany stosunków krenologicznych na terenie Pienińskiego Parku Narodowego i strefy otulinowej*. Parki Nar. Rez. Przyr., nr 10(3/4), s. 187-194.
- Kostrakiewicz L., 1992: *Typologia źródeł pienińskiego pasa skałkowego i jednostki magurskiej*. Wszechświat, nr 93(3), s. 62-64.
- Kostrakiewicz L., 1993: *Wpływ posuchy atmosferycznej na stosunki hydrogeologiczne pienińskiego pasa skałkowego i jednostki magurskiej*. Wszechświat, nr 94(2), s. 31-35.
- Kostrakiewicz L., 1995: *Stężenie jonowe i tło hydrochemiczne szczelinowych wód podziemnych Pienińskiego Pasa Skałkowego i jego przyległej części jednostki Magurskiej*. Wszechświat, nr 96(4), s. 88-94.
- Kostrakiewicz L., 1996– *Regionalizacja wskaźnika krenologicznego w polskich Karpatach Wewnętrznych*. Wszechświat, nr 97(3), s. 61-66.
- Małecka D., 1981: *Hydrogeologia Podhala*. Prace hydrogeol. IG, s. specj., z. 14, Warszawa, Wyd. Geol.
- Małecka D., 1997: *Źródła masywu tatrzańskiego*. Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys., nr 2, s. 9-26.
- Małecka D., Humnicki Wł., 2001: *Stan rozpoznania hydrogeologicznego Pienińskiego Parku Narodowego*. Współczesne problemy hydrogeologii, nr 10(1), s. 45-54.
- Małecka D., Humnicki Wł., 2002: *Problemy hydrogeologii i ochrony wód Pienińskiego Parku Narodowego*. Pieniny – Przyroda i człowiek, nr 7, s. 49-70.
- Pazdro Z., Kozerski B., 1990: *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa. Wyd. Geol. ISBN-83-220-0357-9.
- Słownik hydrogeologiczny*, 2002: Praca zbiorowa pod red. J. Dowgiałła, A. Kleczkowskiego, T. Macioszczyka, A. Rózkowskiego, Warszawa, PIG, ISBN-83-86986-57-3.
- Wójcik Z., 1968: *Rozwój geomorfologiczny wapiennych obszarów Tatr i innych masywów krasowych Karpat Zachodnich*. Prace Muzeum Ziemi, 13, s. 3-172.