

Danuta Małecka

ŹRÓDŁA MASYWU TATRZAŃSKIEGO

SPRINGS OF THE TATRA MASSIF

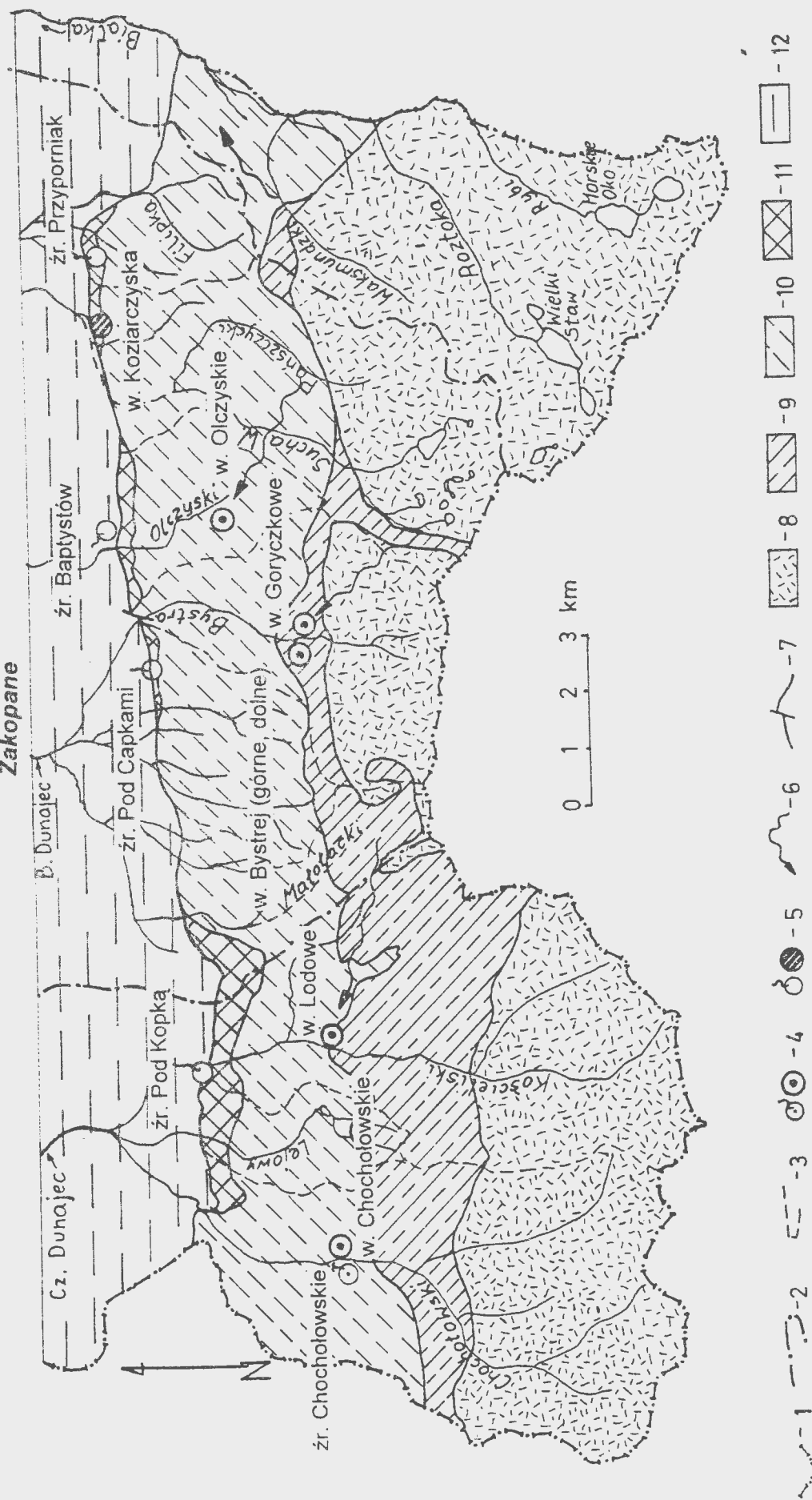
W artykule przedstawiono charakterystykę źródeł obszaru tatrzańskiego. Szczególną uwagę zwrócono na wywierzyska. Wskazano na dynamikę i chemizm wód drenowanych przez źródła.

WSTĘP

Tatry – gniazdo górskie wyniesione ponad otaczające je niecki paleogeńskie – stanowią obszar o unikalnych walorach krajobrazowych i klimatycznych. W kształtowaniu ich dzisiejszego obrazu, poza szeregiem czynników natury przyrodniczej, dominującą rolę odgrywał i nadal odgrywa sposób zasilania, krążenia i drenażu wód. Drenaż ten odbywa się poprzez liczne źródła i głęboko wcięte ciekły powierzchniowe. Najczęściej spotykanym typem źródeł są źródła warstwowe drenujące wody porowe utworów czwartorzędowych. Szczególnie licznie występują one w dolinach, które podlegały zlodowaceniom. Wśród nich wyróżnić można źródła rumoszowe, morenowe i aluwialne. Źródła szczelinowe, stosunkowo mniej liczne i wydajne, drenują wody szczelinowe trzonu krystalicznego, dolnotriasowych piaskowców kwarcytowych oraz serii osadowych o mniejszym udziale skał węglanowych. Do najbardziej wydajnych należą źródła krasowe, związane przede wszystkim z węglanowymi utworami środkowego triasu oraz w mniejszym stopniu z eocenem węglanowym.

Powierzchniowy rozkład źródeł jest bardzo zróżnicowany, a wskaźnik krenologiczny dla polskiej części Tatr określany jest od 4,8 (Ziemońska 1966) do 5,5 $\text{żr}/\text{km}^2$ (Małecka 1985). Występują one w szerokim przedziale wysokości: od 2100 m n.p.m. w Tatrach Wysokich (Humnicki 1992) do kontaktu orograficznej części masywu z fliszem podhalańskim. Zarówno częstotliwość występowania źródeł, jak i ich wydajności w obrębie po-

Zakopane



Rys. 1. Lokalizacja wywierzysk i źródeł tatrzańskich obserwowanych stacjonarnie

1 – granica państwa, 2 – wododziały pomiędzy zlewniami Czarnego i Białego Dunajca oraz Białki, 3 – lokalne działy wodne, 4 – wywierzyska i źródła serii tatrzańskich, 5 – wywierzyska i źródła eocenu węglanowego, 6 – kierunki migracji wód krasowych stwierdzone eksperymentalnie, 7 – kontakt utworów tatrzańskich i eocenu węglanowego z fliszem Podhala, 8 – krystalinik, 9 – skały osadowe serii wierzchowej, 10 – skały osadowe serii reglowej, 11 – eocen węglanowy, 12 – flisz warstw zakopiańskich

Fig. 1. The Tatra's stationarily observed springs and karst springs location

1 – state boundary, 2 – watersheds among the Czarny Dunajec and Bialka drainage basins, 3 – local watersheds, 4 – karst springs and springs of the Tatra's series, 5 – karst springs and springs of the carbonate Eocene, 6 – karst water migration directions found experimentally, 7 – contact of the Tatra's carbonate Eocene sediments with the Podhale flysch ones, 8 – crystalline massif, 9 – sedimentary rocks of the upper nappe series, 10 – sedimentary rocks of the lower nappe series, 11 – carbonate Eocene, 12 – the Zakopane strata flysch

szczególnych zlewni, w zależności od budowy geologicznej oraz stopnia tektonicznego zaangażowania, różnią się w szerokich granicach.

Uwzględniając geologiczną strefowość Tatr zaznacza się wyraźna indywidualność krystaliniku i piaskowców werfenu. Zarówno wskaźnik uźródlenia, jak i średnia wydajność źródeł oraz krenologiczny odpływ jednostkowy jest nieporównywalnie niższy w stosunku do źródeł drenujących skały osadowe serii wierchowej i regłowej oraz eocenu węglanowego.

W celu określenia wpływu pokrywy czwartorzędowej na częstotliwość występowania źródeł oraz ich wydajność dodatkowo poddano analizie źródła drenujące utwory czwartorzędowe zalegające na krystaliniku oraz na skałach osadowych. W tym przypadku prawie dwukrotnie większą wydajnością źródeł i krenologicznym odpływem jednostkowym charakteryzowały się utwory czwartorzędowe na krystaliniku. Fakt ten tłumaczyć można:

- większymi spadkami terenu w szczytowych partiach Tatr;
- mniejszą chłonnością krystalicznego podłoża;
- przechwytywaniem spływających ze stromych skał i zboczy wód opadowych przez stożki, piargi i rumowiska;
- pewną rolę odgrywać tu również może gradient opadowy; w szczytowych partiach Tatr średnie roczne sumy opadów oscylują wokół 2000 mm, podczas gdy u podnóża masywu kształtują się w granicach 1100–1200 mm.

Tabela 1

Częstotliwość występowania źródeł na tle budowy geologicznej zlewni Białki
(wg Humnickiego 1992)

Frequency of springs occurrence against a background of the Białka drainage basin geology
(after Humnicki 1992)

Wydzielony obszar drenażu	Liczebność źródeł n	Wskaźnik uźródlenia żr/km ²	Sumaryczny wydatek źródeł l/s	Udział w drenażu zlewni %	Średnia wydajność źródeł l/s	Krenolog. odpływ jednostkowy l/skm ²
Krystalinik + werfen	33	1.1	16	1.7	0.5	0.6
Skały osadowe serii wierchowej i regłowej	30	4.7	354	38.1	11.2 0.9 ^a	55.7
Utw. czwart. na kry- staliniku	209	9.4	498	53.5	2.4	22.4
Utw. czwart. na ska- łach osadowych	55	9.6	62	6.7	1.3	10.8
Zlewnia Białki	327	5.2	930	100	2.8	14.6

^a bez wywierzyisk.

^a without karst springs.

W celu poparcia tej prawidłowości przytoczono wyniki pomiarów z terenu zlewni Białki obejmującej również część słowacką.

Przeprowadzona charakterystyka dotyczy okresu reprezentującego średnie zawodnienie masywu, w którym przepływy Białki oscylowały wokół średniej z wielolecia. W okresach zimowych należy się liczyć nie tylko z regresyjną tendencją wydatku źródeł, ale i w przypadku niektórych z nich z całkowitym zanikiem czynnego odpływu.

Na przestrzeni lat największym zainteresowaniem cieszyły się źródła krasowe, które ze względu na ich znaczne wydajności były przedmiotem zainteresowań władz administracyjnych Zakopanego. Miasto to bowiem cierpiąc na okresowe niedobory wód (Małeck a, Małeck i, Murzynowski 1979), poza ujmowaniem wód powierzchniowych potoków Olczyskiego, Kościeliskiego i Małolackiego, eksploatuje również źródła eocenu węglanowego w Jaszczurówce, Zakopanem i Kościelisku-Kirach.

Nic więc dziwnego, że przy prowadzeniu badań monitoringowych (Małeck a 1996) najwięcej uwagi poświęcono wywierzyskom tatrzańskim. Podstawową przewagą obserwacji stacjonarnych nad innymi formami badań eksperymentalnych jest ich jednoczasowość oraz możliwość odnoszenia uzyskanych wyników do stanów reperowych, co pozwala na określenie sezonowej zmienności.

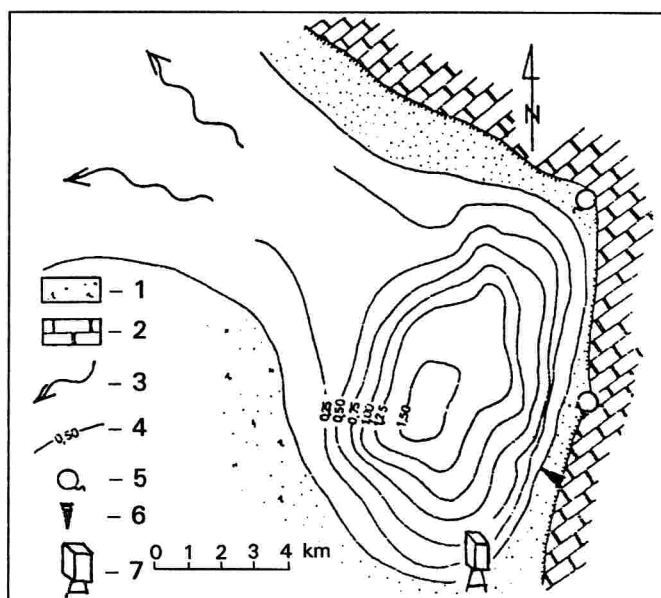
Krótką charakterystyką wyników tych badań zostanie podana w podziale na: wywierzyska serii osadowych Tatr, wywierzyska i źródła eocenu węglanowego (rys. 1).

WYWIERZYSKA SERII OSADOWYCH TATR

Wywierzysko i źródło Chochołowskie

Powyżej Skały Kmiotowicza, zbudowanej z dolomitów płytowych, miejscami brekcjowatych triasu środkowego (anizyk, ladin), po wschodniej stronie doliny usytuowane jest wywierzysko Chochołowskie. Występuje ono u podnóża stromych zboczy w postaci niewielkiego „jeziorka”, z charakterystycznym lejkowatym zagłębieniem, z którego ascensyjnie wypływa woda. W miejscu wypływu, przy stanie na wodowskazie 514,5 cm, słup wody osiąga miąższość 1,6 m¹, ku peryferiom stopniowo się zmniejsza do kilku centymetrów. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i sondowań powierzchnię wypływu określono na 10 × 12,5 m (rys. 2). Przy wysokich stanach wywierzysko

¹ Jest to wartość znacznie mniejsza od podawanej przez L. Kowalskiego (1920) i A. Wrzoska (1933), zbieżna z określeniem głębokości przez J. Nykę.



Rys. 2. Plan wywierzyska Chochółowskiego przy stanie na wodowskazie 514,5

1 – taras zalewowy potoku Chochółowskiego, 2 – zbocza ograniczające wywierzysko, 3 – kierunki odpływu wód, 4 – izolinie głębokości podłoża, 5 – źródło, 6 – wodowskaz, 7 – limnigraf

Fig. 2. Plan of the Chochółów karst spring at the water-level of 514,5

1 – the Chochółów Stream floodplain, 2 – slopes enclosing karst spring, 3 – water flow directions, 4 – substratum depth isolines, 5 – spring, 6 – water-gauge, 7 – limnigraph

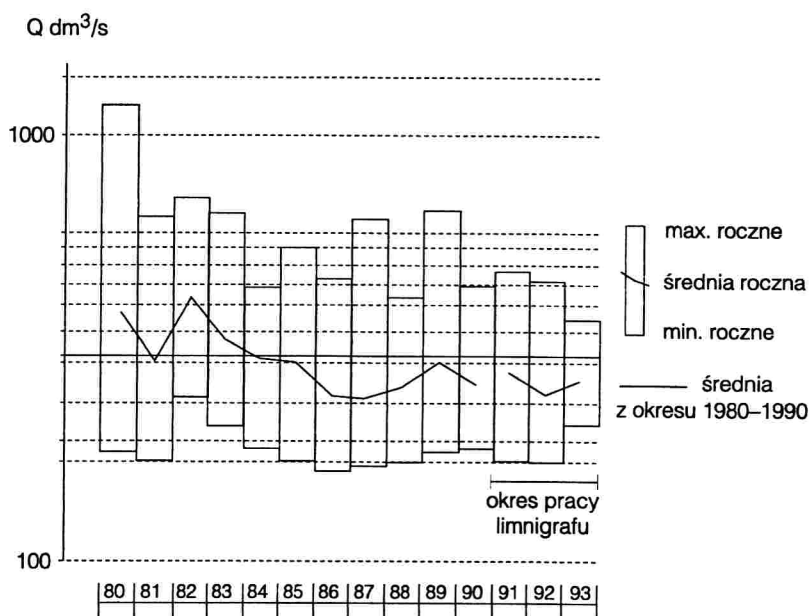
zasilane jest dodatkowo przez dwa niewielkie źródła szczelinowe działające okresowo. Wody z wywierzyska odprowadzane są do potoku Chochółowskiego dwoma strugami tak, że odcinek pomiędzy wywierzyskiem a rzeką jest zbyt krótki do wykonania pomiarów objętości przepływu metodą chemiczną. Dodatkowe komplikacje stwarza fakt dopływu do rzeki od strony zachodniej wydajnego źródła, które, podobnie jak wywierzysko, nazwano Chochółowskim. W tej sytuacji wydajność wywierzyska obliczana jest z różnicy pomiędzy wartością przepływu w dwu przekrojach hydrometrycznych rzeki: powyżej i poniżej wywierzyska oraz odjęciu wydajności źródła, obliczonej na podstawie odczytów z zamontowanego przelewu Ponceta.

Spośród wielu hipotez dotyczących zasilania wywierzyska i źródła Chochółowskiego, eksperymentalnie został potwierdzony przepływ na drodze Jaskinia Rybia-wywierzysko.

T. Solicki w latach 1971 i 1972 uzyskał pozytywne wyniki barwienia, określając szybkość migracji wód na 52 m/h (Solicki, Koisar 1973).

Następne badania przeprowadzone w 1983 r. przez W. Borowca i R. Rogalskiego (1985) wykazały pojawienie się barwnika w obu obserwowanych punktach położonych po przeciwnej stronie doliny, tj. w wywierzysku i źródle Chochołowskim.

Analiza 15-letniego cyklu obserwacji pozwala zakwalifikować wywierzysko Chochołowskie do mało zmiennych. Graficzny obraz ekstremalnych i średnich wydajności wywierzyska (rys. 3) wskazuje, że wartości minimalne są bardziej wyrównane i świadczą o zdolnościach retencyjnych terenu. Natomiast zróżnicowane maksima to wyraz reakcji na opady atmosferyczne i topnienie pokrywy śnieżnej.

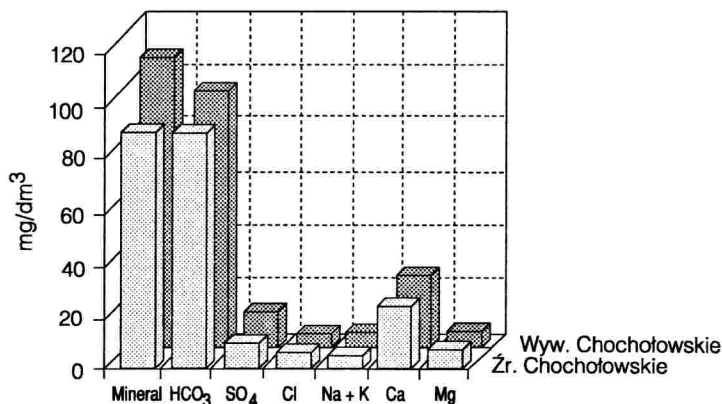


Rys. 3. Średnie roczne przepływy wywierzyska Chochołowskiego na tle wartości ekstremalnych

Fig. 3. Annual average outputs of the Chochołów karst spring against a background of the extreme values

Poza dopływem wód szczelinowo-krasowych duży udział w tym czasie ma zasilanie lokalne i spływ powierzchniowy. Najlepszym tego przykładem jest rok 1980, który charakteryzował się anomalnie wysokimi opadami nie notowanymi w ostatnim 40-leciu. Od roku 1985 przebieg średnich rocznych wydajności zawarty jest w granicach 300–400 l/s. Najniższy stwierdzony wydatek wywierzyska w tym czasie to około 100 l/s, a źródła Chochołowskiego około 20 l/s. Szczegółową charakterystykę dynamiki obu punktów hyd-

rogeologicznych, popartą wynikami obserwacji z limnigrafu zawiera praca G. Barczyka (1994). Dodać należy, że w obu przypadkach dominującym typem wód są wody wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe (rys. 4). Z porównania mineralizacji i stężeń poszczególnych składników wynika, że źródło Choczołowskie charakteryzuje się nieco większym w stosunku do wywierzyska udziałem wód powierzchniowych.



Rys. 4. Porównanie składu jonowego i mineralizacji wód wywierzyska i źródła Choczołowskiego

Fig. 4. Comparison of ionic composition and water mineralization between the Choczołów spring and the Choczołów karst spring

Wywierzysko Lodowe

Położone jest po wschodniej stronie potoku Kościeliskiego, około 50 m od mostu, przy którym zamontowany jest wodowskaz. Wyływa w strefie kontaktu serii wierchowej i reglowej, poniżej Bramy Kraszewskiego. W centralnej części wypływu zamontowano reper, którego wysokość, określona w nawiązaniu do podstawowej sieci państwowej, wynosi 973,482 m n.p.m. Wywierzysko Lodowe jest typem źródła ascensyjnego. Woda wypływa z rumoszu wapiennego na przestrzeni kilkudziesięciu m², a następnie odpływa trzema odnogami prostopadle w górę i w dół biegu rzeki (rys. 5). Odnosi się wrażenie, jak gdyby zwierciadło wody tworzyło kopulaste wyniesienie.

Wahania stanu, obserwowane w centrum wypływu, zawarte są w granicach od 5,6 do 49,0 cm. Wartość minimalną 80 l/s zanotowano w 1982 r., natomiast maksimum około 10 000 l/s stwierdzono w maju 1987 r., kiedy to w ciągu trzech dni spadło 111 mm opadu. Tak więc wywierzysko Lodowe należy do bardzo zmiennych.



Rys. 5. Szkic sytuacyjny wywierzyska Lodowego

1 – strome zbocza skalne, 2 – stożki usypiskowe, 3 – rumosz skalny, 4 – kierunki odpływu wód, 5 – reper do obserwacji stanów wody w wywierzysku, 6 – wodowskazy, 7 – limnigraf

Fig. 5. Site sketch of the Lodowe karst spring

1 – rocky scarps, 2 – talus cones, 3 – rock debris, 4 – water flow directions, 5 – water mark for karst spring water-level observing, 6 – water-gauges, 7 – limnigraph

Reakcja na opady atmosferyczne tak wywierzyska, jak i potoku Kościeliskiego, kontrolowanego w trzech przekrojach hydrometrycznych, jest zaskakująco zbieżna. Przeważnie od listopada do marca trwają stany niżówkowe, w kwietniu następuje wzrost stanów wywołany topnieniem pokrywy śnieżnej. Przechodzi on stopniowo w wezbrania letnie. Najwyższe stany, wywołane opadami deszczu, notowane są od maja do września lub października, który zapoczątkowuje niżówkę jesienno-zimową. Ten rytm wahań jest reprezentatywny również dla innych potoków tatrzańskich, z tym jednak, że potok Kościeliski, dzięki podziemnemu zasilaniu spoza granic zlewni, charakteryzuje się bardziej wyrównanym przepływem. Dopływ wód do wywierzyska Lodowego z górnych partii doliny Małej Łąki został stwierdzony eksperymentalnie na drodze barwienia wód w jaskini Wielkiej Śnieżnej (Dąbrowski, Rudnicki 1967). Określając powierzchnię zlewni podziemnej należy również brać pod uwagę możliwość dopływu wód z obszaru południowych zboczy Czerwonych Wierchów zbudowanych z wapien-

no-dolomitycznych serii Kominów Tylkowych (Droppa 1957, 1961; Kubiny 1961; Konowrocka 1988). Za tego rodzaju koncepcją przemawia sytuacja geologiczna – orientacja szczelin oraz fakt zapadania ku północy łupków werfeńskich podścielających skrasowiały, wapienno-dolomityczny kompleks. Migracja wód głębokiego krążenia z południowych zboczy ku północy jest znana również z terenu Alp (Zotl 1957).

Wywierzysko Lodowe cechuje się dużą stałością termiczną od 4,3 do 4,7°C. Twardość, kształtująca się w granicach 2 mvali, bezpośrednio po opadach atmosferycznych wyraźnie wzrasta. Fakt ten tłumaczyć należy uruchamianiem stagnujących w zagłębieniach i „jeziorkach” krasowych wód, które nie biorą udziału w krążeniu przy niskich stanach. Dłuższy kontakt takich wód ze środowiskiem skalnym sprzyja wzrostowi koncentracji, głównie związków wapnia i magnezu. Skrócony zapis analizy chemicznej wzorem Kurlowa, uwzględniający wartości średnie i ekstremalne z 15-letniego okresu badań, przedstawia się następująco:

$$M^{114/156-90} \frac{HCO_3^{88/96-64} SO_4^{7/32-0} Cl^{5/8-0}}{Ca^{82/100-52} Mg^{15/46-0} (Na+K)^{3/12-0}},$$

gdzie:

- jony w % mval,
- mineralizacja w mg/dm³,
- wartości: średnia/max-min.

Wywierzyska Bystrej – Kalackie

Oba wywierzyska, Górne i Dolne, znajdują się na zboczu Kalackiej Turni, w lesie, poniżej niebieskiego szlaku wiodącego z Kalatówek na Halę Kondratową. Główne wypływy oddalone są od siebie około 15 m i należą do descensyjnych. W wywierzysku Górnym woda pojawia się na przestrzeni około 2 m, przy czym strefy wypływu nie są stałe. W zależności od stopnia zawodnienia masywu przesuwają się w pionie na przestrzeni około 3 m. Przy anomalnie wysokich opadach 1980 r. wypływ obejmował całą powierzchnię rumoszu i osiągał wówczas maksymalną wysokość. Opis wypływu wywierzyska Dolnego utrudnia studzienka ujmująca wodę dla schroniska Kalatówki. Sporo wody wypływa spośród rumoszu otaczającego zbiornik.

Na południowy zachód od wywierzyska Górnego znajduje się jaskinia Bystrej, dla której oba wywierzyska stanowią system odwadniający. Przypuszczać należy, że rozbudowane w wapieniach triasu środkowego i malm-

-neokomu serii wierchowej liczne kanały i jaskinie krasowe, retencjonujące wody podziemne, mogą być drenowane również na drodze głębokiego krążenia wód przepływających pod korytem potoku Bystra. Za tego typu koncepcją przemawia fakt, iż barwnik wprowadzony (przez M. Konowrocką, wówczas magistrantkę IHiGI UW) do jednego z podziemnych „zbiorników” jaskini Kalackiej, po dobie pojawił się w ujęciu Jaworzynka w Kuźnicach. Na obecnym etapie rozpoznania należy przyjąć, że zasilanie wywierzysk Bystrej ogranicza się do macierzystej zlewni, a głównym obszarem alimentacyjnym jest dla nich masyw Giewontu.

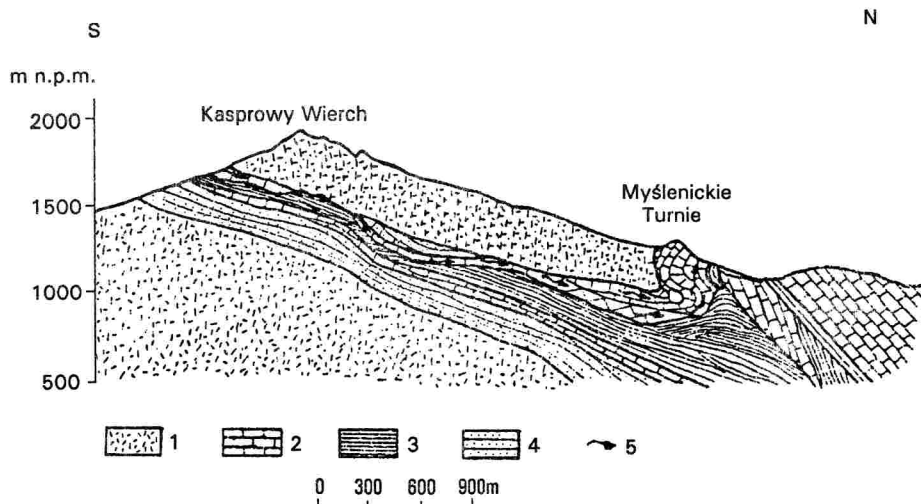
Łączna wydajność wywierzysk z okresu 1979–1990 przedstawia się następująco:

- wartość średnia 321 l/s,
- wartość minimalna 65 l/s,
- wartość maksymalna 4110 l/s.

Okresowe pomiary temperatury wykazały, że wody z obu wywierzysk charakteryzują się dużą stabilnością. Amplituda roczna nie przekracza $0,8^{\circ}\text{C}$, a wartości skrajne wahały się od $4,0$ do $4,8^{\circ}\text{C}$. Najniższe temperatury przypadają na okres wiosenny, najwyższe na jesień.

Wywierzysko Gorczykowe

Położone jest w dolinie potoku Gorczykowego, u podnóża Myślenickich Turni. Woda wypływa spośród głazów i otoczków wypełniających dno doliny oraz z obszernej misy erozyjnej (o długości około 4 m) wyżłobionej w korycie potoku. Główny wypływ znajduje się na wysokości 1175,8 m n.p.m. Przy niskich stanach widoczny jest jego ascensyjny charakter. Podobnie jak wszystkie wywierzyska tatrzańskie żywo reaguje na wpływ czynników klimatycznych. Wywierzysko Gorczykowe charakteryzuje się złożonym systemem zasilania na drodze drenażu wód płytkiego krążenia z obszaru macierzystej zlewni, położonego powyżej bazy erozyjnej wywierzyska oraz na drodze dopływu wód głębokiego krążenia spoza granic zlewni. Dominujący wpływ na ustrój hydrogeologiczny wywiera dopływ z terenu zlewni Suchej Wody, co zostało potwierdzone wieloma barwieniami (Dąbrowski, Głazek 1968, Małecka 1985b, Pachla, Zaczekiewicz 1985). Poza stwierdzoną eksperymentalnie migracją wód nie wykluczona jest możliwość zasilania wywierzyska wodami infiltrującymi w utwory serii wierchowej, które odsłaniają się na terenie zlewni potoku Cicha po stronie słowackiej (Małecka, Kuberski, Zaczekiewicz 1985), rys. 6.



Rys. 6. Schemat przypuszczalnego zasilania wywierzyska Goryczkowego z terenu zlewni potoku Cicha (wg Małecka, Kuberski, Zaczekiewicz 1985)

1 – krystalinik, 2 – kompleksy wapienno-dolomityczne, 3 – kompleksy łupkowo-margliste, 4 – piaskowce (seis), 5 – przypuszczalne drogi krążenia wód

Fig. 6. Scheme of assumable alimentation of the Goryczkowe karst spring from the Cicha Stream drainage basin (after Małecka, Kuberski, Zaczekiewicz 1985)

1 – crystalline massif, 2 – limestone-dolomite strata, 3 – slate-marl strata, 4 – sandstones, 5 – assumable ways of water circulation

Z porównania średnich i ekstremalnych wartości wydatku wywierzysk Bystrej i Goryczkowego wynika, że Goryczkowe charakteryzuje się dwukrotnie większą wydajnością. Przepływy minimalne określono na 121 l/s, maksymalne po nawałnych opadach osiągają ponad 8000 l/s (8650 l/s), a średnia wartość z wielolecia wynosi około 700 l/s. Przy zachowaniu stabilności termicznej wywierzysko Goryczkowe wykazuje nieco wyższe wartości temperatur (4,1–5,4°C) w porównaniu z wywierzyskami Bystrej.

Pod względem składu jonowego i mineralizacji wody wszystkich omawianych wywierzysk są zbliżone. Wartości średnie i ekstremalne, reprezentujące okres 1971–85, ilustruje tab. 2. Są to wody ultrasłódkie, o średniej mineralizacji oscylującej wokół 70 mg/dm³. Dominacja jonów wodorowęglanowych i wapniowych narzuca wodom ich hydrochemiczny charakter.

Tabela 2

Hydrochemiczna charakterystyka wywierzysk zlewni Bystrej
 Hydrochemical characteristic of the Bystra drainage basin karst springs

Nazwa wywierzyska	Skrócony zapis wyników analizy chemicznej wzorami Kurlowa (jony w % mvali, mineralizacja w mg/dm ³)
Wyw. Bystrej Górne	$M^{70/147-50} \frac{HCO_3^{80/95-60} SO_4^{10/30-0} Cl^{10/20-0}}{Ca^{76/100-56} Mg^{16/32-0} (Na+K)^{8/20-0}}$
Wyw. Bystrej Dolne	$M^{76/160-53} \frac{HCO_3^{84/92-59} SO_4^{7/32-0} Cl^{9/13-0}}{Ca^{75/96-53} Mg^{19/32-0} (Na+K)^{6/20-0}}$
Wyw. Goryczkowe	$M^{72/167-43} \frac{HCO_3^{75/91-50} SO_4^{14/42-0} Cl^{11/22-0}}{Ca^{80/100-55} Mg^{13/40-0} (Na+K)^{7/22-0}}$

Wywierzysko Olczyjskie

Położone jest po zachodniej stronie rozległej hali, u podnóża stromego, gęsto porośniętego lasem zbocza. Woda wypływa z owalnej niszy o średnicy około 9 m. Nisza ta zasypana jest rumoszem skał węglanowych, okruchami piaskowców i skał krystalicznych zalegających na wapieniach i dolomitach triasu serii reglowej. Woda wypływa ascensyjnie na przestrzeni całej niszy, o czym świadczy między innymi ujednolicona jej temperatura. Przy wysokich stanach uruchamiany jest dodatkowy wypływ punktowy u podnóża pionowej ściany. Początkowo wody wywierzyska rozlewają się tworząc kilka strumieni, które po kilkunastu metrach łączą się dając początek potokowi Olczyjskiemu. Około 220 m na północ od wywierzyska, poniżej mostu, zamontowano wodowskaz. Obserwacje stanu wód, przy okresowej kontroli objętości przepływu metodą chemiczną (podobnie jak we wszystkich hydrogeologicznych punktach obserwacyjnych), pozwoliły na określenie dynamiki przepływu w skali rocznej i wieloletniej. Wskaźnik zmienności wieloletniej kwalifikuje wywierzysko do źródeł mało zmiennych i zmiennych.

Należy podkreślić, że ustrój hydrologiczny potoku Olczyjskiego w przeważającej części roku jest uzależniony wyłącznie od wywierzyska. W okresach zimowych, kiedy odpływ formuje się z drenażu wód podziemnych, różnice między wydajnością wywierzyska a ilością prowadzonej przez potok wody są nieznaczące.

W miesiącach zimowych i wczesnowiosennych wydajność wywierzyska spada do 130 l/s, natomiast maksima letnie, w zależności od ilości i natężenia

opadów, osiągają kilka tysięcy l/s, np. w 1980 r. zanotowano wartość 7315 l/s. Średni wydatek z wielolecia oscyluje wokół 500 l/s.

Dominujące znaczenie w zasilaniu wywierzyska odgrywa dopływ wód z terenu Suchej Wody. O istnieniu podziemnego systemu próżni i korytarzy krasowych, umożliwiających migrację w kierunku wywierzyska Olczyskiego, pisał już w 1933 r. A. Wrzosek. Fakt ten jako pierwsi potwierdzili eksperymentalnie T. Dąbrowski i J. Głazek (1968), a następnie magistranci IHiGI UW. Barwnik wprowadzono do ponoru usytuowanego w dnie potoku Pańszczyckiego, w miejscu wyraźnego rozszerzenia koryta. Występuje tu szereg lei krasowych reprodukowanych w osadach morenowych. Czas pojawienia się barwnika, w zależności od stopnia zawodnienia masywu, waha się w granicach 40–50 godzin (Małecka, Humnicki 1989).

Wpływ zlewni Suchej Wody zaznacza się też w chemizmie wód wywierzyska Olczyskiego. Z racji położenia w obrębie serii reglowej teoretycznie wody powinny się charakteryzować wyższą niż w rzeczywistości mineralizacją. Pamiętać jednak należy, że obszarem alimentacyjnym wywierzyska są górne partie zlewni Suchej Wody, charakteryzujące się dużym udziałem skał krystalicznych. Uśredniony skład jonowy i mineralizacja wskazują, że są to wody ultrasłódkie, wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe. Dodać należy, że wzrost koncentracji jonu Mg^{++} , kwalifikujący wody do trzyjonowych, notowany jest z reguły w okresach niżówkowych. Temperatura wód oscyluje w granicach 4,2–4,4°C.

W podsumowaniu należy zwrócić uwagę, że wywierzyska Goryczkowe i Olczyskie, których głównym obszarem zasilania jest zlewnia Suchej Wody, oraz wywierzyska Bystrej charakteryzują się niemal analogicznymi wartościami współczynników wysychania (tab. 3). Stanowi to wyraźne potwierdzenie więzi hydraulicznej wszystkich typów wód krążących w masywie tatrzańskim (porowych, szczelinowych i szczelinowo-krasowych).

Tabela 3

Uśrednione wartości współczynników wysychania obliczone wzorem Mailleta (Małecka 1984)

Averaged values of the drying out coefficient calculated after Maillet's formula

Nazwa wywierzyska	Wartość współczynnika wysychania
Goryczkowe	$\alpha = 0,02005$
Olczyskie	$\alpha = 0,02074$
Bystrej	$\alpha = 0,02087$

WYWIERZYSKA I ŹRÓDŁA EOCENU WĘGLANOWEGO

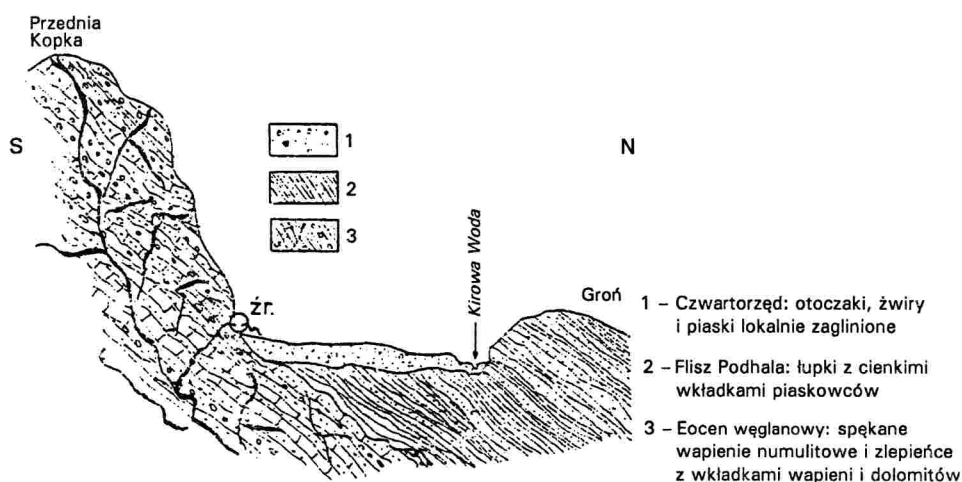
Nie wnikając w szczegółową charakterystykę źródeł krasowych drenujących utwory eocenu węglanowego, należy zwrócić uwagę na fakt, iż mimo niskich wydajności wykazują one analogiczną dla masywu tatrzańskiego rytmikę wahań zarówno w cyklu rocznym, jak i w skali wielolecia. W grupie tej badaniami objęto źródło Pod Kopką – ujęte dla zaopatrzenia Kir, źródło Pod Capkami i źródło Baptystów poniżej Kapliczki Witkiewicza w Jaszczurówce – zasilające wodociąg zakopiański – oraz wywierzysko Koziarczyska i Przyporniak w zlewni Suchej Wody. Cechą wspólną dla wszystkich wymienionych źródeł jest ich występowanie w strefie kontaktu eocenu węglanowego z fliszem warstw zakopiańskich.

Do największych pod względem wydajności należy Wywierzysko Koziarczysk położone na terenie TPN. Zbocze, u podnóża którego wypływa wywierzysko, pokryte jest zwietrzeliną łupków marglistych, stanowiących wg S. Sokołowskiego (1959) litofację przejściową między eocenem numulitowym a fliszem Podhala. Główny wypływ skoncentrowany jest na około 5 m odcinku, tworzącym niewielką niszę. Wypływająca ascensyjnie woda przemieszcza się szerokim strumieniem w kierunku północno-wschodnim, zasilając Suchą Wodę. W odległości kilku metrów poniżej wypływu zamontowano wodowskaz, którego górna część łąty znajduje się na rzędnej 942,7 m n.p.m., a sam wypływ, w zależności od zawodnienia masywu, waha się od 941,76 do 941,53 m n.p.m. Różnice między maksymalnym i minimalnym stanem w poszczególnych latach zawarte są w granicach od 10 do 23 cm. W 10-letnim cyklu obserwacji minimalny wydatek kształtował się w wysokości około 20 l/s, w latach obfitych w opady wartość ta ulegała podwojeniu. Maksima, obliczone jako średnie roczne wartości, osiągały 320 l/s, natomiast wydajność średnia z całego okresu wynosi około 90 l/s. Wskaźnik zmienności wieloletniej kwalifikuje wywierzysko do mało zmiennych. Temperatura wód, w porównaniu z wywierzyskami serii tatrzańskich, jest znacznie wyższa, w granicach od 6,0 do 6,7°C. Podobną termiką charakteryzują się pozostałe źródła eocenu węglanowego. W przypadku ujęcia Pod Capkami, gdzie źródło zabezpieczone jest obudową, bez względu na porę roku temperatura wody wynosi 6°C.

Źródło Pod Capkami wypływa na kontakcie łupków warstw zakopiańskich z ławicami wapieni eocenu węglanowego zapadającymi pod kątem 42°N. Wydajność jego w roku 1904 określano na 13 l/s. Opinie co do regresji wydatku źródła pochodzą bądź to z przekazów ustnych, bądź też z luźnych wzmianek w dokumentacjach hydrogeologicznych (Małecka, Małecki, Murzynowski 1979). Obserwacje stacjonarne prowadzone od 1972 r. wykazały, że średni roczny wydatek źródła waha się w granicach od

kilkunastu do ponad 20 l/s, a okresowe jego zaniki związane były z pompowaniami otworów wiertniczych wykonanych na Antałówce i Pod Skoczną w Zakopanem. O meteorycznym zasilaniu źródła świadczy fakt, że nawet przy intensywnej eksploatacji otworów źródło wznowiało swoją działalność w okresach topnienia pokrywy śnieżnej i po obfitych opadach deszczu. Od połowy lat osiemdziesiątych do dziś wydajność źródła kształtowana jest pod wpływem czynników naturalnych. Przy zachowaniu sezonowej zmienności należy ono do źródeł stałych, o ustalonej dynamice i jest nadal eksploatowane przez wodociąg zakopiański.

Do najmniej wydajnych należy źródło Pod Kopką (rys. 7), ujęte dla zaopatrzenia w wodę Kir. Jego minimalny wydatek niewiele przekracza 1 l/s.



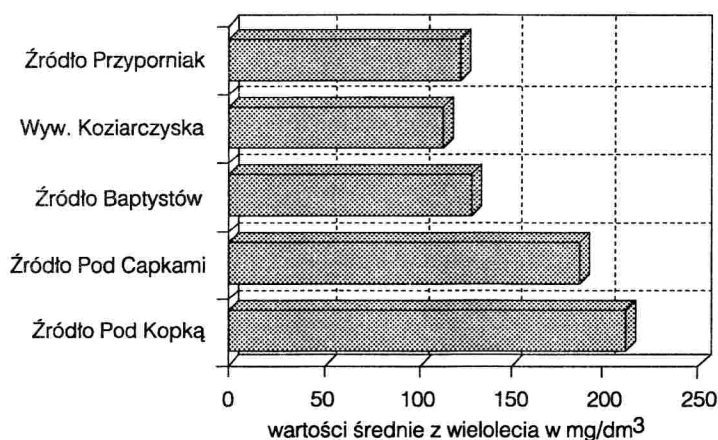
Rys. 7. Sytuacja geologiczna źródła Pod Kopką ujętego dla zaopatrzenia w wodę Kir

Fig. 7. Geological situation of the Pod Kopką spring tapped for supplying Kiry with water

1 – Quaternary: pebbles, gravels and locally clayey sands, 2 – the Podhale flysch: slates with thin insertions of sandstones, 3 – carbonate Eocene: cracked nummulitic limestones and conglomerates with limestone and marl insertions

Wszystkie źródła eocenu węglanowego reprezentowane są przez proste wody wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe. Zarysowuje się jednak tendencja podziału ze względu na stopień mineralizacji wód (rys. 8).

Podczas gdy źródła Baptystów, Koziańczyka i Przyporniaka dodatkowo zasilane są na drodze spływu powierzchniowego, ujęcia w Kirach (źr. Pod Kopką) i w Zakopanem (źr. Pod Capkami) przez fakt ich obudowy drenują wyłącznie wody podziemne, co uwidacznia się w wyższej ilości rozpuszczonych składników stałych.



Rys. 8. Rozkład ogólnej mineralizacji wód źródeł krasowych eocenu węglanowego

Fig. 8. Total mineralization distribution of the carbonate Eocene karst springs water

UWAGI KOŃCOWE

Wyniki obserwacji stacjonarnych wykazały, że na dynamikę i chemizm wód drenowanych przez wywierzyska tatrzańskie decydujący wpływ wywiera położenie obszarów zasilania. Szczególnie wyraźnie uwidacznia się to w przypadku niezgodności powierzchniowych i podziemnych działów wodnych.

Na podstawie średnich rocznych wydajności wszystkie wywierzyska kwalifikują się do III klasy Meinzera, z tym że wywierzyska Chochołowskie i Bystrej, zasilane z terenu macierzystych zlewni, charakteryzują się wydatkami 300–400 l/s, a Lodowe, Goryczkowe i Olczyskie, których wododziały podziemne wykraczają poza obręb zlewni orograficznych, dokumentują się wartościami 500–700 l/s.

Należy podkreślić, że dotychczas wszystkie wywierzyska tatrzańskie są skutecznie chronione przed ingerencją człowieka w ich naturalne środowisko, czego nie można powiedzieć o źródłach eocenu węglanowego. Aktualnie już większość z nich jest obudowana i ujęta w celach komunalnych, mimo iż pod względem wydajności kwalifikują się do IV, a nawet V klasy Meinzera.

Ponieważ wydawnictwo w całości poświęcone jest problematyce źródeł, a zasady jednolitej ich klasyfikacji nie są ustalone (wyróżnia się bowiem około 200 różnorodnych typów i rodzajów), uważam za celowe zacytować definicję hasła „źródło” zawartą w słowniku hydrogeologicznym wydanym w 1996 r. (praca zbiorowa pod red. A. S. Kleczkowskiego i A. Rózkowskiego).

Źródło. Samoczynny, naturalny, skoncentrowany wypływ wody podziemnej na powierzchni terenu lub w dnie zbiornika wodnego (źródło zatopione). Źródło występuje w miejscu, gdzie powierzchnia terenu przecina warstwę wodonośną lub statyczne zwierciadło wody podziemnej. Jest przejawem naturalnego drenażu wód podziemnych. Źródła odgrywają ważną rolę w zasilaniu sieci hydrograficznej. Mogą występować pojedynczo lub grupowo, tworząc „linię źródeł” lub zespół źródeł wchodzący w skład obszaru źródłiskowego. Bez względu na genezę (źródła meteoryczne, juvenilne) siłą motoryczną, która powoduje wypływ wody podziemnej, jest siła ciężkości (źr. descensyjne) lub ciśnienie hydrostatyczne (źr. ascensyjne). Podział źródeł na typy i rodzaje oparty jest na różnych kryteriach. Do najważniejszych należy rodzaj ośrodka skalnego (pory, szczeliny, kawerny). W oparciu o to kryterium wyróżnia się następujące typy źródeł: warstwowe, szczelinowe, dyslokacyjne, krasowe. Istnieją również inne podziały uwzględniające inne kryteria:

- położenie i stosunek do elementów morfologicznych (źródła grzbietowe, podgrzbietowe, zboczowe, stokowe, krawędziowe, tarasowe, przykorytowe, korytowe, dolinne...);
- tektoniczny układ warstw (źródła antyklinalne, synklinalne, monoklinalne, upadowe i przeciwpadowe...);
- genezę utworów (źródła morenowe, sandrowe, stożkowe, osuwiskowe, aluwialne, skalne, pokrywowe rumoszowe, pokrywowe zwietrzelinowe, deluwialne...);
- stałość wypływu (źródło stałe, okresowe);
- mineralizację wód (źródło słodkie, ultrasłodkie, mineralne);
- charakter chemiczny wody, o ile spełnia ona kryteria balneologiczne (źródła siarkowodorowe, żelaziste, radocenne, siarczanowe, solankowe, szczawy...);
- temperaturę wód (źródła zwykle i zimne, źródło termalne, źródło gorące).

LITERATURA

- Barczyk G., 1994, *Wody szczelinowe Tatr Zachodnich i problemy ich ochrony*, praca doktorska, Bibl. Wyd. Geologii UW
- Borowiec W., Rogalski R., 1985, *Wstępne wyniki badań hydrogeologicznych prowadzonych w masywie Kominiarskiego Wierchu w Tatrach Zachodnich*, Mat. II Zjazdu PTPNoZ, nr 2, Drzonków, cz. III i IV
- Dąbrowski T., Głazek J., 1968, *Badania przepływów krasowych we wschodniej części Tatr Polskich*, Speleologia, t. III, z. 2
- Dąbrowski T., Rudnicki J., 1967, *Wyniki badań przepływów krasowych w masywie Czerwonych Wierchów*, Speleologia, t. I, nr 1
- Droppa A., 1957, *Geomorfologický výskum priepasti v Cervoných Vrchov*, Československý Kras, roc. 10, no 2, Praha
- Droppa A., 1961, *Wysokohorsky kras Cervoných Vrchov*, Slovenský Kras, roc. 3, Martin
- Humnicki W., 1992, *Współzależność wód podziemnych i powierzchniowych zlewni Białki w Tatrach na tle budowy geologicznej*, praca doktorska. Bibl. Wyd. Geologii UW. Warszawa, s. 1–112
- Konowrocka M., 1988, *Drogi krążenia wód podziemnych zlewni potoku Kościeliskiego w Tatrach*, praca magisterska, Arch. IHiGI UW
- Kowalski L., 1920, *Podregłowe źródła północnej strony Tatr*, Spraw. Kom. Fizjogr. PAU, 53/4, Kraków
- Kubiny D., 1961, *Krasovo systémy v obalových seriach Liptovských a Niských Tatier*, Slovenský Kras, roc. 3, Martin
- Małecka D., 1984, *Rola masywu tatrzańskiego w kształtowaniu warunków hydrogeologicznych górnej części zlewni Dunajca*, Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody, t. 5, nr 1, Białowieża

- Małecka D., 1985a, *Znaczenie badań stacjonarnych w rozpoznaniu reżimu hydrogeologicznego źródeł i wywierzyisk krasowych w Tatrach*, Mat. Symp. „Aktualne problemy hydrogeologii”, Kraków-Karniowice, Wyd. AGH, Kraków, s. 119–131
- Małecka D., 1985b, *Studium hydrogeologiczne krasu Tatr Polskich*, Mat. Sekcji Tatarnictwa Jaskiniowego Klubu Wysokogórskiego Gacek nr 20/41, z. 2, Kraków
- Małecka D., 1996, *Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych*, Mat. I Ogólnopolskiej Konf. „Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek”, t. I, Wyd. TPN Kraków-Zakopane, s. 19–30
- Małecka D., Humnicki W., 1989, *Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu wywierzyiska Olczyskiego*, Przegl. Geol., nr 2, s. 78–84
- Małecka D., Kuberski D., Zaczekiewicz W., 1985, *Hydrogeologiczne problemy wywierzyiska Goryczkowego w świetle badań stacjonarnych*, Mat. III Symp. „Aktualne problemy hydrogeologii”, Kraków-Karniowice, Wyd. AGH, Kraków
- Małecka D., Małecki J., Murzynowski W., 1979, *Gospodarka wodno-ściekowa zlewni Białego Dunajca na tle warunków hydrogeologicznych Podhala*, Przew. LI Zjazdu PTG Zakopane, Wyd. Geol. Warszawa, s. 136–151
- Pachla J., Zaczekiewicz W., 1985, *Drogi krążenia wód krasowych na przykładzie zlewni potoku Sucha Woda. Gacek*, z. 2, nr 20/41, Mat. Sekcji Tatarnictwa Jaskiniowego Klubu Wysokogórskiego. Kraków
- Słownik hydrogeologiczny*, 1996, red. A. S. Kleczkowski, A. Różkowski, Wyd. MOŚiZN. Warszawa
- Sokołowski S., 1959, *Zdjęcia geologiczne strefy eocenu numulitowego wzdłuż północnego brzegu Tatr Polskich*, Biul. IG 149, Warszawa
- Solicki T., Koisar B., 1973, *Zagadka wywierzyiska Chocholowskiego*, Tatarnik nr 1
- Wrzosek A., 1933, *Z badań nad zjawiskami krasowymi Tatr Polskich*, Wiad. Służby Geogr. (Biul. Serr. Geogr.), z. VII, Kraków
- Ziemońska Z., 1966, *Obieg wody w obszarze górskim na przykładzie górnej części dorzecza Czarnego Dunajca*, Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN, nr 55, Wyd. Geol., Warszawa
- Zotl J., 1957, *Neue Ergebnisse der Karsthydrogeologie*, Wiedeń

Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Uniwersytetu Warszawskiego

Danuta Małecka

SUMMARY

The Tatras are characterized by a high springability degree because of its considerable elevation above the surrounding Paleogene basins, deep cuttings in the massif by big river valleys and abundance of rainfall. The most common outflows are filtration springs draining porous water of Quaternary deposits. Fissure springs which drain fissure water of crystalline core, lower Triassic quartzitic sandstones and sedimentary series with a smaller proportion of the carbonate rocks, are less numerous. The most productive outflows are springs and karst springs which are connected with the Tatra's carbonate sediments and, to a lesser degree, carbonate Eocene deposits (fig. 1). The article includes the characteristics of these springs and karst springs which were monitored. Results of the stationary research, carried out since the 70s, showed that the dynamics and chemism of water drained by the Tatra's karst springs are decisively influenced by the location of the alimentation area. As far as the efficiency of

outflows is concerned all the karst springs qualified for the III Meinzer's class. However, the karst springs can be divided into karst springs draining areas within orographic catchment basin of lower outputs between 300–400 l/s (Chochołowskie and Bystre Springs) and those whose underground watersheds exceed orographic basin of the output between 500–700 l/s (Lodowe, Goryczkowe, Olczyskie Springs). Carbonate Eocene is drained by the karst springs and springs of much lower outputs (IV and V Meinzer's class).