

Tomasz Olichwer, Robert Tarka

## CZY SUDETY MOŻNA ZALICZYĆ DO OBSZARÓW BEZWODNYCH NA PRZYKŁADZIE ZIEMI KŁODZKIEJ?

### ARE SUDETY MTS. WATERLESS AREA ON KŁODZKO LAND EXAMPLE

**Słowa kluczowe:** Zasoby, wody podziemne, Sudety  
**Key words:** Resources, groundwater, Sudety Mts.

**Abstract:** Many researchers assert, that crystalline rocks of Sudety Mts. are areas about low water resources. Low values of groundwater resources in the Sudety Mts. are presented in the more and less official documents about water management of Poland. On the other hand the Sudety Mts. are reckoned for areas, where is plenty of water (groundwater too). Confirmation of this theory are articles, where crystalline massifs surrounding Kłodzko ground and river catchments in the crystalline structure of Sudety Mts have high values of groundwater runoff and slow rate water depletion. Main point of this article is paid attention to great difference in the estimation of water resources in Sudety Mts.

### WSTĘP

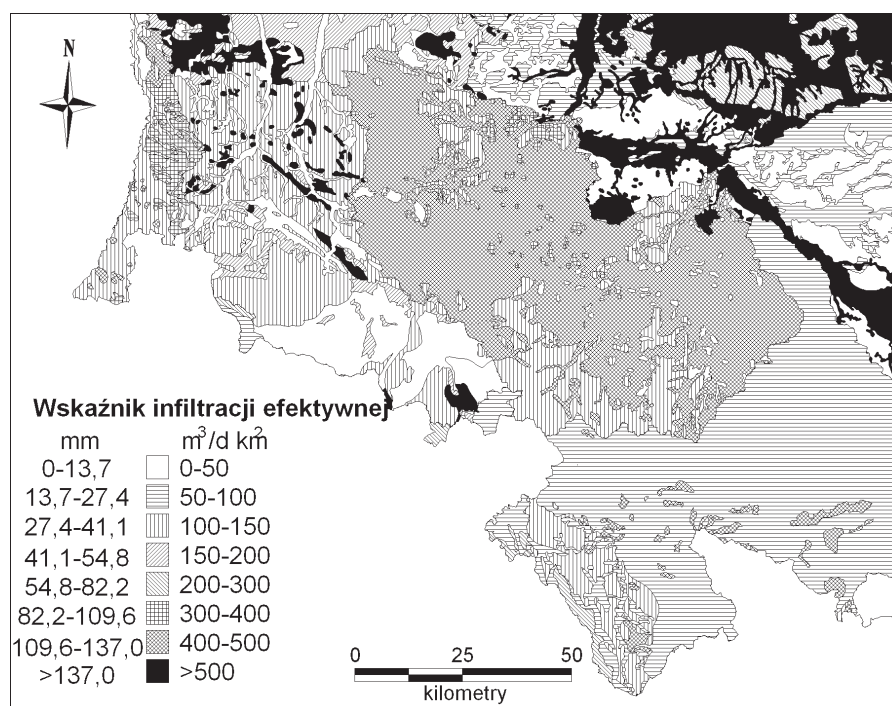
Na obszarze Sudetów wyraźnie zaznacza się tak zwany układ wielkich bloków, czyli system elewacji i depresji łącznie z dzielącymi je rozłamami tektonicznymi (Mierzejewski 1986). Zdaniem S. Kowalskiego (1992) z punktu widzenia gromadzenia się wód podziemnych (tworzenia zbiorników hydrogeologicznych) większą rolę odgrywają depresje, gdyż w wypełniających je skałach osadowych następuje główna koncentracja przepływu podziemnego. Natomiast elewacje zbudowane ze skał krystalicznych, które stanowią około 50% obszaru Sudetów, oceniane są bardzo różnie.

Wielu badaczy m.in. Kolago (1970), Kleczkowski (1979), zalicza obszar krystaliniku sudeckiego do obszarów o niskiej zasobności wod-

nej, wręcz do obszarów bezwodnych. Z. Płoch-niewski (Malinowski 1993) podaje moduł zasobności skał krystalicznych do  $10 \text{ m}^3/24\text{h}/\text{km}^2$ , co daje wskaźnik zasobności do 3,65 mm/rok, a tym samym świadczy o niewielkim zasilaniu maszywów krystalicznych. Pogląd ten zawierają również opracowania Malinowskiego (1991), Paczyńskiego (1995). W załączniku 1 (Główne piętra wodonośne Polski) do Budowy Geologicznej Polski t. 7 Hydrogeologia (Malinowski (red.) 1991) przeważający obszar Sudetów został zaliczony do małej zasobności wodnej (poniżej  $50 \text{ m}^3/24\text{h}/\text{km}^2$ ), a na obszarze Ziemi Kłodzkiej, poza obszarem występowania osadów kredy brak pięter wodonośnych. Podobnie niska ocena zasobów wód w Sudetach prezentowana jest w wielu, mniej lub bardziej oficjalnych, dokumentach omawiających zagadnienia gospodarki wodnej kraju. Przykładem tego jest portal Aqu-

adocinter ([www.aquadocinter.pl](http://www.aquadocinter.pl)). Najnowszym opracowaniem pozwalającym wnioskować o zasobności wodnej Sudetów jest Mapa wskaźnika infiltracji efektywnej sporządzona dla potrzeb oceny wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie (Herbich et al. 2004). Na mapie tej prawie 70% powierzchni Sudetów (ryc. 1) charakteryzuje się infiltracją efektywną do 100 m<sup>3</sup>/

/d·km<sup>2</sup> (do 36,5 mm na rok), a prawie cały obszar Karkonoszy i terenów przyległych znajduje się w przedziale od 0 do 50 m<sup>3</sup>/d·km<sup>2</sup> (0–18,25 mm). Tak niskie wartości wskaźnika infiltracji efektywnej sugerują, że Sudety nie tylko nie są obszarami znaczącego zasilania wód podziemnych dla obszaru Górnej i Środkowej Odry ale wręcz obszarem deficytowym.



Ryc. 1. Zgeneralizowana mapa wskaźnika infiltracji (na podstawie Herbich et al. 2004)

Fig. 1. Generalized map of effective infiltration coefficient (base on Herbich et al. 2004)

Z drugiej strony Sudety postrzegane są jako obszary obfitujące w wody (w tym również podziemne). Za administracji niemieckiej przewidywano budowę wielu małych zbiorników wodnych w szczytowych zlewniach cieków sudeckich. Chodziło o stworzenie potencjalnych możliwości dla zaopatrzenia w wodę miejscowości niżej położonych (Walkowicz 1989). Według Szkuřatowskiego (1987) jedynym praktycznym rozwiązaniem dla zaopatrzenia Wrocławia w wodę powinno być wykorzystanie wód z górnych odcinków zlewni Nysy Kłodzkiej. Wskazuje to na dużą zasobność wodną tych obszarów. Potwierdzeniem tego są prace, z których wynika, że masywy krystaliczne otaczające Ziemię Kłodzką oraz zlewnie w krystalicznych strukturach bloku karkonosko-izersko-łużyckiego charakteryzują się wysokim odpływem podziemnym

i najwolniejszym wyczerpywaniem ich zasobów wodnych (Kryza H., Kryza J. 1986, Jokiel 1994, Tarka 1997, Staško 1996, Olichwer 2003). Według Gutry-Koryckiej (1978) Odpływ podziemny na przeważającej powierzchni Sudetów wynosi w granicach 3,5–5 l/s km<sup>2</sup>, co stanowi w przeliczeniu na wysokość 100–150 mm. Jednocześnie zlewnie sudeckie charakteryzują się dużą i bardzo dużą zdolnością retencyjną. Jeszcze wyższe wartości odpływu podziemnego podaje Orszytnowicz (1988), gdzie Sudety znajdują się w przedziale odpływu podziemnego 90–160 oraz 160–270 mm.

Rozbieżności w ocenie zasobów wodnych Sudetów stały się impulsem do podjęcia dyskusji nad rozpoznaniem i oceną zawodnienia tej części Polski. Charakterystykę zasobności Sudetów przedstawiono na przykładzie Ziemi Kłodzkiej.

## WARUNKI PRZYRODNICZE ZIEMI KŁODZKIEJ

Badania przeprowadzono na obszarze Ziemi Kłodzkiej. Powierzchnia analizowanego obszaru obejmuje około 1100 km<sup>2</sup>. Pod względem geologicznym obszar ten należy do kopuły orlicko-śnieżnickiej, rozdzielony zapadliskiem tektonicznym, wypełnionym przez osady górnej kredy i czwartorzędu.

Część zachodnią stanowi krystalinik Gór Bystrzyckich i Orlickich, a część wschodnią metamorfik Łądko-Śnieżnika. W centrum kopuły orlicko-śnieżnickiej znajdują się zespoły skalne serii strońskiej i grupy gnejsów śnieżnickich i gieraltowskich z granulitami i eklogitami (Turniak et al. 2000). Większość obszaru badań pokryta jest osadami czwartorzędowymi.

Pod względem hydrogeologicznym wody podziemne występują w czwartorzędowym piętrze wodonośnym, kredowym oraz w skałach krystalicznych. Wodonośne osady czwartorzędu wykształcone są w postaci piasków i żwirów rzecznych występujących w dolinie Nysy Kłodzkiej, oraz fragmentarycznie występuje w wąskich dolinach potoków będących jej dopływami. Ponadto wody podziemne występują w obrębie utworów deluwialnych i rumoszu skalnego przykrywającego skały krystaliczne warstwą o miąższości 1–8 m.

Głównymi warstwami wodonośnymi w utworach kredowych są piaskowce. W utworach kredowych wydzielić można trzy poziomy wodonośne, z których najregularniejszy jest dolnocenomański. Środkowy poziom związany jest z piaskowcami turonu środkowego, a górny z piaskowcami turonu górnego i koniaką. Jednak najczęściej poziom środkowy i górny nie są wyraźnie oddzielone od siebie i łączą się, tworząc na przeważającej części obszaru tzw. górny poziom wodonośny (Różycki, Milewicz 1975).

Na obszarze występowania skał krystalicznych wody podziemne gromadzą się w utworach skalnych, w których można wyróżnić cztery systemy krążenia wód podziemnych. Pierwszy z nich o największym zasięgu to system regionalny, którego bazą drenażową są rzeki obszaru przedsubdeckiego, a wody infiltrują w głąb masywy za pośrednictwem uskoków i rozłamów tektonicznych do głębokości co najmniej 1,5 km.

Drugi system jest również regionalny, ale o mniejszym zasięgu, a bazą drenażową jest Nysa Kłodzka. Wody biorące udział w obiegu osiągają głębokość w obrębie uskoków do około 800 m (Kryza 1988). Przejściowy i lokalny system krążenia obejmuje wody spękanego masywu skalnego i pokryw zwietrzelinowych. Odpływ wód z tego systemu uwidacznia się w źródłach i rzekach. Wody wszystkich systemów kontaktują się między sobą.

## MAPA ZASOBÓW ODNAWIALNYCH WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARZE ZIEMI KŁODZKIEJ

Szczegółowa charakterystyka hydrogeologiczna obszaru badań przedstawiona jest na Mapach Hydrogeologicznych Polski w skali 1:50 000 (Kłonowski, Mroczkowska, Michniewicz, Wojtkowiak 1997–2000). Na obszarze zlewni Nysy Kłodzkiej po profil w Kłodzku wydzielono na tej mapie 6 głównych poziomów użytkowych (GPU). Wszystkie one stanowią pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny (ryc. 2). GPU obejmują swym zasięgiem prawie w 100% obszar występowania utworów kredy. Na obszarach masywów krystalicznych otaczających rów Nysy Kłodzkiej GPU wydzielono jedynie w dolinach rzek i większych potoków traktując pozostałe obszary jako „bezwodne”. Charakterystykę zasobową GPU na obszarze Ziemi Kłodzkiej zawiera tabela 1.

Z przedstawionego zastawienia widać, że zasoby odnawialne na przeważającej części obszaru wynoszą 50–70 mm/rok. Średnie roczne opady na Ziemi Kłodzkiej wynoszą od 650–700 mm w Kłodzku do ponad 1200 mm w szczytowych partiach gór. Czyli wyznaczone na Mapie Hydrogeologicznej Polski zasoby odnawialne stanowią jedynie do 10% opadów. Jest to wartość stosunkowo niska, nawet jak na teren Polski niżowej. Badania nad infiltracją i odpływem podziemnym (Kryza H., Kryza J. 1986; Tarka 1993; Olichwer 2002; Staśko, Tarka 2002) wskazują, że w obszarach górskich efektywne zasilanie wód podziemnych stanowi od 20 do 60% opadów. Stąd niezwykle istotne dla gospodarowania wodami jest właściwe oszacowanie zasobów na tych obszarach. Autorzy podjęli próbę oceny zmienności zasobów odnawialnych na obszarze

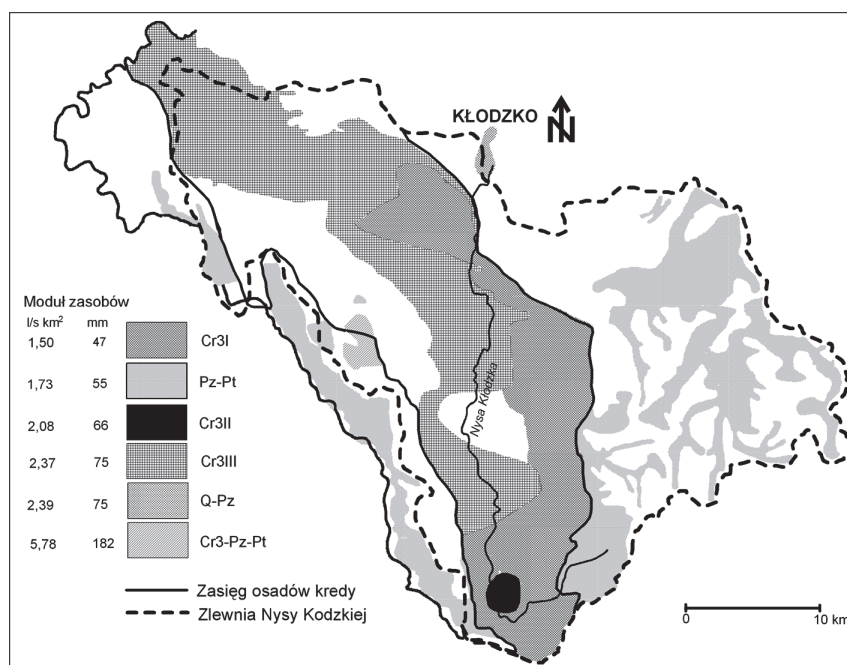
zlewni górnej Nysy Kłodzkiej na podstawie analizy odpływu podziemnego. Ocena zasobów odnawialnych na podstawie odpływu podziemnego w ciekach wymaga długookresowych obserwacji przepływów. Takie obserwacje realizowane są jedynie na nielicznych posterunkach pomiarowych. Na obszarze zlewni Nysy Kłodzkiej po profil w Kłodzku pomiary takie prowadzone są w ośmiu profilach pomiarowych należących do sieci IMGW. Wyznaczone na ich podstawie średnie wartości odpływu podziemnego (tab. 2) posłużyły do oceny odpływu podziemnego metodą analogii w profilach, gdzie przeprowadzono jedynie pomiary kontrolne. Jako pomiary

kontrolne wykorzystano średnią z dwóch serii pomiarowych przepływów przeprowadzono przez autorów w listopadzie 2000 i lutym 2001 roku, gdzie zanotowano przepływy niżówkowe, poprzedzone dłuższymi okresami bezopadowymi. Jak wskazuje rycina 3, wartości te dobrze korespondują ze średnim odpływem podziemnym z wielolecia 1973–1982 (dane IMGW). Przyjmując więc średni przepływ z dwóch serii pomiarowych wykonanych przez autorów jako reprezentatywną wartość odpływu podziemnego obliczono zasoby odnawialne dla 26 częściowych i różnicowych zlewni Nysy Kłodzkiej (ryc. 4).

Tabela 1. Charakterystyka zasobowa GPU na obszarze Ziemi Kłodzkiej

Table 1. Groundwater resources characteristic of UPWP on the Kłodzko Land

| ZBIORNIK                   | POWIERZCHNIA    | ZASOBY ODNAWIALNE | ZASOBY DYSPOZYCYJNE |
|----------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|
|                            | km <sup>2</sup> | mm/ROK            | mm/ROK              |
| Cr <sub>3</sub> I          | 173,9           | 47,3              | 21,8                |
| Cr <sub>3</sub> II         | 4,0             | 65,6              | 58,3                |
| Cr <sub>3</sub> III        | 240,0           | 74,7              | 74,7                |
| Cr <sub>3</sub> -Pz(Pt)III | 7,0             | 182,3             | 91,1                |
| Pz(Pt)I                    | 216,9           | 54,6              | 27,4                |
| Q-Pz                       | 3,4             | 75,4              | 75,4                |



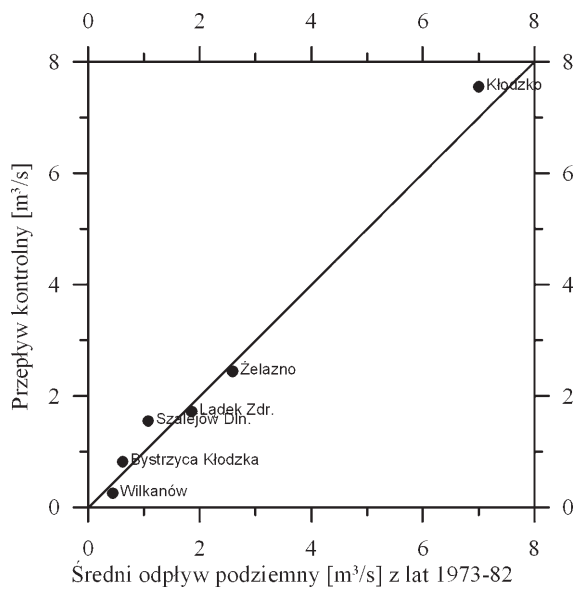
Ryc. 2. Zgeneralizowana mapa GPU na obszarze Ziemi Kłodzkiej

Fig. 2. Generalized map of UPWP on the Kłodzko

Tabela 2. Średni roczny odpływ podziemny w wybranych profilach na obszarze Ziemi Kłodzkiej dla wielolecia 1973–1982

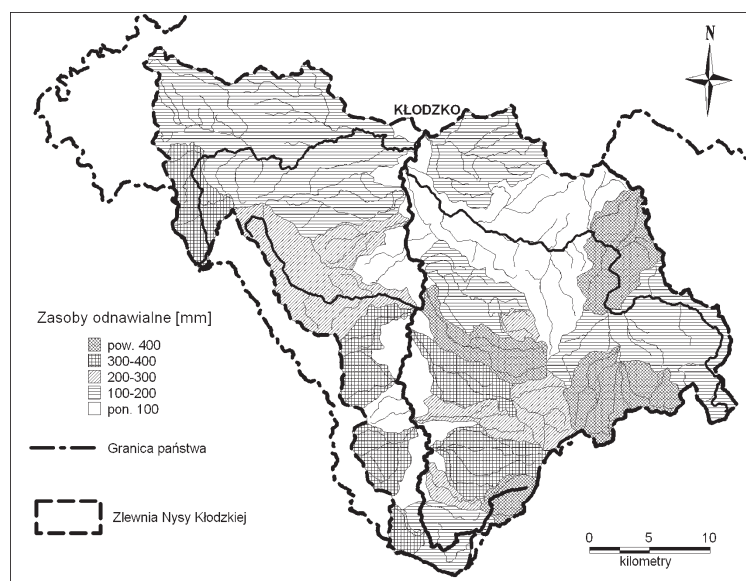
Table 2. Average groundwater runoff of the year in some profiles on Kłodzko Land in 1973-1982 years

| RZEKA               | PROFIL        | POWIERZCHNIA    | ODPŁYW CAŁKOWITY  | ODPŁYW PODZIEMNY  |
|---------------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|                     |               | km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s |
| Nysa Kłodzka        | Międzylesie   | 49,5            | 0,68              | 0,32              |
| Nysa Kłodzka        | Bystrzyca Kł. | 260             | 4,43              | 1,54              |
| Nysa Kłodzka        | Kłodzko       | 1084            | 14,05             | 7,0               |
| Wilczka             | Wilkanów      | 35,1            | 0,76              | 0,44              |
| Bystrzyca           | Bystrzyca Kł. | 64,0            | 0,98              | 0,61              |
| Bystrzyca Dusznicka | Szalejów Dln. | 175             | 2,14              | 1,07              |
| Biała Łądecka       | Łądek Zdrój   | 166             | 3,45              | 1,85              |
| Biała Łądecka       | Żelazno       | 305             | 5,25              | 2,59              |



Ryc. 3. Porównanie średniego odpływu podziemnego z pomiarami kontrolnymi w wybranych profilach zlewni Nysy Kłodzkiej

Fig. 3. Comparison of average groundwater runoff with control measurements in same profiles of Nysa Kłodzka catchment



Ryc. 4. Zasoby odnawialne na obszarze górnej Nysy Kłodzkiej

Fig. 4. Renewable resources on upper Nysa Kłodzka area

Analizując rycinę 4 nietrudno odnotować, że średnie zasoby odnawialne na obszarze zlewni górnej Nysy Kłodzkiej wynoszą około 200 mm na rok, co stanowi ponad 20% opadów. Wyznaczone zasoby odnawialne dla masywów krystalicznych okalających Kotlinę Kłodzką sięgają nawet 500 mm. Świadczy to o dużej zasobności tego obszaru. Stąd na podstawie tych badań Sudetów z pewnością nie można zaliczyć do obszarów o słabej zasobności, czy wręcz bezwodnych.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

W literaturze hydrogeologicznej, szczególnie w materiałach kartograficznych dominują poglądy traktujące górne partie Sudetów jako obszary o niskiej zasobności, wręcz bezwodne. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja, jeżeli przyjrzeć się opracowaniom hydrologicznym, gdzie obszar Sudetów zaliczany jest do górnych klas odpływu podziemnego w Polsce. Zdziwienie zatem może budzić tak duża rozbieżność w ocenie wodonośności tej części kraju. Zdziwienie to jest tym bardziej duże, że wyniki szczegółowych badań potwierdzające dużą zasobność Sudetów były wielokrotnie prezentowane na specjalistycznych konferencjach hydrogeologicznych organizowanych zarówno na ich obszarze, jak i na przedpolu (m.in. II, VI i X Sympozjum Współ-

czesne Problemy Hydrogeologii oraz I, II i III Sympozjum Problemy Hydrogeologiczne Polski Południowo-Zachodniej).

Niska ocena zasobności Sudetów dokonywana przez wielu hydrogeologów wynika z trudności ujęcia na tym obszarze wód podziemnych tradycyjnymi metodami otworowymi. Wiele klasyfikacji zasobności przyjmuje za główne kryterium właśnie wydajność studni pionowej. Już w 1976 roku Różycki (Staśko 2002) wykazał, na podstawie analizy 52 studni, że połowa z nich charakteryzuje się wydajnością od 1 do 5 m<sup>3</sup>/h. Wydajności powyżej 20 m<sup>3</sup>/h uzyskano jedynie w około 30% analizowanej populacji. Jednak ujęcia drenażowe czy poziome (sztolnie), szeroko rozbudowywane na obszarze Sudetów już za czasów niemieckich, przeczą poglądom o braku wód podziemnych na tym obszarze. Inna przyczyna uzyskiwania tak niskich wartości zasobów dynamicznych dla Sudetów w wielu wypadkach związana jest z przypisywaniem dużym obszarom terenu zasobów dynamicznych wyznaczonych dla całych zlewni (np. zlewnia Nysy Kłodzkiej) obejmujących zarówno obszary górskie, jak i przedgórskie. Powoduje to znaczne zaniżanie zasobów na obszarach górskich.

Biorąc pod uwagę duże rozbieżności w ocenie zasobności wodnej Sudetów, autorzy postulują opracowanie ogólnie akceptowalnej mapy zasobów wód podziemnych dla tej części Polski.

## LITERATURA

- GUTRY-KORYCKA M., 1978 – Zasilanie podziemne rzek polskich, *Przeg. Geofiz.*, R. XXIII(XXXI), z. 2, Warszawa.
- HERBICH P., HORDEJUK M., HORDEJUK T., JAROS M., KUBLIK J., MAJER K., NAŁĘCZ T., 2004 – Mapa wskaźnika infiltracji efektywnej dla potrzeb oceny wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie, *PIG*, Warszawa.
- JOKIEL P., 1994 – Zasoby, odnawialność i odpływ wód podziemnych strefy aktywnej wymiany w Polsce, *Acta Geographica Lodziensia*, nr 66–67, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- KLECZKOWSKI A.S., 1979 – Hydrogeologia ziem wokół Polski, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- KŁONOWSKI M., MROCZKOWSKA B., MICHNIEWICZ M. WOJTKOWIAK A., 1997–2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50000, arkusze Bystrzyca Kłodzka, Duszniki Zdrój, Kłodzko, Międzylesie i Potoczek, Mostowice, Stronie Śl. i Biela, Złoty Stok, Wydawnictwo PIG i MOŚZNIŁ, Warszawa.
- KOLAGO C., 1970 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:1000000, Wyd. PIG Warszawa.
- KOWALSKI S., 1992 – Czynniki naturalne warunkujące występowanie wód podziemnych w rejonie sudeckim. *Acta Univ. Wratisl. 1324, Pr. Geol.-Miner.*, 25, 73 s.
- KRYZA H., KRYZA J., 1986 – Odpływ podziemny i zasoby odnawialne Sudetów i ich przedpola jako kryterium regionalizacji hydrogeologicznej, *Pr. Nauk. Inst. Geotech. P. Wroc.*, 49, ser. Konferencje, 21, s. 109–119.
- KRYZA H., 1988 – Formowanie się odpływu podziemnego w zlewniach górskich Masywu Śnieżnika. *Prace Geol.-Mineral.*, t. XI.2, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- MALINOWSKI J., (red.) 1991 – Budowa Geologiczna Polski, t. 7: Hydrogeologia, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- MALINOWSKI J., 1993 – Zasoby i ochrona wód podziemnych, Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław.
- MIERZEJEWSKI M. 1986 – Układ wielkich bloków Sudetów Zachodnich, [w:] *Historia ruchów tektonicznych na ziemiach polskich. Cykl kaledońsko-waryscyjski*, Wyd. Uniw. Wroc., Wrocław.
- OLICHWER T.; 2002 – Zarys warunków hydrogeologicznych ze szczególnym uwzględnieniem odpływu podziemnego w metamorfiku Krowiarek (Masyw Łądko-Śnieżnika), *Acta Universitatis Wratislaviensis*, nr 2370, *Prace Geol.-Mineral. LXXII*, Wyd. Uniw. Wroc., Wrocław.
- OLICHWER T. 2003 – Zasoby wodne w obszarach górskich na przykładzie Masywu Śnieżnika oraz Gór Bystrzyckich. *Współczesne Problemy Hydrogeologii* 11, t. 2, Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- ORSZTYNOWICZ J. 1988 – Studium naukowo-badawcze do Atlasu hydrologicznego Polski. Średnie roczne i wieloletnie odpływy podziemne na obszarze Polski w okresie 1951–1980, *IMGW, Zakład Dynamiki Wód Podziemnych*, Warszawa.
- PACZYŃSKI B. 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 tys., cz. 2 – Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. *PAE S.A, Wyd. PIG*, Warszawa.
- ROCZNIKI HYDROLOGICZNE WÓD POWIERZCHNIOWYCH, 1973–1982 – Odra i rzeki przymorza. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976–1987.
- RÓŻYCKI M., MILEWICZ J. 1975 – Utwory kredowe Sudetów Środkowych i Zachodnich jako zbiorniki wód podziemnych, *Kwartalnik Geologiczny*, t. 19, z.1, Wydawnictwo Warszawa.
- STAŚKO S. 1996 – Wody podziemne w skałach krystalicznych na podstawie badań wybranych obszarów Sudetów Polskich. *Prace Geol.-Mineral. LIII*, Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław.
- STAŚKO S. 2002 – Zawodnienie szczelinowych skał krystalicznych w Sudetach, *Biul. PIG*, nr 404, Warszawa.
- STAŚKO S., TARKA R. 2002 – Zasilanie i drenaż wód podziemnych w obszarach górskich na podstawie badań w masywie Śnieżnika, *Acta Univ. Wratisl.*, nr 2528, seria Hydrogeologia, Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław.
- SZKURŁATOWSKI Z. 1987 – Stan ekologiczny wód na Dolnym Śląsku. *Mat. Sesji Popularno-Nauk.*, Dolnośląskie Towarzystwo Społeczno-Kulturalne, Wrocław.
- TARKA R., 1993 – Formy zasilania a odpływ podziemny na przykładzie zlewni górskiej w Masywie Śnieżnika., *Acta Univ. Wratisl.*, *Prace Geol.-Mineral.* nr 36, Wrocław.
- TARKA R., 1997: Zasilanie wód podziemnych w górskich masywach krystalicznych na przykładzie masywu Śnieżnika w Sudetach., *Acta Univ. Wratisl. Prace Geol.-Mineral.* nr 56, Wrocław.
- TURNIAK K., MAZUR S., WYSOCZAŃSKI R. 2000 – SHRIMP zircon geochronology and geochemistry of the Orlica-Śnieżnik gneisses (Variscan belt of Central Europe) and their tectonic implications. *Geodynamica Acta* 13.
- WALKOWICZ J. 1989 – Podstawy hydrologiczne ujęcia wody ze szczytowych zlewni w Sudetach dla Wrocławia. *Konf. Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę*, Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocł., Wrocław.

