

KSZTAŁTOWANIE SIĘ SPŁYWU ŚRÓDPOKRYWOWEGO NA OBSZARZE ZLEWNI BADAWCZEJ W BOGUSZYNIE (SUDETY ŚRODKOWE) W 2004 ROKU

Janina FATYGA, Radosław STODOLAK

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

Słowa kluczowe: spływ śródpokrywowy, warunki wodne na obszarach górskich, zlewnie sudeckie

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań spływu śródpokrywowego z 2004 r., zarejestrowane za pomocą automatycznej stacji hydrologiczno-meteorologicznej zlokalizowanej na terenie zlewni badawczej w Boguszynie. Tło do badań hydrologicznych stanowiły pomiary meteorologiczne prowadzone w ramach zintegrowanego monitoringu środowiska, realizowanego na terenie stacji pomiarowej. Wyniki badań świadczą o dużym znaczeniu spływu śródpokrywowego w procesie kształtowania się odpływu wód ze stoku i warunków wodnych na obszarze zlewni Potoku Boguszyńskiego. Rezultaty tych badań są pomocne w rozwiązywaniu współczesnych problemów hydrologii terenów górskich.

WSTĘP

Spływ śródpokrywowy, zwany także odpływem hipodermicznym, to część wody opadowej, która nie dociera do wód gruntowych, lecz spływa pod powierzchnią do koryta cieku. Woda porusza się przy tym w górnych warstwach gruntu z prędkością znacznie przekraczającą prędkość filtracji [MAGNUSZEWSKI, SOCZYŃSKA, 2001]. Zagadnienia spływu śródpokrywowego są dotychczas słabo poznane. Podstawy naukowe odpływu ze zlewni zostały sformułowane przez HORTONA [1935] – twórcę tzw. infiltracyjnej teorii spływu. Jego teoria zakłada, że odpływ rzeczny jest kształtowany przez spływ powierzchniowy oraz gruntowy, przy czym ten pierwszy powstaje na całej powierzchni zlewni. Część opadu, która ulegnie infiltracji, prze-

Adres do korespondencji: prof. dr hab. J. Fatyga, Dolnośląski Ośrodek Badawczy IMUZ, ul. Kraińskiego 16, 50-153 Wrocław; tel.+48 (71) 344-35-92, e-mail: janina.fatyga@secom.pl

chodzi w całości do podłoża, kształtując odpływ z poszczególnych warstw gruntowych. Ilość infiltrującego opadu zależy od aktywnej retencji strefy aeracji [HORTON, 1935]. Wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych od połowy XX w. sprawiły, że zaczęto kwestionować zasadność założeń teorii Hortona, wskazując na znaczącą rolę spływu podpowierzchniowego w kształtowaniu się odpływu rzeczynego.

Stosunkowo najpełniejszą charakterystykę tego zjawiska podano w pracy SOI [1981], w której podjęto próbę określenia cech spływu śródpokrywowego oraz jego korelacji w odniesieniu do spływu powierzchniowego i zmian natężenia przepływu w cieku na terenie zlewni w Beskidzie Niskim. Dość dobrze poznane jest zjawisko spływu podściółkowego, mające podobny charakter do śródpokrywowego. Zachodzi ono na terenach zalesionych w warstwie kontaktu ściółki z gruntem, a polega na koncentracji spływu wody w czasie opadów.

W IMUZ w 1985 r. rozpoczęto badania nad spływem powierzchniowym w Karkonoszach Zachodnich, gdzie na południowo-zachodnim zboczu Szrenicy wykonano instalację pomiarową [KACZMARCZYK, 1991]. Od 1999 r. badania prowadzone są także na terenie nizinnej zlewni eksperymentalnej górnej Mławki [SZYMCZAK, SZELENBAUM, 2003].

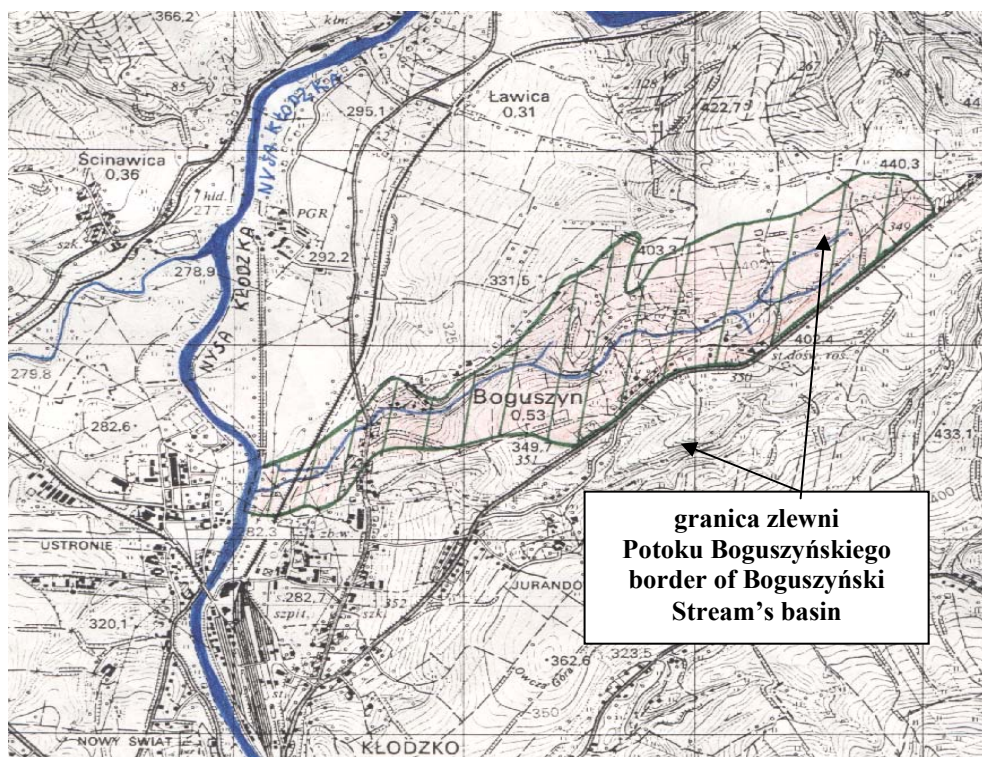
Spływ śródpokrywowy odbywa się w strefie aeracji, ponad strefą pełnego nasycenia gruntu wodą. Jest to odpływ krótkotrwały z okresowych stref saturacji. Warunki do jego powstania występują przede wszystkim na poziomie kontaktu gruntu (rozluźnionego przez system korzeniowy roślin) z niżej zalegającą warstwą oraz na styku warstw o różnej przepuszczalności. W tym drugim przypadku mówi się o odpływie kontaktowym, który jednak można uznać za szczególny przypadek spływu śródpokrywowego. Stosunkowo mało znane są zagadnienia, dotyczące hydrauliki przepływu hipodermicznego w gruncie. Wiadomo, że ma on charakter filtracji, chociaż możliwa jest nawet fluacja, czyli burzliwy ruch wody podziemnej z prędkością przekraczającą krytyczną [online <http://www.mos.gov.pl/dg/slownik/t01.htm>].

Rozpatrywane zjawisko zachodzi głównie na obszarach o znacznym nachyleniu, w warunkach dostatecznej ilości wody pochodzącej z opadów lub topnienia pokrywy śnieżnej. Znaczenie tej formy odpływu wód ze zlewni jest bardzo duże, zwłaszcza w dobrze przepuszczalnych gruntach lub gdy szata roślinna jest obfita. W takich przypadkach spływ śródpokrywowy może zdominować odpływ ze stoku i znacznie przewyższyć wielkość spływu powierzchniowego. Spływ ten stanowi jeden z bardzo istotnych elementów obiegu wody w zlewni.

Do pełnego zrozumienia zjawiska powstawania spływu śródpokrywowego niezbędne jest poznanie budowy geologicznej obszaru zlewni, a także wszechstronna znajomość warunków przyrodniczych oraz rolniczych. Należą do nich: formy geomorfologiczne, hipsometria, nachylenie, ekspozycja, sieć hydrograficzna, pokrywa glebowa oraz użytkowanie zlewni, tj. struktura użytkowania ziemi i struktura użytków rolnych.

CHARAKTERYSTYKA PRZYRODNICZA ZLEWNI

Zlewnia w Boguszyńcu znajduje się w Sudetach Środkowych, na północno-wschodnim obrzeżu Kotliny Kłodzkiej (rys. 1). Jest odwadniana przez Potok Boguszyński, bezpośredni dopływ Nysy Kłodzkiej. Obszar całej zlewni wynosi 15,1 km², z czego na zlewnię badawczą (zamkniętą zastawką w przewężeniu doliny) przypada 1,5 km². Jak podaje się w literaturze [BYCZKOWSKI, 1999; SOCZYŃSKA, 1997], ten rząd wielkości zlewni najlepiej nadaje się do prowadzenia tego typu badań, ponieważ istnieje możliwość dokładnego poznania wszystkich czynników środowiska, kształtujących warunki wodne oraz zainstalowania niezbędnych urządzeń pomiarowych.



Rys. 1. Lokalizacja zlewni Potoku Boguszyńskiego

Fig. 1. Localization of Boguszyński Stream's basin

Ze względu na swój charakter zlewnia Potoku Boguszyńskiego reprezentuje niżej położone tereny kotlinowo-górskie obrzeży Sudetów. Obecna morfologia powierzchni zlewni została ukształtowana głównie przez modelujące procesy gla-

cialne i peryglacialne. Zlewnia ma ekspozycję zachodnią, z wyniesieniem ponad poziom morza, wynoszącym 282–440 m. Nachylenie terenu jest znacznie zróżnicowanie – od 3° w obrębie spłaszczeń wierzchwinowych do 36° w pobliżu doliny rzecznej.

Pod względem budowy geologicznej obszar znajduje się w granicach struktury bardzkiej. Na terenie zlewni dominują piaskowce szarogłazowe przykryte zróżnicowanymi wiekowo i genetycznie osadami czwartorzędowymi, co jest wynikiem dwukrotnego zlodowacenia tego obszaru w czwartorzędzie. Na podstawie „Szczegółowej mapy geologicznej Sudetów” w skali 1 : 25 000 (ark. Kłodzko) w obrębie zlewni wydzielono trzy główne rodzaje osadów czwartorzędowych: gliny zwałowe, gliny lessopodobne oraz osady rzeczne holocenu. Gliny zwałowe zalegają w postaci płatów na powierzchni stokowej i wierzchwinowej. Obok nich powszechnie występują utwory pylaste typu glin pylastych i pyłów ilastych lessopodobnych. W obrębie dna doliny dominują holocenijskie mady o charakterze gliny pylastej i gliny piaszczystej.

Z gliny pylastej lub pyłu ilastego wytworzyły się w większości przypadków gleby brunatne właściwe, brunatne wylugowane i kwaśne oraz biellicowe i pseudo-biellicowe. Użytki rolne zajmują niemal całą powierzchnię zlewni. Grunty orne pokrywają wysoczyznę i większość stoków. Na podstawie mapy glebowo-rolniczej w skali 1 : 5 000 grunty te zaklasyfikowano do 10, 11 i 12 kompleksu przydatności rolniczej, natomiast użytki zielone do kompleksu 2z i 3z. Zalesienie i zakrzaczenie występuje wyłącznie w pasach ciągnących się wzdłuż cieku, rowów melioracyjnych i śródpolnych dróg. W dolnej części zlewni, obejmującej swoim zasięgiem tereny okresowo podmokłe oraz na stokach o większym nachyleniu (10–12°) występują użytki zielone, wykorzystywane jako pastwiska lub łąki kośne. Zlewnię badawczą stanowi trwały użytek zielony, w którego składzie botanicznym przeważają trawy: mietlica biaława (*Agrostis alba* L.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) oraz kłosówka miękka (*Holcus mollis* L.).

Na warunki powietrzno-wodne gleb duży wpływ wywiera głębokość głównej masy korzeniowej, która w 90% znajduje się w warstwie gleby grubości od 0 do ok. 10 cm, podczas gdy maksymalna głębokość korzenienia się wynosi 20 cm, co nieprzypadkowo stanowi poziom posadowienia drenażu przechwytyującego wodę spływającą w dół stoku w warstwie korzeniowej. Brak jakichkolwiek zabiegów agrotechnicznych oraz niezmiennie od kilkunastu lat pastwiskowe użytkowanie zlewni przyczyniają się do bujnego rozwoju roślinności trawiastej, której rozróżnione systemy korzeniowe wpływają na warunki przepływu wody w warstwie przypowierzchniowej. W ciągu ostatnich lat duża część użytków rolnych pokrywających obszar zlewni przestała być wykorzystywana rolniczo i jest odłogowana.

METODY BADAŃ

Prace badawcze na podstawie pomiarów hydro-meteorologicznych, realizowanych za pomocą automatycznej stacji pomiarowej. Szczegółowy opis doświadczenia zamieszczono w artykule autorstwa FATYGI i WIATKOWSKIEGO [2004].

Obserwacjami objęto jeden z elementów obiegu wody w zlewni, tj. spływ śródpokrywowy z czterech drenowanych warstw glebowo-gruntowych: korzeniowej (0–20 cm), podścielającej (20–50 cm), wymywania (50–150 cm) i rumoszu skalnego (150–400 cm). Całość wody przemieszczającej się w dół stoku w poszczególnych warstwach jest kierowana do stanowiska pomiarowego. Do pomiaru spływu podpowierzchniowego służą impulsowe czujniki przelewowe o pojemności korytka $0,4 \text{ dm}^3$, z dokładnością odczytu wynoszącą $0,1 \text{ dm}^3$. Dokładność pomiaru za pomocą urządzenia korytkowego została określona na $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ w zakresie wartości odpływu wynoszących $0\text{--}12 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ i $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, gdy odpływ wynosi $12\text{--}24 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Szerokość drenowanego w ten sposób stoku wynosi 25 m, a jego powierzchnia – $2\,000 \text{ m}^2$. Unikalność tego rozwiązania polega na ujęciu spływu ze wszystkich poziomów gruntowych, sięgających aż do podłoża skalnego.

Dzięki odbywającym się co 10 minut odczytom i archiwizacji danych z urządzeń, będących na wyposażeniu stacji, powstają ciągi pomiarowe, na podstawie których z dużą dokładnością można wyznaczyć przebieg oraz wzajemne relacje badanych parametrów hydro-meteorologicznych.

ZMIANY ODPLYWU ŚRÓDPOKRYWOWEGO Z WARSTW GLEBOWO-GRUNTOWYCH W OKRESIE OD KWIEŃNIA DO PAŹDZIERNIKA 2004 ROKU

W pracy przedstawiono rezultaty badań przeprowadzonych na terenie zlewni w okresie od kwietnia do października 2004 r. Przebieg natężenia spływu śródpokrywowego z poszczególnych warstw glebowo-gruntowych w okresie wegetacyjnym na tle opadu atmosferycznego przedstawiono na rysunku 2. oraz w tabeli 1.

Na podstawie analizy zmian odpływu wody z drenowanych warstw glebowo-gruntowych można prześledzić prawidłowości rządzące natężeniem i częstością występowania odpływów hipodermicznych. Na początku okresu wegetacyjnego (wiosną) notowano odpływ jedynie z przypowierzchniowej warstwy gleby (rys. 2a) oraz głębszego poziomu strefy aeracji na głębokości 50–150 cm (rys. 2c). W okresie letnim, na przełomie czerwca i lipca, pojawił się odpływ z pozostałych warstw gruntowych, przy czym w strefie rumoszu skalnego występował on do końca okresu badawczego.

Tabela 1. Miesięczne sumy opadu oraz spływu podpowierzchniowego z wydzielonych warstw glebowo-gruntowych w przeliczeniu na 1 ha powierzchni

Table 1. Monthly total precipitation and runoff from selected soil layers

Miesiąc Month	Opad Precipitation	Natężenie spływu z warstwy Intensity of the runoff from soil layer $\text{dm}^3 \cdot (\text{ha} \cdot \text{m} \cdot \text{c})^{-1}$			
		0–20 cm	20–50 cm	50–150 cm	150–400 cm
IV	490 000	48,0	0,0	87,0	54,0
V	1 010 000	247,0	0,0	224,0	184,5
VI	505 000	7,0	6,0	4,5	3 135,0
VII	365 000	11,5	51,5	13,5	77 824,0
VIII	631 000	4,5	33,5	9,0	20 941,5
IX	136 000	9,5	25,5	9,0	30 611,5
X	339 000	2,0	0,0	9,0	35 297,0
Suma IV–X Sum IV–X	3 476 000	329,5	116,5	356,0	168 047,5

W toku badań odpływ w warstwie korzeniowej (rys. 2a) zanotowano 21 razy, najczęściej w maju – 11 razy, a jego maksymalną wartość, wynoszącą $11,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$, zarejestrowano 17 maja. Od sierpnia do października odpływ z tej warstwy pojawiał się sporadycznie i nie osiągnął znaczących wartości. Wystąpienie tego zjawiska w warstwie przypowierzchniowej jest ułatwione ze względu na silnie rozwinięte systemy korzeniowe roślinności porastającej obszar zlewni, dzięki którym warstwa gruntowa zostaje spulchniona przez system makroporów tworzonych przez korzenie roślin. Powstała w ten sposób sieć filtracyjna ułatwia przemieszczanie się wód roztopowych i opadowych w głąb profilu glebowego. Odpływ ten wiąże się ściśle z wysokością opadu. Zazwyczaj zanikał on w kilka godzin po zakończeniu opadu.

Odpływ z warstwy przejściowej – 20–50 cm (rys. 2b) był najrzadziej obserwowaną formą odpływu ze stoku w ciągu całego okresu badawczego. Pojawiał się sporadycznie i osiągał niewielkie wartości dobowe. Od kwietnia do końca października 2004 r. odpływ z tej warstwy wystąpił zaledwie 6 razy, a maksymalną jego wartość zaobserwowano 9 lipca, wyniosła ona $8,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$, co stanowi blisko 37% całości odpływu z tego poziomu.

Znajdująca się poniżej warstwa gruntowo-glebowa (rys. 2c) również nie przejawiała większej aktywności w tworzeniu się odpływu śródpokrywowego. Warstwa ta odpowiada poziomowi wymywania gleby. Jest to strefa najmniej przepuszczalna, co spowodowało, że zjawisko odpływu obserwowano stosunkowo rzadko. W badanym okresie z poziomu wymywania odpłynęło $70,3 \text{ dm}^3$ wody, największe natężenie zanotowano w maju ($44,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{c}^{-1}$), a najmniejsze w okresie od sierpnia do października (po $1,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{c}^{-1}$). W zestawieniu z dwiema poprzednio analizowanymi sytuacjami odpływ z tej warstwy stanowił blisko 45% odpływu całkowi-

tego z trzech najpłytszych poziomów. Jego cechą charakterystyczną jest najczęstsze występowanie w okresie wiosennym oraz ścisły związek z wysokością opadu. Pojawiał się po ok. 60 h od zakończenia opadu, co stanowiło czas niezbędny do przemieszczenia się wody w głąb profilu (wbrew oporowi, który stawia środowisko gruntowe), nasycenia porów gruntu, wytworzenia tymczasowej strefy saturacji i ukształtowania się spływu, przechwytywanego następnie przez system drenujący.

Odływ ze strefy rumoszu skalnego (rys. 2d), sięgającej do poziomu skały litej, tj. 400 cm, w okresie badań występował nieprzerwanie, aczkolwiek jego natężenie znacznie się zmieniało. Największa wartość została zanotowana 11 lipca 2004 r. i wyniosła $1871,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$. Odływ z tej warstwy stanowi podstawę przemieszczania się wody w dół stoku. Biorąc pod uwagę jego ciągłość w czasie, opóźnioną reakcją na opad, jak również występowanie w okresie bezdeszczowym, można stwierdzić, że urządzenia pomiarowe drenowały stały poziom wód podziemnych. Nie ulega wątpliwości, że przepływy niżówkowe w cieku kształtowane były między innymi dzięki zasobności tej warstwy gruntowej, stanowiącej główne źródło wody w czasie występowania długich okresów posuchy.

WNIOSKI

Obserwacje i pomiary prowadzone na terenie zlewni w Boguszynie umożliwiają wyróżnienie trzech rodzajów spływu śródpokrywowego:

- odpływ krótkotrwały, płytki, pojawiający się efemerycznie bezpośrednio po gwałtownych opadach lub roztopach, występujący wyłącznie w strefie korzeniowej i przypowierzchniowej warstwie gleby;
- odpływ długotrwały, głęboki, z wyraźnym opóźnieniem w stosunku do momentu wystąpienia opadu, zlokalizowany w warstwach gruntu przy skałe litej, poniżej profilu glebowego; zasila on w największym stopniu strefę dolinowych i podstokowych podmokłości oraz ciek odwadniający zlewnię;
- odpływ z warstwy rozgraniczającej oba spływy, odpowiadającej poziomowi wymywania (0,5–1,5 m); pojawia się sporadycznie, po długim okresie trwania opadów, osiągając znaczne natężenie chwilowe.

LITERATURA

- BYCZKOWSKI A., 1999. Hydrologia. T. 2. Warszawa: Wydaw. SGGW ss. 356.
- FATYGA J., KACZMARCZYK M., 1998. Kształtowanie się zasobów wodnych w górskich zlewniach rolniczych. Raport końcowy z realizacji tematu 2.4.2/4R z 1998 r. Wrocław: Zesp. Sudecki DOB maszyn. ss. 9.
- FATYGA J., WIATKOWSKI M., 2004. Monitoring środowiska wodnego zlewni górskiej w Sudetach z zastosowaniem automatycznej stacji hydrologiczno-meteorologicznej. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 2b(12) s. 147–160.

- HORTON R.E., 1935. Surface runoff phenomena: Analysis of the hydrograph Voorheesville. New York: Horton Hydrol. Laboratory Publ. ss. 101.
- Hydrologia dynamiczna, 1997. Pr. zbior. Red. U. Soczyńska. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 399.
- KACZMARCZYK M., 1991. Wstępne badania spływu śródpokrywowego pod Szrenicą (Karkonosze Zachodnie). Wiad. IMUZ. t. 16 z. 4 s. 58-69.
- MAGNUSZEWSKI A., SOCZYŃSKA U., 2001. Międzynarodowy słownik hydrologiczny. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 250.
- Słownik hydrogeologiczny Departamentu Geologii Ministerstwa Środowiska. <http://www.mos.gov.pl/dg/slownik/t01.htm>
- SOJA R., 1981. Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski). Dok. Geogr. z. 2 s. 25-36.
- SZYMCZAK T., SZELENBAUM C., 2003. Badania odpływu podpowierzchniowego zlewni górnej Mławki. Wiad. Melior. nr 2.

Janina FATYGA, Radosław STODOLAK

**THE SHAPE OF THE INTERFLOW IN THE RESEARCH BASIN IN BOGUSZYN
(THE MIDDLE SUDETY MOUNTAINS) IN 2004**

Key words: interflow, mountain basins in the Sudety, water relationships on mountainous regions

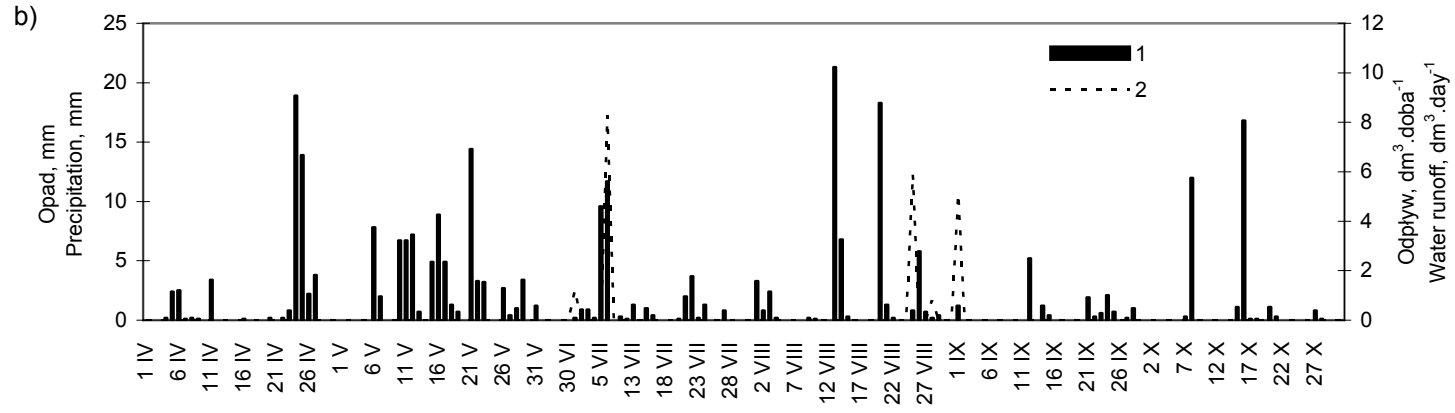
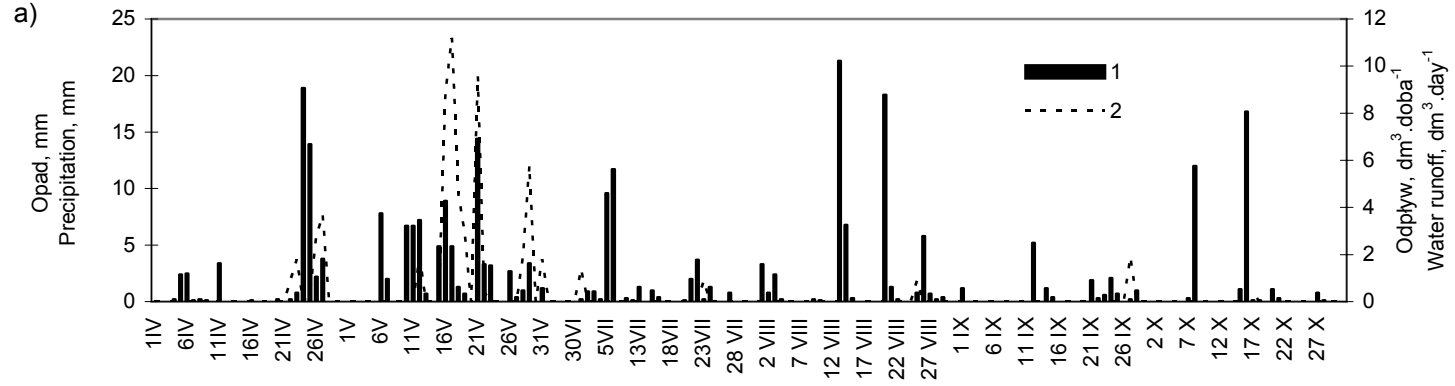
S u m m a r y

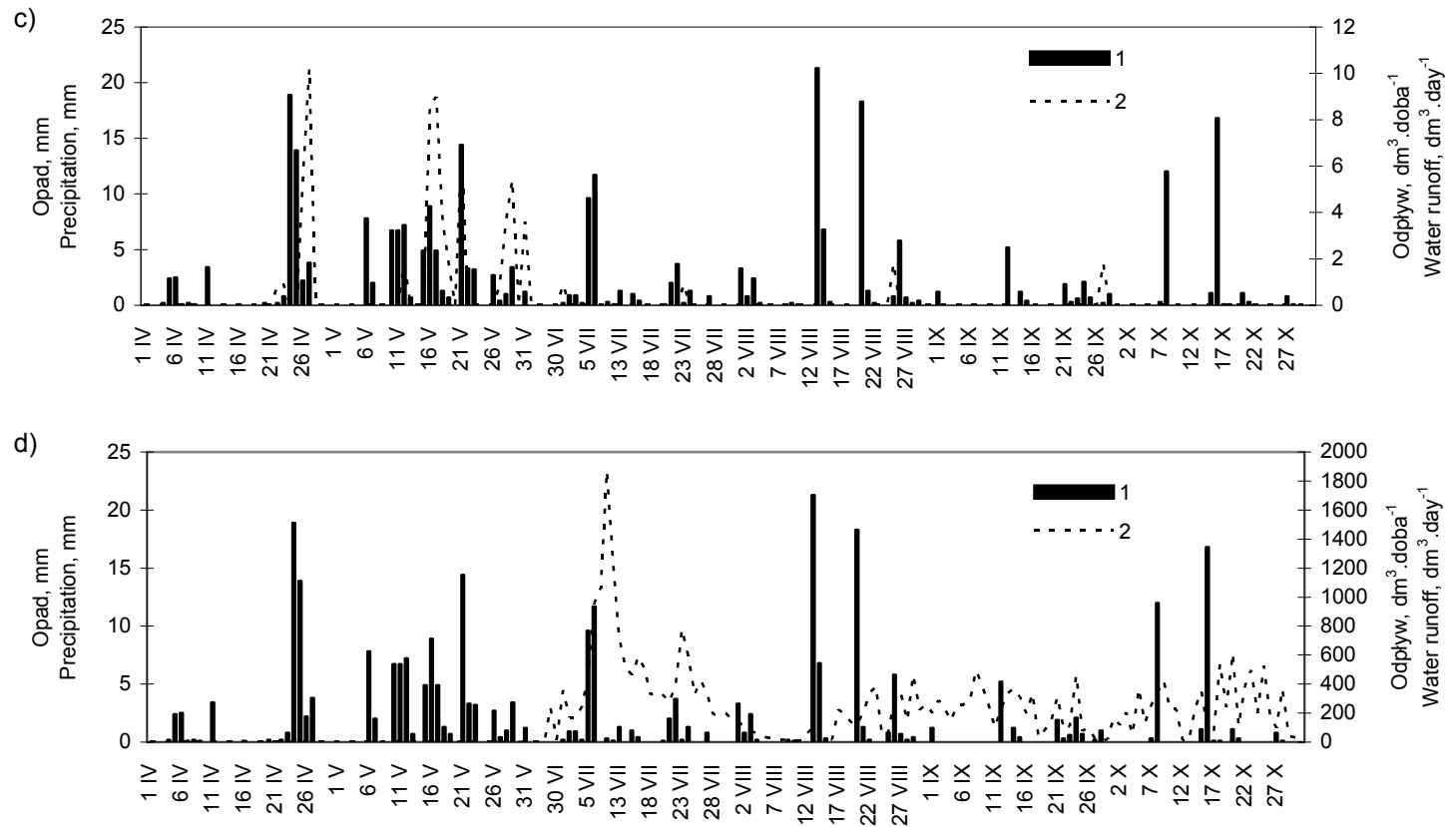
This paper presents results of the interflow study in the year 2004 with the use of an automatic hydrological-meteorological station in the study catchment in Boguszyn. These hydrological studies were based on meteorological records obtained within the integrated environmental monitoring programme. Results indicate the importance of the interflow for water outflow from the hill and water regime in the basin of the Boguszyński Brook. The results are helpful in solving some present problems of mountainous hydrology.

Recenzenci:

prof. dr hab. Laura Radczuk
dr inż. Tomasz Szymczak

Praca wpłynęła do Redakcji 06.05.2005 r.





Rys. 2. Zmiany odpływu wody z przypowierzchniowej warstwy gleby (1) i wydzielonych głębszych warstw strefy aeracji na tle opadu atmosferycznego (2) w Boguszynie; a) warstwa 0–20 cm, b) warstwa 20–50 cm, c) warstwa 50–150 cm, d) warstwa 150–450 cm

Fig. 2. Changes of water runoff from subsurface soil layer (1) and from selected deeper layers of the aeration zone versus atmospheric precipitation (2) in Boguszyn; a) layer 0–20 cm, b) layer 20–50 cm, c) layer 50–150 cm, d) layer 150–450 cm