

Alfred Dubicki

STAN OBECNY ORAZ PROGNOZA ANTROPOGENICZNYCH ZMIAN REŻIMU HYDROLOGICZNEGO W SUDETACH

Pod koniec lat siedemdziesiątych na terenie kraju, a szczególnie Sudetów Zachodnich wystąpiło zjawisko masowego obumierania drzewostanów świerkowych. Przyczyną tego zjawiska są emisje przemysłowe, następnie gradacja owadów, szkodniki wtórne i grzyby pasożytnicze, a także mała odporność 2÷3-pokoleniowych monokultur świerkowych [2].

Panuje pogląd, że główną przyczyną szkód leśnych są zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego tlenkami siarki i azotu. Dwutlenek siarki oprócz tego, że wnika do chlorofilu i likwiduje procesy asymilacji, jest także przyczyną powstawania tzw. kwaśnego deszczu, który zakwasza glebę, wymywa z niej substancje odżywcze i prawdopodobnie prowadzi do obumierania najcieńszych odgałęzień korzeni będących sytemem pobierania pokarmu z gleby [7].

Z kolei tlenki azotu, w połączeniu z wodą przekształcają się w kwas azotowy, który pod wpływem działania intensywnego promieniowania słonecznego m.in. wydziela ozon. niszczący wierzchnią warstwę igliwia.

Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały, że w roku 2010 kwaśne deszcze obejmą cały obszar Polski, z wyjątkiem niewielkiego skrawka Suwalszczyzny. Badania chemizmu opadów atmosferycznych na terenie Karkonoszy wykazały, że najbardziej negatywną ich cechą jest niski odczyn, który zawsze był kwasowy i kształtował się w przedziale $\text{pH} = 3,0 \div 6,2$. Badane opady należały do bardzo wysoko obciążonych siarczanami (śr. ponad $9 \text{ g SO}_4^{2-}/\text{m}^3$) i odznaczały się mocno podwyższoną zawartością azotu amonowego (śr. $1,65 \text{ g N}/\text{m}^3$). Ten stan chemicznego skażenia powietrza atmosferycznego znalazł swoje odbicie w jakości wód rzek Karkonoszy i Gór Izerskich.

Stosunkowo wysoka kwasowość wód rzek Karkonoszy i Gór Izerskich, jak również opadów atmosferycznych, nie pozostały bez wpływu na obecny stan zalesienia tych obszarów. W latach 1976÷1981 ubytki w drzewostanie w zlewniach położonych powyżej 800 m n.p.m. były niewielkie i np. w zlewni górnej Kamiennej w Jakuszycach wahały się od 0,18 do 5,0%. Największe straty w zalesieniu obserwowano w roku 1983, które wraz z drzewostanem martwym wynosiły 40%, osiągając w roku 1989 73%. W dorzeczu Kwisy wyraźne ubytki w stanie zalesienia nastąpiły wcześniej, bo już w roku 1978, osiągając najwyższe natężenie w latach 1983 i 1984. Obecny stan wylesienia w dorzeczu Kwisy określono na 63%, a Kamiennej do Piechowic na 55%. Zdaniem specjalistów proces obumierania drzewostanów regła górnego, a w górach Izerskich w strefie 600÷800 m n.p.m., w latach 1995÷2000 doprowadzi do całkowitego ich zaniku [7].

Na podstawie długoletnich badań w Beskidach Morawsko-Śląskich stwierdzono, że po wycięciu w

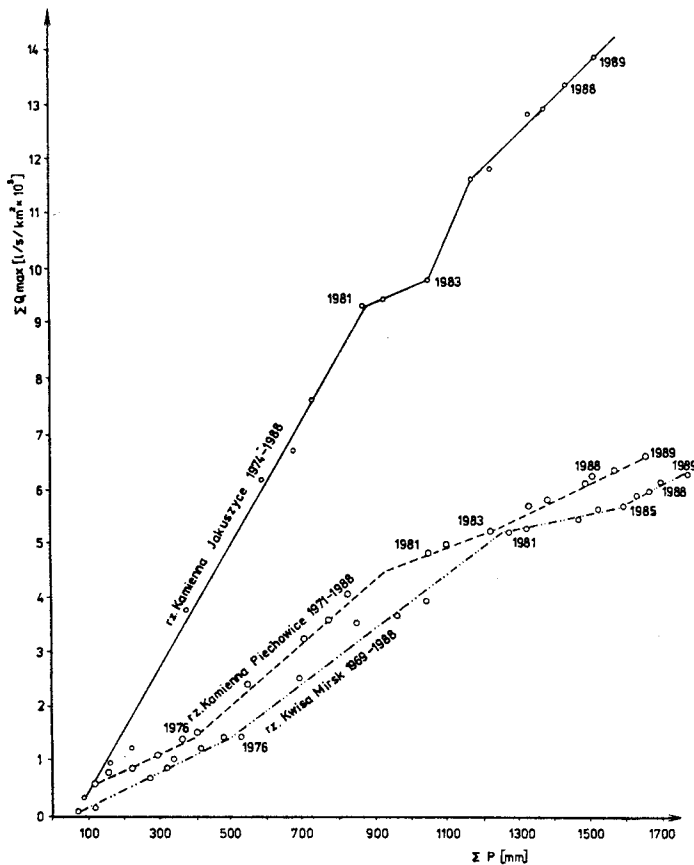
zlewni 36,5% masy drzew średni roczny odpływ zwiększył się o 11,8% [12]. W zlewniach beskidzkich na skutek wycięcia 6,7% drzewostanu maksymalne odpływy powodziowe wzrosły o 30%, natomiast po wycięciu 28,8% masy drzew przepływy maksymalne wzrosły trzykrotnie [10]. Z kolei w Górach Izerskich w zlewniach, które w największym stopniu ucierpiały w wyniku klęski ekologicznej, średni roczny odpływ wzrósł o 35% w zlewni Izery i o 26% w zlewni Kamienicy [8, 9].

Zmiany powierzchni drzewostanów świerkowych w górach Izerskich, a także w Karkonoszach, spowodowały w stosunku do pięciolecia 1976÷1980, znaczne zmniejszenie intercepcji, a jednocześnie przychodu wody z mgły. Jest bardzo prawdopodobne, że te zmiany, a także nie zmieniony stan struktury wierzchniej warstwy gruntu zlewni, przy jednoczesnym większym ruchu powietrza nad wylesionymi obszarami i większym w związku z tym parowaniem, były powodem krótkookresowego spadku odpływu.

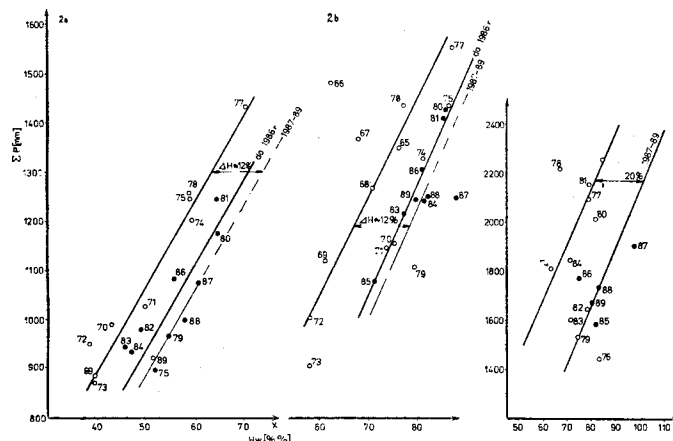
W przypadku odpływów minimalnych Kwisy, wg krzywych sumowych kumulowanych $Q_{\min}$ i sum opadów z 30 dni przed wystąpieniem $Q_{\min}$, zmniejszone odpływy występowały do roku 1978, po czym obserwowana jest tendencja wzrostowa.

W Zachodnich Karkonoszach w strefie powyżej 850 m n.p.m. okres spadku odpływów minimalnych występuje w latach 1979÷1981, zaś w strefie poniżej 850 m n.p.m. w okresie 1978÷1983. Rozkład obniżonych odpływów w czasie ściśle koreluje z początkiem znacznej degradacji kompleksów leśnych i ich wyreębem. Jeśli wzrost odpływów minimalnych w Górach Izerskich rozpoczął się już w roku 1978, to w Zachodnich Karkonoszach w szczytowej partii gór w roku 1981, a poniżej 850 m n.p.m. w roku 1983. Zakłócenie dotychczasowego rytmu nastąpiło również w przypadku przepływów maksymalnych. Odpływy maksymalne Kwisy wyraźnie malały na przestrzeni 5 lat (1981÷1985), zaś rzeki Kamiennej — 3 lat (1981÷1983). Oznaczałoby to, że okres stabilizacji nowych warunków pokrycia i powierzchni zlewni został zakończony (rys. 1). Następuje wyraźna tendencja wzrostu odpływu. Przeprowadzone badania wzajemnego związku opadu i odpływu w przedziałach rocznych wykazały, że pomimo niedoboru opadu, okres 1982÷1988 charakteryzował się odpływami względnie wyższymi. Na przykład w Mirsku na Kwisie o 10÷12%, Kamiennej w Jakuszycach o 20% i Piechowicach o 12% (rys. 2).

Zmiane warunków odpływu na przestrzeni roku charakteryzuje przebieg średnich dobowych konsekwentnych opadu i odpływu z 6-lecia 1976÷1981 i 1984÷1989. Okres pierwszy obejmuje lata, kiedy obszar zlewni pokryty był drzewostanem świerkowym w 95%, a średnia roczna suma opadu dla tego okresu wynosiła 1534 mm i była o 108 mm wyższa od średniej wieloletniej (rys. 3). W drugim okresie obszar zlewni został wylesiony w 73%. Średnia roczna suma opadu dla tego okresu wynosiła 1379 mm i była o 57 mm niższa od średniej wieloletniej.



Rys. 1. Krzywe sumowe spływów max i opadów z 5 dni przed wystąpieniem Q_{max} w półroczu letnim dla zlewni trzech rzek o największych zmianach zalesienia

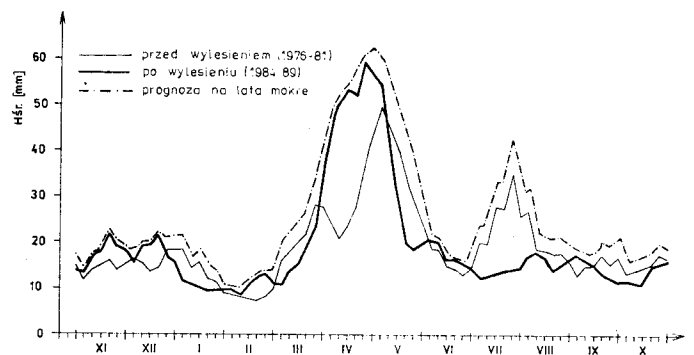


Rys. 2. (a) — Sumy roczne odpływu rzeki Kwisy w Mirsku w funkcji sumy rocznej opadu dla zlewni (ΔH — względna różnica w odpływie po okresie wylesień); (b) — Sumy roczne odpływu rzeki Kamiennej w Piechowicach w funkcji sumy rocznej opadu; (c) — Sumy roczne odpływu rzeki Kamiennej w Jakuszycach w funkcji sumy rocznej opadu

Pomimo generalnie niższych opadów w drugim okresie, zwłaszcza w letniej porze roku wartości odpływu, z wyjątkiem lipca, dla obydwu okresów były zbliżone i zdecydowanie wyższe w okresie wiosny, przy odpływie pochodzącym głównie z tajenia pokrywy śnieżnej (rys. 3). Obumieranie, a następnie wyrąb drzewostanów spowodował, że operacja słońca w okresie wiosny następuje bezpośrednio na pokrywę śnieżną. Brak lasu powoduje także znacznie większy ruch powietrza przy powierzchni śniegu. Doprowadzane świeże i ciepłe porcje powietrza unie-

możliwiają powstanie tzw. inwersji śniegowej, co powoduje przyspieszanie roztopów. W rezultacie początek roztopów jest o 2÷3 tygodnie wcześniejszy. Potwierdzeniem wzrostu odpływu na skutek wylesienia jest także przebieg roczny średnich 6-letnich konsekwentnych współczynników odpływu. Wielkości te w zdecydowanej większości na przestrzeni roku są wyższe dla okresu po wylesieniu [4, 5]. Podobny charakter przebiegu analogicznych krzywych uzyskano także dla gór Izerskich w dorzeczu Kwisy. Zważywszy fakt, że w okresie intensywnej degradacji środowiska leśnego, a także po jego zahamowaniu występował niedobór opadów, a lata 1982, 1983, 1985, a także 1987, 1988 i 1989 to lata suche, stwierdzone zmiany odpływu są sygnałem, że w przypadku opadów wyższych niż przeciętne będą one niewspółmiernie wyższe. Przykładem mogą być wyniki odpływów średnich dla fal powodziowych obserwowanych na górnej Kamiennej w Jakuszycach w latach 1976÷1980, 1981÷1985 i 1986÷1989. Analiza odpływu fal wezbraniowych wykazała, że przy opadach stosunkowo niskich, których sumy układają się w przedziale 30÷70 mm, fale wezbrań z lat 1981÷1985 i 1986÷1989, w stosunku do analogicznych danych z lat 1976÷1980, mimo takiej samej bądź zbliżonej wysokości opadu były niższe i stanowiły zaledwie 50÷65% ich wielkości. Tak wysokie straty opadu mogły być spowodowane z jednej strony ogromnymi możliwościami chłonnymi zlewni, ponieważ lata te przypadają na okres suszy; z drugiej zaś strony, niewątpliwie wpływ wywarło wylesienie drzewostanów i znaczne zwiększenie wentylacji zlewni, co spowodowało wzrost parowania z powierzchni gruntu przy jednocześnie zmniejszonym dodatkowym przychodzie wody z mgły. W szczytowej partii gór dodatkowy przychód wody z opadów poziomych określono średnio na 60% opadu mierzonego. W niektórych przypadkach wielkości te osiągały 200% [11]. Zjawisko przybiera inny charakter przy opadach o sumach 70÷100 mm i wyższych. Odpływ w stosunku do lat 1976÷1981 wzrasta od 10 do 14% [3, 4, 5]. Należy przypuszczać, że po osiągnięciu przez zlewnię stanu retencyjnej stabilizacji i wystąpieniu opadów wyższych wzrost objętości odpływu fal wezbraniowych osiągnie wielkości co najmniej dwukrotnie wyższe.

Wzrost objętości odpływu, w nowych warunkach pokrycia terenu i wilgotności zlewni, musi nieuchronnie prowadzić do zmiany kształtu fali i jej wysokości. Badania czasu trwania fali, na przykładzie wyników uzyskanych dla rzeki Kamiennej w

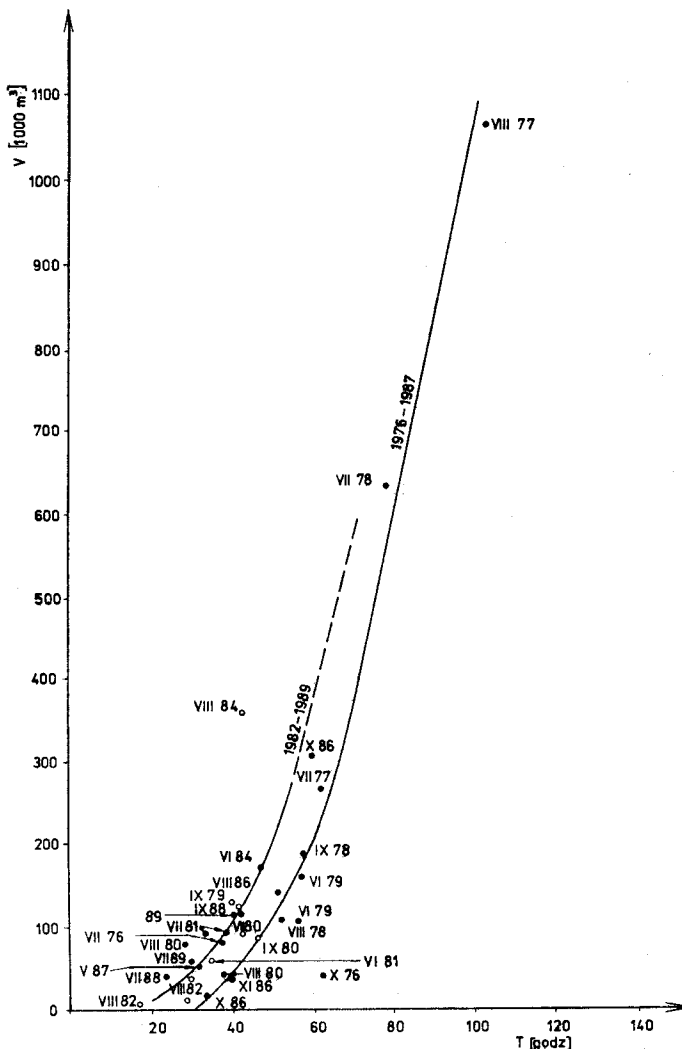


Rys. 3. Porównanie przebiegu 5-dniowych średnich (z 6 lat) konsekwentnych wartości odpływu ze zlewni górnej Kamiennej w Jakuszycach

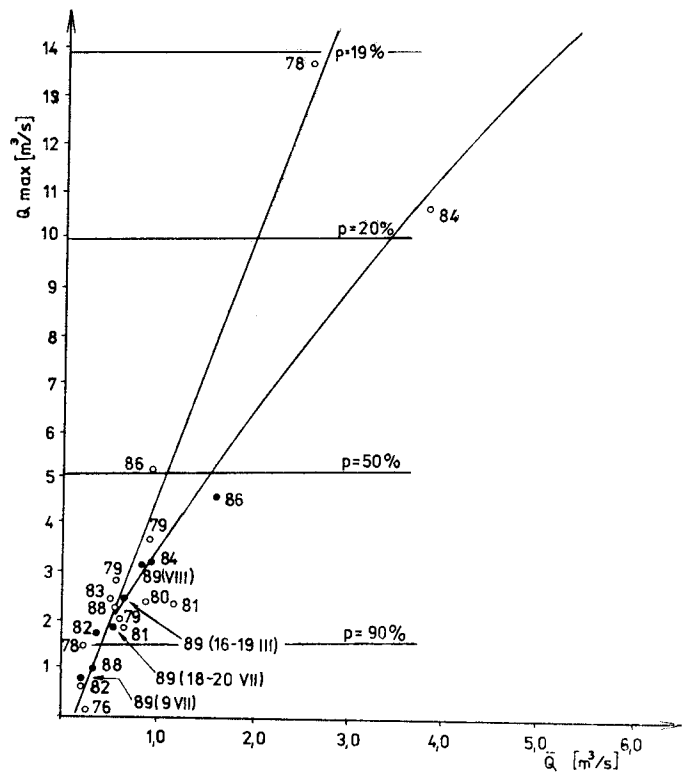
Jakuszykach w sposób jednoznaczny dowiodły, że ich podstawy z okresu 1982÷1989, o analogicznych objętościach jak w latach 1976÷1981, były krótsze przeciętnie o 10 godzin (rys. 4). W niektórych przypadkach skrócenie czasu trwania fali wynosiło 16 i 20 godzin.

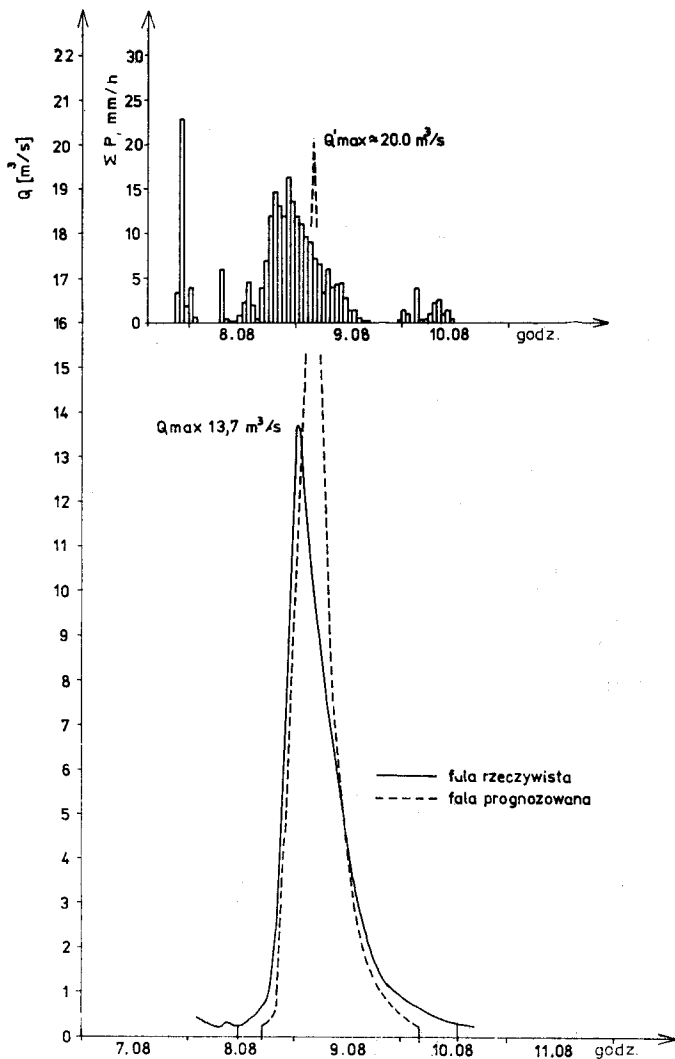
W następstwie tych zmian fale wezbrań stają się bardziej ostre, a kulminacje wyższe. Z posiadanych materiałów dla rzeki Górnej Kamiennej w Jakuszykach wynika, że kulminacje fal o analogicznych bądź zbliżonych objętościach z lat 1984÷1989 w stosunku do okresu 1976÷1980 były przeciętnie wyższe o 25,5%. Przedział przewyższenia był stosunkowo szeroki (13÷59%), przy czym kulminacje były tym wyższe im krótsza była ich podstawa. Skrócenie podstawy fali o godzinę powoduje wzrost jej kulminacji o ok. 3%.

Wraz ze wzrostem wysokości fali wzrasta gwałtowność zjawiska przyboru, co jest już wyraźne przy falach wezbraniowych o kulminacjach przekraczających prawdopodobieństwo $p = 80\%$ (rys. 5). Gwałtowność zjawiska wyraża się większą intensywnością przyboru wody, a jej wielkość wzrasta od 43% przy $Q_{\max}$ o $p = 50\%$, do 90% przy $Q_{\max}$ o $p = 10\%$. Zakładając wystąpienie kulminacji fali o $p = 1\%$, przeciętna intensywność przyboru w stosunku do analogicznej wielkości fali przy całkowitym pokryciu zlewni lasem wzrośnie o około 110%.



Rys. 4. Czas trwania fali w funkcji objętości odpływu powierzchniowego rzeki Kamiennej (Jakuszyce).





Rys. 6. Fala wezbraniowa z VIII 1978 r. oraz jej prognoza przy aktualnym stanie zalesienia

powiedzialnością odnieść do wszystkich rzek Sudetów Zachodnich. Wylesienie obszarów górskich spowoduje szereg istotnych zmian w zakresie:

- objętości odpływu, wysokości kulminacji i kształtu fali,
- wzrostu wysokości odpływów rocznych,
- przyspieszenia o ok. 2÷3 tygodnie początku roztopów i spływu wód pochodzących z pokrywy śnieżnej,
- wzrostu objętości fal roztopowych i ich kulminacji,
- wzrostu procesu erozji powierzchniowej, bocznej i wstecznej.

Wprowadzenie weryfikacji przedstawionych wyników i przyjętego modelu zmian stosunków wodnych tego obszaru następować będzie sukcesywnie w oparciu

o prowadzone systematyczne obserwacje i pomiary, tym niemniej należy już dziś przystąpić do weryfikacji projektów zabudowy rzek i potoków górskich, zarówno co do sposobu rozwiązań, jak i wielkości obiektów. Należałoby mieć na uwadze zabudowę przeciwrumowiskową i przeciwoerozyjną. Ponadto winna być przeprowadzona analiza zmiany terminów magazynowania i dystrybucji wody w zbiornikach retencyjnych oraz w instrukcjach ochrony przeciwpowodziowej.

Praca została wykonana w ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych nr 03.09 „Metody analizy i użytkowania zasobów wodnych”.

LITERATURA

1. A. BAUMGARTNER: Vaporization in forest. Proceedings of Int. Symp. of Forest Influences and Water Management, Moscow 1970, s. 70—92.
2. A. BORATYŃSKI, B. KONCA, J. ZIENTARSKI: Sudetckie bory górnoreglowe, Plagiothecio — Picetum hercynicum — warunki występowania, struktura zagrożenia przez zanieczyszczenia środowiska. Arboretum Kórnickie, rocznik XXXII — 1987.
3. A. DUBICKI i inni: Ocena zasobów wodnych w nie kontrolowanych zlewniach rzecznych Sudetów i Podgórze na podstawie badań w zlewniach reprezentatywnych. Sprawozd. z realiz. tem. Nb.RB.121.3.3.2, Wrocław 1982—1984 (nie publikowane).
4. A. DUBICKI: Minimalne zasoby wodne rzek Karkonoszy w funkcji parametrów fizycznych zlewni. Mat. XI konf. „Vliv imisi na vodni zdroje”, Praga 1984.
5. A. DUBICKI, Z. WOŹNIAK: Wpływ zmian zalesienia Karkonoszy na wielkość odpływu, Antropogenni změny přírodního a životního prostředí z hlediska bioklimatologie, Praga 1986.
6. R. GASPAR, P. ABAGIU: Cercetari privind rolul vegetatiei porestiere in reducerea scurgerii. Inst. de cercetare, proiectare si documentare silvica, Bucuresti 1974.
7. B. KONCA: Przyczyny i następstwa klęski ekologicznej w Sudetach Zachodnich. Rocznik Jeleniogórski XXVII. 1989.
8. J. KŘEČEK, V. KŘEČMER: Hydrologické aspekty premen lesů v důsledku působení imisi. Vod. Hospodář., rada A. 1980, č. 12, 1981, č. 3. s. 69—72.
9. J. KŘEČEK, J. PRETL, H. STECHLIKOVÁ: K určení změn vodnosti zalesených povodí Izerských Hor v důsledku působení průmyslových exhalátů Vodohosp. Čas č. 1. s. 3—18, 1982.
10. J. KŘEČEK, V. ZELENÝ: Effects of commercial forest logging upon streamflow processes. Proceedings of the Helsinki Symposium, 1980, IAHS — AISH Publ. No. 130. s. 105—114.
11. Z. WOŹNIAK: Próba określenia udziału wody i osadów w bilansie wodnym północnych stoków Karkonoszy. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1975 z. 162.
12. V. ZELENÝ: Vodohospodářský význam lesů na příkladu beskydských experimentálních povodí. Vedecké práce VULHM vo Zvolene, 1974, sv. 19.
13. Program zabudowy rzek i potoków górskich w rejonie zagrożenia ekologicznego w Sudetach Zachodnich. BPWM, Wrocław 1986.
14. Praca zbiorowa: Perspektywy gospodarki wodnej na Dolnym Śląsku. Mat. sesji nauk., PAN, Wrocław 1977.

CURRENT STATE AND FORECASTING OF ANTHROPOGENIC CHANGES IN THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE SUDETY RANGE

Investigations of the hydrological regime for the rivers and creeks of the Karkonosze and Izerskie Ridges (an area of ecological disaster) have revealed substantial discharge changes both quantitative and qualitative. Comparison of the discharge values at 95% afforestation of the catchment area

with those measured after deforestation leads to the following findings: a deforestation of 75% accounted for a 25% annual increase in discharge; at a deforestation of 55 to 65%, the annual increase in discharge varied from 12 to 15%. The current state of mountainous catchment areas is far from being stabilized. Forest damage (specifically the damage of spruce) continues to increase. The predicted discharge increase at altitudes over 700 m a.s.l. amounts to about 35% due to deforestation. The peak flow is expected to increase by approximately 150%.