

Zenon Woźniak

WPLYW ANTROPOGENNYCH WYLESIEŃ NA ODPLYW RZEK W SUDETACH ZACHODNICH

Zadaniem współczesnych badań hydrologicznych jest m.in. określenie wpływu działalności człowieka na zmiany naturalnego obiegu wody. Dane uzyskane z tych badań są konieczne do planowania zużycia i racjonalnego gospodarowania zasobami wody w danym regionie. Lasy, oprócz produkcji surowca drzewnego, mają także zasadniczy wpływ na reżim hydrologiczny.

Biogeocenozy leśne wyrównują przebieg odpływu w ciągu roku. Natomiast gleby leśne, ze względu na najwyższe zdolności infiltracyjne i filtracyjne w stosunku do innych rodzajów pokrycia terenu powodują, że zlewnie leśne są także głównymi obszarami „produkcji” wody dla celów komunalnych. Świerkowe lasy górskie opóźniają tajenie śniegu i zmniejszają tempo spływu wód roztopowych. W strefach okołogrzbietowych lasy te dostarczają dodatkowo znacznych ilości wody z osadów mglistych.

Proces stopniowego porażania, chorowania, a następnie obumierania świerków, pod wpływem długotrwałego oddziaływania antropogenicznych zanieczyszczeń powietrza, stał się od 1982 r. największą klęską jaka dotknęła drzewostany górskie Sudetów. Zjawisko to nie ogranicza się tylko do regionu Sudetów Zachodnich, gdzie osiągnęło największe natężenie (40÷75% powierzchni). Skutki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dymami przemysłowymi zaobserwowano już wcześniej w Rudawach na pograniczu RFN i CSRF oraz w Beskidach w regionie Ostrawy i w południowej części Gór Izerskich [13, 14]. Obecnie obszar klęski ekologicznej obejmuje również część Sudetów Wschodnich. Skutki tych masowych i wielkoobszarowych wylesień będą trwały najprawdopodobniej kilkadziesiąt lat. Prawdopodobnie skutki te nie ograniczą się do zmniejszenia powierzchni lasów i produkcji surowca drzewnego [12]. Negatywne następstwa jeszcze w większym zakresie ograniczają pozaprodukcyjne funkcje lasów, w tym najbardziej ekologiczną i wodochronną, które w ostatnim okresie nabierają coraz większego znaczenia [19].

Czynnikami antropogenicznymi są przede wszystkim zanieczyszczenia powietrza, wody i gleby, spowodowane ciągłym rozwojem przemysłu, energetyki oraz komunikacji samochodowej, zarówno w kraju, jak i w państwach sąsiednich. Zakłady przemysłowe i elektrownie, np. Elektrownia Turów, emitują do atmosfery bogaty zestaw toksycznych substancji, w tym olbrzymie ilości tlenków siarki (ok. 0,5 mln t/a), tlenki azotu i pyły zawierające metale ciężkie.

Przy istniejącym w Sudetach systemie anemograficznym, polskim elektrowniom „pomagała” elektrownie i zakłady przemysłowe z Czechosłowacji i

RFN. Niekiedy przy osiadaniu powietrza (w warunkach wyżu) docierają tu nawet zanieczyszczenia z Austrii i zachodnich terenów RFN. Osłabione fizycznie z powodu zatrucia i chore drzewostany zostały następnie zaatakowane przez szkodniki wtórne lasów świerkowych: wskaźnicę modrzewianeczkę i kornika drukarza [3, 11]. Wyrąb chorych i obumarłych drzew spowodował, że prawie całkowicie zalesione obszary w Sudetach są odsłaniane coraz bardziej, co powoduje w połączeniu z postępującą degradacją gleb, zasadniczą zmianę środowiska naturalnego w tym regionie. Problemy związane z obumieraniem lasów są szczegółowo przedstawione w dostępnej literaturze, zarówno światowej [1, 2, 15], jak i polskiej [3, 11, 19].

Teren i metodyka badań

Badania skutków antropogenicznych zanieczyszczeń powietrza na gospodarkę wodną w małych zlewniach są prowadzone od 1983 r. przez Zakład Badań Regionalnych IMGW we Wrocławiu. Badania trwają w kilkunastu zalesionych zlewniach Karkonoszy i Gór Izerskich. Ich powierzchnia obejmuje od 1,27 do 99,2 km² (rys. 1). W zlewniach tych zostało zniszczonych (tzw. drzewostany martwe) lub wyciętych w okresie od 1982 do 1988 r. od 20% do 70% dojrzałych drzewostanów świerkowych, rosnących na wysokości ponad 700 m n.p.m. Zasadnicze zmiany stanu zalesienia wystąpiły w okresie od 1983 do 1986 r. Rozpoczęcie obserwacji w czasie fazy największych zmian zalesienia i stosunkowo krótkie ciągi danych pomiarowych, tj. brak możliwości określenia zalecanych charakterystyk reżimu hydrologicznego przed rozpoczęciem wylesień [7], spowodowało konieczność prowadzenia badań na podstawie wyników ze zlewni posiadających dłuższe ciągi danych (tab. 1).

Część zanalizowanych i przedstawionych danych pochodzi z reprezentatywnej zlewni górnej Kamiennej w Jakuszycach, położonej przy wschodniej granicy Gór Izerskich. Od 1975 r. prowadzono tam pomiary podstawowych elementów hydrometeorologicznych. Na początku badań zlewnia była zalesiona w 95%, dominowały jednogatunkowe drzewostany świerkowe w wieku 40÷80 lat, z przewagą drzewostanów starszych, charakteryzujących się złym stanem zdrowotnym, małym zwarciem (0,5÷0,7), zmniejszoną masą koron i innymi cechami typowymi dla drzewostanów zdegradowanych.

Szczegółowa analiza danych hydrometeorologicznych wykazała, iż proces redukcji aparatu asymilacyjnego świerków rozpoczął się w 1977 roku, natomiast początek procesu wylesiania w latach 1979÷1981, zaś istotne zmiany powierzchni zalesionej nastąpiły dopiero od 1983 roku. Czynnikiem utrudniającym

ocenę zmian jest jednocześnie wystąpienie początku masowych wylesień i zasadniczej zmiany reżimu opadowego w kierunku zmniejszenia się intensywności

Tabela 1

Podstawowe dane morfologiczne, hydrometeorologiczne i statystyczne badanych zlewni

ZLEWNIA RZĘKI	KAMIENNA	JEDLICA	KAMIENNA
Profil pomiarowy	Jakuszyce	Kowary	Piechowice
Powierzchnia [km ²]	5,85	13,2	99,2
Zalesienie w 1975 r. [%]	95	70	85
Ubytek dojrzałych drzewostanów do 1988 r. [%]	70	20	50
Długość ciek [km]	3,5	6,0	18,4
Wysokość n.p.m. [m]			
max	1218	1050	1331
min	850	453	384
śr.	1002	751	820
Średnia roczna suma opadu z wielolecia [mm]			
1) 1961—1980	1393	1037	1249
2) 1976—1981	1383	1074	1250
3) 1976—1981	1614	1172	1357
4) 1982—1988	1338	898	1181
Różnica między 3) i 4)	276	274	176
Średni roczny odpływ H[mm]			
1976—1980	1382	1228	1140
1982—1988	1364	737	984
Piechowice 1969—1973			
Jakuszyce 1975—1979			
SQ ₀	3,90 mm/d	74,0	62,6 mm/mies.
1975—1979			
SQ ₁		93,9	95,7 mm/mies.
SQ _{1x}		85,0	78,2 mm/mies.
SQ ₁ —SQ _{1x}		106	210 mm/a
1984—1988			
SQ ₂	3,95 mm/d	60,5	83,3 mm/mies.
SQ _{2x}	3,56 mm/d	69,3	74,9 mm/mies.
SQ ₂ —SQ _{2x}	142 mm/a	—106	101 mm/a

ności i średnich rocznych sum opadu. Fakt powyższy ilustrują średnie roczne sumy opadu zestawione w tabeli 1.

Do analizy zmian reżimu hydrologicznego zastosowano metodę związku skumulowanych wartości opadu i odpływu oraz statystyczną analizę ciągów pomiarowych z okresów przed i po rozpoczęciu procesu nagłych wylesień, a także metodę analizy związku skumulowanych wartości odpływu pomiędzy badaną zlewnią silnie wylesioną a zlewnią kontrolną o niewielkim stopniu wylesień.

W zlewniach o krótkim okresie badań zastosowano dodatkowo metodę, pozwalającą na wyraźniejsze zaznaczenie zmian w reżimie odpływu. Odpływy minimalne i maksymalne pomniejszono o założoną wartość odpływu gruntowego Hgr (Hgr $\cong$ NNQ). Ze względu na duże fluktuacje w wielkości opadów, przy analizie statystycznej konieczne było obliczenie i analizowanie względnych, a nie rzeczywistych różnic w wielkości odpływu przed i po wylesieniu. Różnice ΔSQ były obliczane przy założeniu niezmienności związku pomiędzy średnią sumą opadu P i średnim odpływem SQ w danej zlewni wg wzoru:

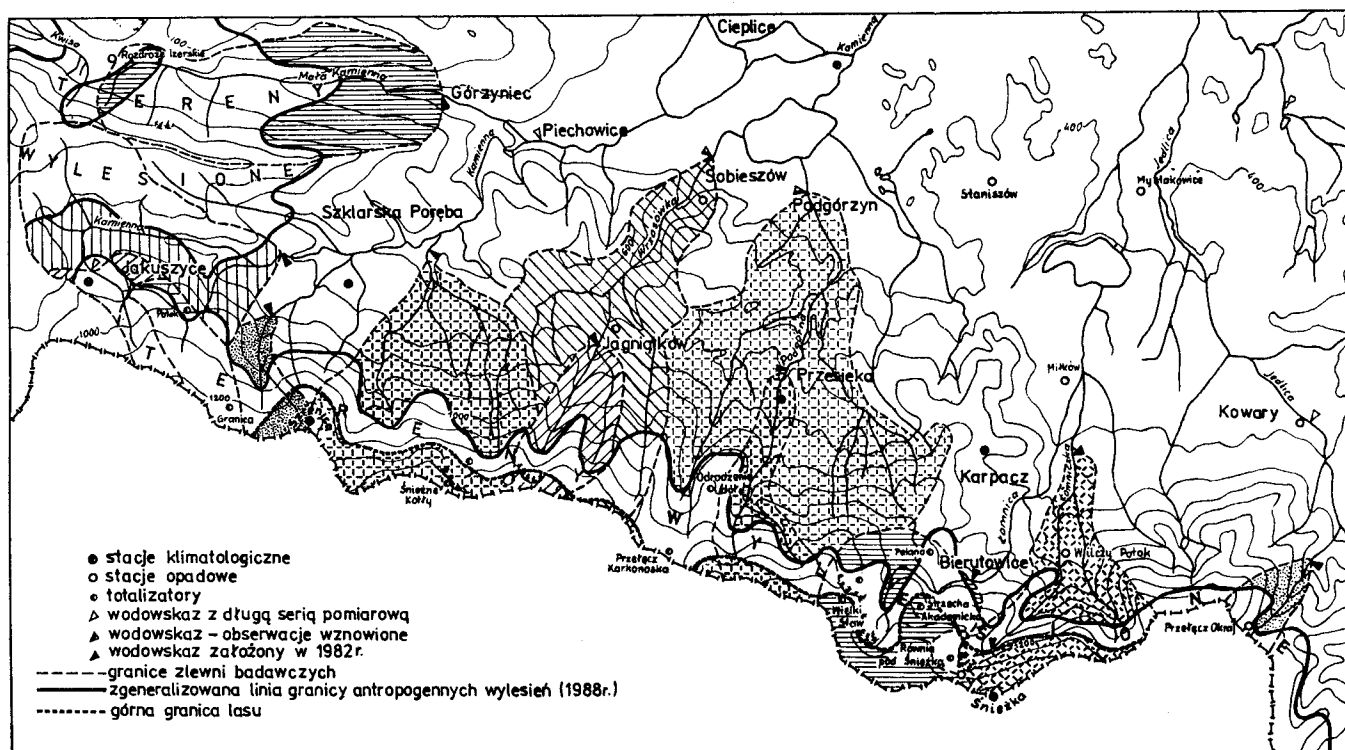
$$\Delta SQ_2 = SQ_{2x} - SQ_2 \quad (1)$$

oraz

$$SQ_{2x} = \frac{SQ_0 \cdot P_1}{P_0} \quad (2)$$

gdzie:

- SQ₂ — średni odpływ po wylesieniu (zmierzony),
- SQ_{2x} — średni odpływ po wylesieniu (obliczony),
- SQ₀ — średni odpływ przed wylesieniem (zmierzony),
- P₁ — średnia suma opadu po wylesieniu,
- P₀ — średnia suma opadu przed wylesieniem.



Rys. 1. Zlewnie badawcze w Karkonoszach

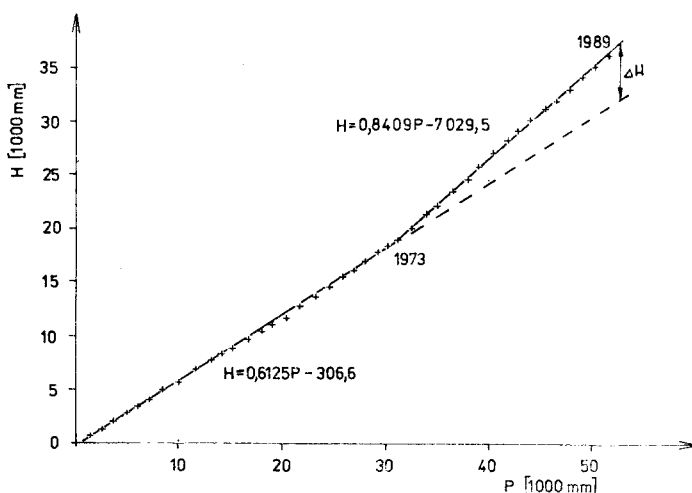
Powyższe obliczenia zweryfikowano przy pomocy związku regresji. Wyniki obliczeń statystycznych wykazały, iż w zlewniach wylesionych (powyżej 40% powierzchni leśnej) różnice są zgodne i istotne na poziomie ufności 95%.

Wyniki badań

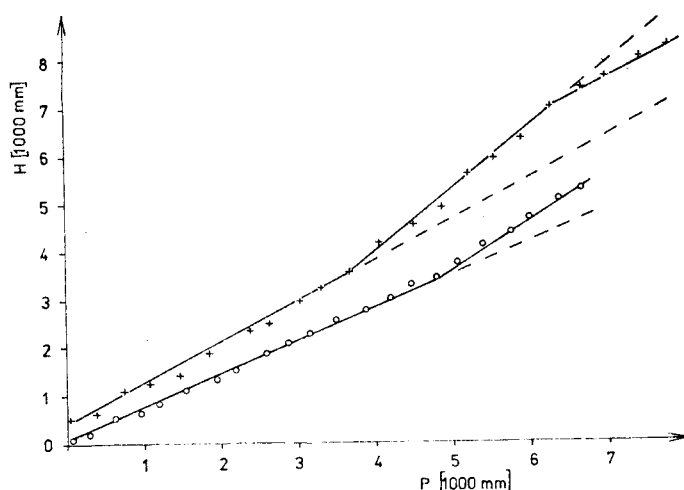
Większość analizowanych zlewni wykazała podobny przebieg zmian wielkości odpływu. Wyrażna zmiana trendu wystąpiła w latach 1979÷1981 (Góry Izerskie i Karkonosze Zachodnie) oraz 1985÷1986 w zlewniach, gdzie obserwacje odpływu rozpoczęto od 1983 r. Niektóre związki pomiędzy opadem i odpływem ilustrują rysunki 2÷7, a syntetyczne dane liczbowe zawiera tabela 1.

W zlewni górnej Kamiennej w Jakuszycach, położonej w strefie największego nasilenia zjawiska (ok. 75% wylesień), na wysokości od 850 do 1218 m n.p.m. obliczony względny wzrost odpływu (ΔSQ_2) wynosi ok. 150 mm/rok, tj. ponad 10% w stosunku do sumy opadu i ok. 14% w stosunku do wielkości odpływu. Zaobserwowany wzrost zaznacza się najwyraźniej w zakresie odpływów minimalnych i średnich, zaś w małym stopniu występuje przy odpływach średnich maksymalnych. W zlewni Kamiennej w Piechowicach (ok. 55% wylesień) względny wzrost odpływu, spowodowany wylesieniem w okresie po 1981 r., wynosi 100 do 120 mm w roku, z tym że tylko w zakresie odpływów minimalnych i średnich. W zlewni rzeki Jedlicy w Kowarach, gdzie proces wylesień był najmniej intensywny (do 20%) oraz rozłożony w długim czasie, nie obserwowano znaczących zmian trendu, a także zmian wielkości odpływu po 1981 roku.

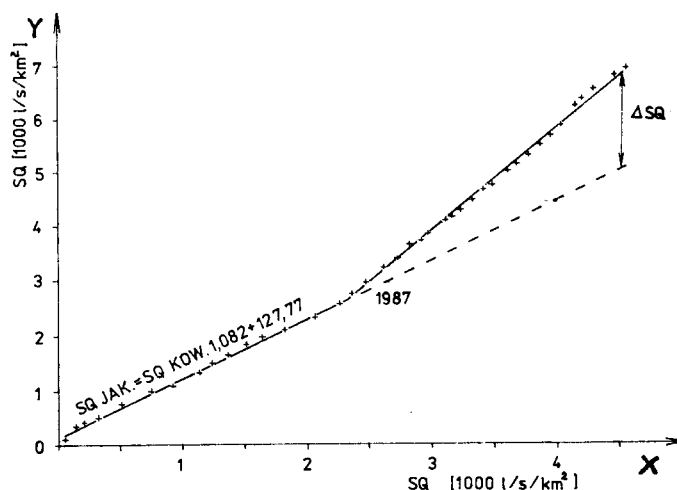
W zlewniach małych (do 10 km²) reakcja na wylesienie jest wyraźniejsza. Odpływy minimalne wzrastają po 1986 r. zarówno w bardziej wylesionej (ok. 40%) zlewni Podgórznej w Przesiecu, jak i mniej wylesionej (15÷20%) zlewni Wrzosówki w Jagniątkowie. W zlewni Podgórznej w Podgórzynie ($A = 37,9$ km²), która jest wylesiona tylko w swej górnej części (15÷20% całej powierzchni zlewni), nie można zaobserwować wyraźnego trendu zmian.



Rys. 2. Wykresy związku par skumulowanych sum rocznych odpływu i opadu ze zlewni rzeki Kamiennej w Piechowicach (1949–1989)



Rys. 3. Wykres związku par skumulowanych wartości średnich miesięcznych sum odpływu i opadu ze zlewni Łomnicka w Karpaczu (+) oraz Jedlica w Kowarach (O) (X.1982÷X.1989); na wykresie zaznaczony jest co czwarty miesiąc. H w Karpaczu powiększono dla pierwszego miesiąca o 500 mm



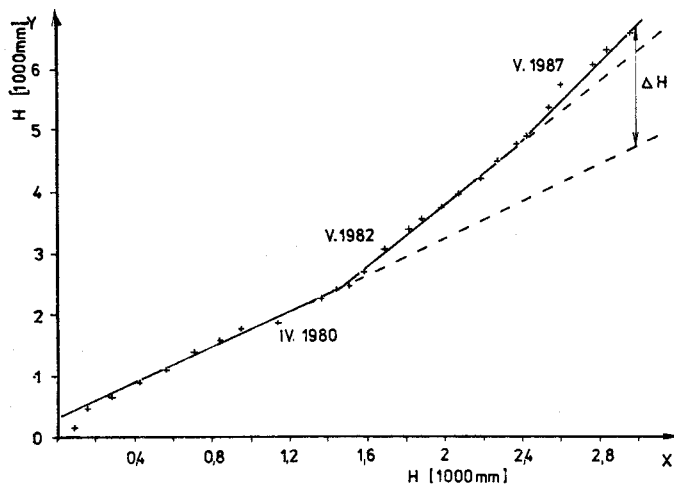
Rys. 4. Wykres związku par skumulowanych wartości średnich miesięcznych odpływów SQ dwu zlewni (1976–1988); (y — zlewnia rzeki Kamiennej w Jakuszycach, X — zlewnia rzeki Jedlicy w Kowarach)

Odpływy ekstremalne mają podobny trend zmian, co średnie maksymalne i minimalne. Wstępne próby określenia zakresu zmian innych składników obiegu wody wykazały, że nie występowały zmiany krótkookresowej retencji zlewni oraz, że analiza związku pomiędzy średnią sumą opadu z półrocza zimowego i wielkością odpływu wiosennego (IV i V) ujawnia względny wzrost wielkości odpływu od 1982 r. lub po 1985 r. (rys. 5) w zlewniach silnie wylesionych. Natomiast w zlewniach o niewielkim stopniu wylesień nastąpił względny spadek odpływu.

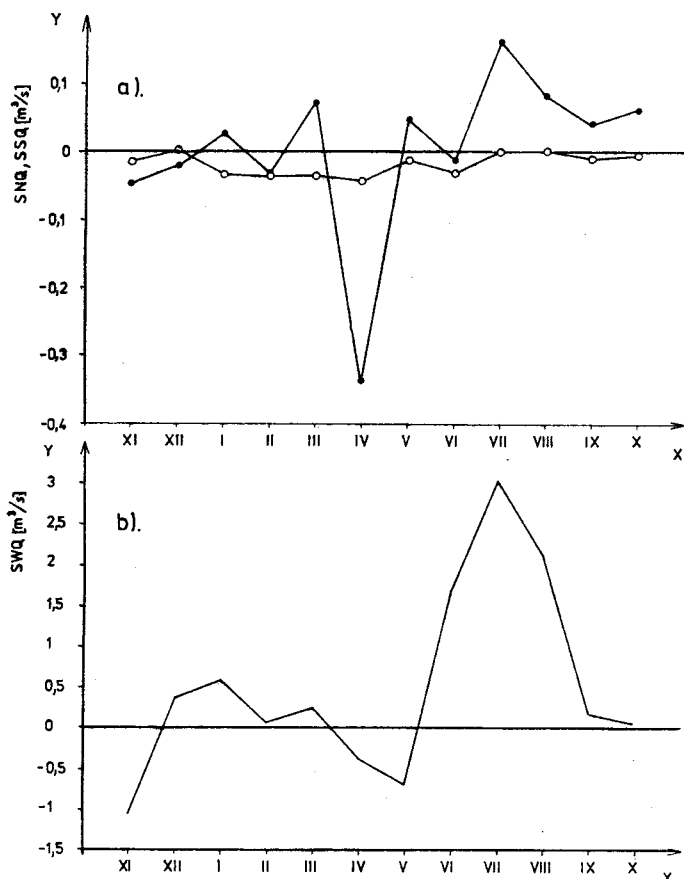
Analiza zmiany trendu i przebiegu zmian w wielkościach amplitud odpływów (maksymalnych i minimalnych) zlewni Kamiennej w Jakuszycach potwierdza fakt wystąpienia zmian w reżimie hydrologicznym po wylesieniu dużej części zlewni. Porównanie amplitud w kolejnych latach potwierdza również tezę o „zaciemnianiu obrazu zmian” przez czyn-

nik klimatyczny, jakim jest wystąpienie po 1981 r. wielu kolejnych suchych lat włącznie z rokiem hydrologicznym 1989.

Przebieg wartości różnic (rys. 6) pomiędzy średnimi miesięcznymi odpływami z okresu przed wylesieniem (1976÷1981) oraz po wylesieniu (1983÷1988)



Rys. 5. Wykres związku sum miesięcznych wartości odpływu dwóch zlewni w okresie spływu wiosennego (IV—V) dla lat 1976—1989 (y — zlewnia rzeki Kamiennej w Jakuszytach, x — zlewnia rzeki Jedlicy w Kowarach)



Rys. 6. Rzeka Kamienna w Jakuszytach: różnice średnich (z 6 lat) miesięcznych przepływów charakterystycznych pomiędzy okresem przed wylesieniem (1976—1981) i po wylesieniu (1983—1988); a) — przepływy minimalne SNQ (○) i średnie SSQ (●), b) — przepływy maksymalne SWQ

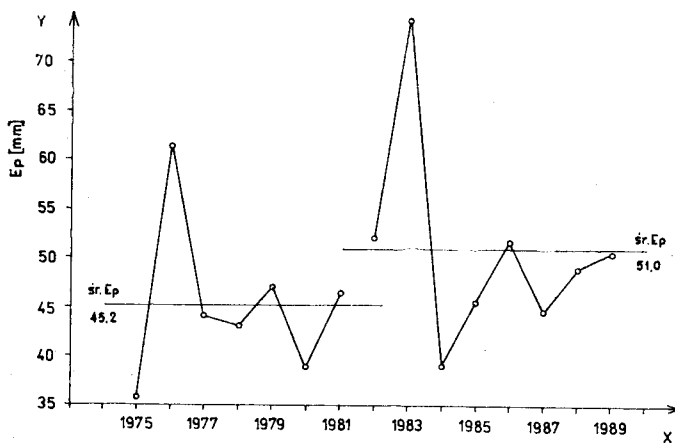
wskazuje, które składniki odpływu i jakie pory roku decydują o zwiększeniu się względnej wielkości całkowitego odpływu. Zwiększone są przede wszystkim odpływy w okresie topnienia śniegu (kwiecień÷maj) oraz odpływy średnie minimalne w listopadzie i od stycznia do czerwca. Natomiast zmniejszenie się średnich odpływów maksymalnych i częściowo średnich (SSQ) w okresie 1983÷1988 jest spowodowane głównie wyższymi sumami opadów letnich w okresie przed wylesieniem (tab. 1). Porównanie odpływów średnich z 6 lat z dwu zlewni o zbliżonej wielkości, położonych obok siebie i różniących się tylko stopniem wylesienia wskazuje, że w bardziej wylesionej zlewni Podgórznej przebieg odpływu w ciągu roku kształtuje się nieco inaczej niż w słabo wylesionej zlewni Wrzosówki.

Przegląd danych z 6 badanych małych zlewni (od 1983 r. 15÷60% wylesień) wykazał w większości z nich zmianę trendu w wielkości odpływu w latach 1985÷1986. Trend ten w zlewniach o niewielkim stopniu wylesienia ma niekiedy kierunek odwrotny do obserwowanego w Jakuszytach. Jednak zmiany w wielkościach odpływu są stosunkowo niewielkie. Zastrzegając się, że okres 5÷6 lat jest zbyt krótki do sformułowania jednoznacznych wniosków, można ten fakt wyjaśnić następującymi czynnikami:

- położeniem dolnych części tych zlewni w niższych strefach wysokości (550÷700 m n.p.m.) oraz w dolinach, gdzie zachowały się jeszcze względnie zdrowe drzewostany,
- lepszym stanem zdrowotnym lasów w części dolnej badanych zlewni jest również wynikiem pozostawiania ich w „cieniu” głównego grzbietu Karkonoszy, co zmniejsza bezpośrednią intercepcję zanieczyszczeń z powietrza oraz z opadów i osadów,
- zaawansowanie procesu wylesień oraz zmniejszenie zdolności infiltracyjnych gleb nie osiągnęło w tych zlewniach punktu krytycznego,
- w zlewniach wylesionych tylko w swej górnej części mogło nastąpić jednoczesne zmniejszenie przychodu wody w wyniku ubytku powierzchni czynnej, na której przed wyginieniem drzew powstawał dodatkowy przychód z osadów mglistych [18].

Względne zwiększenie odpływu z badanych zlewni, w okresie po wylesieniu, można przypisać głównie zmniejszeniu się strat w okresie wegetacyjnym na transpirację drzew. Transpiracja dla drzewostanu świerkowego tej klasy bonitacji i wieku może wynosić od 178 do 250 mm/rok. Po wylesieniu, zmniejszają się również straty na intercepcję, szczególnie wody z opadów w postaci śniegu i osadów. Należy zaznaczyć, iż część wody (ok. 30%), nie wyparowanej przez wycięty las, została zużyta na zwiększoną transpirację i intercepcję traw i innej niskiej roślinności. Dodatkowym potwierdzeniem wniosku, że zwiększenie odpływu ze zlewni wylesionych jest spowodowane tylko tym czynnikiem, są wykresy przebiegu średnich wartości wskaźnika parowania potencjalnego E_p (rys. 7).

Średnia wielkość tego wskaźnika jest wyraźnie wyższa w okresie po wylesieniu, co nie jest zgodne ze zwiększeniem odpływu, ponieważ w takim okresie straty powinny być wyższe, a odpływ zmniejszony.



Rys. 7. Przebieg średnich miesięcznych wartości wskaźnika parowania potencjalnego E_p w miesiącach V—X w poszczególnych latach okresu przed wylesieniem i po wylesieniu; (rzeka Kamienna w Jakuszycah)

Z dużym prawdopodobieństwem można twierdzić, że gdyby po wylesieniu wystąpiły lata chłodne i bogate w opady, to zwiększenie odpływu byłoby bardziej wyraźne.

Podsumowanie

Dotychczasowe wyniki badań nie potwierdzają katastroficznych przewidywań, co do wpływu antropogennych wylesień w Sudetach na ilościowe charakterystyki odpływu, szczególnie na odpływy powodziowe. Jednak należy założyć możliwość pojawienia się przewidywanych skutków już w najbliższej przyszłości — jeżeli wystąpią lata mokre o intensywnych opadach.

Analiza przebiegu procesu wylesień oraz towarzyszących im warunków wskazuje na kilka jednocześnie występujących możliwych przyczyn osłabionej reakcji zlewni:

- w okresie badań nie było najbardziej intensywnych opadów oraz towarzyszących im wielkich wezbrań,
- drzewostany, które dotychczas zachowały się w dolnym biegu potoków i w dolinach rzek, częściowo modyfikują skutki wylesień w wyżej położonych partiach zlewni,
- duża bezwładność gleb leśnych, tj. spóźniona o kilka lat ich reakcja na zmianę warunków spowodowaną wylesieniami (dotyczy to zlewni obserwowanych od 1983 r.),
- przejęcia części funkcji lasu przez szybko i bujnie rozwijające się trawy i inną niską roślinność na odsłoniętej przez drzewa glebie.

Otrzymane wyniki korespondują z innymi rezultatami badań [6, 9, 13, 14], w których zwrócono uwagę, że reakcja systemu hydrologicznego zlewni na nagłą redukcję powierzchni zalesionych ma nieustalony charakter i jest trudna do ilościowej i jakościowej oceny. Obliczone względne wielkości antropogenicznego wzrostu odpływu w Sudetach i jego rozkład w czasie, a także bezpośrednie przyczyny zmian znajdują liczbowe potwierdzenie, np. w wynikach uzyskanych w Czechosłowacji [13, 14] oraz

w Kanadzie i USA [5, 10, 16, 17]. W badaniach nad skutkami wycięcia ok. 30% lasu ze zlewni o powierzchni 33,9 km² (Camp Creek) stwierdzono zwiększenie średniego oraz maksymalnego rocznego odpływu o 21%, a także przyspieszenie daty wiosennego maksimum o 13 dni [5]. Inne badania w tym samym regionie wykazały, że wycięcie 19,2% lasu na jednej z porównywanych zlewni nie spowodowało zauważalnych zmian w wielkości i rozkładzie odpływu w ciągu roku [8].

Powszechnie sądzi się, że wyników tych badań nie można uogólniać i odnosić do innych terenów, ponieważ obliczenia i wnioski są ważne tylko dla określonego obszaru i konkretnych warunków klimatycznych. Jednak istnieje duże realne zagrożenie dla jakości wody płynącej z terenów, gdzie w wyniku degradacji gleby giną lasy. Degradacja gleb jest mniej widoczna, lecz bardziej niebezpieczna dla przyszłego bytu społeczeństwa [4]. Skutki szkód, jakie może wyrządzić postępujące zakwaszenie gleb oraz akumulacja trujących substancji, szczególnie metali ciężkich, będą trwałe przez pokolenia. Po przeniknięciu tych substancji w głąb profilu glebowego i do warstw wodonośnych znacznie się gwałtownie obniża jakość wody. Woda ta już nie nadaje się do picia bez uzdatnienia. Jeżeli emisja szkodliwych substancji przez przemysł nie zostanie zahamowana, to za kilka lat woda płynąca z regionów klęski ekologicznej nie będzie się nadawała do wykorzystywania również przez przemysł i rolnictwo, bez specjalnego uzdatniania, o wiele bardziej skomplikowanego i kosztownego od stosowanego obecnie.

Wnioski

1. Stwierdzono i udokumentowano niewielki (10÷÷16%) względny wzrost odpływu, jako skutek wielkoobszarowych antropogennych wylesień.
2. Na zlewniach silnie wylesionych stwierdzono wcześniejsze rozpoczynanie się spływu wiosennego o 10 do 15 dni oraz zwiększenie roztopowego maksimum odpływu o ok. 30%.
3. Dolna granica reakcji zlewni na skutki wylesień, w warunkach sudeckich, wynosi ok. 20%. Przy wylesieniu powierzchni od 20 do 50% reakcja jest stosunkowo niewielka, zaś powyżej 50% wylesień trend wzrostu odpływu oraz wielkość różnicy są najbardziej wyraźne.
4. Hipoteza zakładająca, że odpływ ze zlewni mających duży przychód wody z osadów zmniejszy się po wylesieniu nie została w pełni potwierdzona.
5. Jeżeli w najbliższym okresie wystąpią lata bardziej mokre i chłodne, to należy spodziewać się dodatkowego wzrostu średniego odpływu ze zlewni wylesionych w granicach od 15 do 20%.
6. Wielkość i rozkład w czasie dodatkowego odpływu ze zlewni wylesionych są uzależnione od zmian wielkości intercepcji, transpiracji i od szybszego topnienia śniegu na wiosnę.

LITERATURA

1. AIR POLLUTION, acid rain and the environment. Ed. by K. MELANBY, Rap. No 18, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.
2. ATMOSPHERIC POLLUTION, Ed. by E. E. PICKET, Hemisphere Publ. Corp. Berlin, New York, London, Tokio 1987.
3. A. BORATYŃSKI, B. KONCA, J. ZIENTARSKI: Sudeckie bory górnośląskie, Plagiothecio-Piceetum hercynicum — warunki występowania, struktura, zagrożenia przez zanieczyszczenia środowiska. Arboretum Kórnickie R. XXXII, 1987, s. 163—205, Wyd. PAN.
4. H. M. BRECHTEL: Gefährdung des Bodens und Gewässer durch Eintrag von Luftschadstoffen. „Forst und Holz“ 43 Jahrg, H. Nr 12 25 Juni. 1988 Verlag M. und H. Schaper.
5. J. D. CHENG: Streamflow changes after clear-cut logging of a Pine Beetle — invaded watershed in Southern British Columbia, Canada. Water Resources Res., Vol. 25, No 3, March 1989, p. 449—456.
6. F. GARCZYŃSKI: Effect of percentage forest cover on the hydrological regime in three regions of the USA. Proceedings of the Helsinki Symposium, 1980. IAHS-AISH Publ., No, 130, p. 67—73.
7. D. L. GOLDING: Calibration methods for detecting changes in streamflow quantity and regime. Proceedings of the Helsinki Symposium, 1980, IAHS-AISH. No. 130, p. 3, 7.
8. L. GOLDING DOUGLAS: Changes in streamflow peaks following timber harvest of a coastal British Columbia watershed. IAHS Publ. 1987, No 167, p. 509—517.
9. G. HOLECEK: Determination of the effects of basin manipulation by means of multiple regression analyses. Proceedings of the Helsinki Symposium, 1980, IAHS-AISH, No. 130, p. 9—14.
10. K. BEVEN: Changing ideas in hydrology — the case of physically — based models. Journ. of Hydrology, 105 (1989), p. 157—172.
11. B. KONCA: Przyczyny i następstwa klęski ekologicznej w Sudetach Zachodnich. Rocznik Jeleniogórski R. XXVII, 1989, Wyd. Tow. Przyjaciół Jeleniej Góry, s. 51—72.
12. V. KREČMER, J. KŘEČEK, J. ŘIHA: Obhospodařování lesů pramenných oblasti jako součást (subsystém) vodohospodářské soustavy. Vodohospodářský časopis, 30, č. 3, 1982.
13. J. KREČEK, J. PRETL, H. STEHLIKOVÁ: Kurčeni změn vodnosti zalesněných povodí Izerských Hor v důsledku působení průmyslových exhalátů. Vodohosp. Cas. Roc., 30, 1982, č. 1, s. 3—18.
14. J. KREČEK, V. ZELENÝ: Effects of commercial forest logging upon streamflow processes. Proceedings of the Helsinki Symposium, 1980, IAHS-AISH Publ. No 130, p. 105—114.
15. B. NIHLGARD: The ammonium hypothesis — an additional explanation to the forest dieback in Europe. AMBIO, Vol. 14, p. 2—8, 1985.
16. S. W. TRIMBLE, F. H. WEIRICH, B. HOAG: Reforestation and the reduction of water yield on the Southern Piedmont since 1940. Water Resources Res., Vol. 23 No 3, March 1987, p. 425—437.
17. C. A. TROENDLE, R. M. KING: The effect of partial and clearcutting on streamflow at Deadhorse Creek, Colorado, Journ. of Hydrology, 90 (1987), p. 145—157.
18. Z. WOŹNIAK: Próba określenia udziału wody z osadów w bilansie wodnym północnych Karkonoszy. Zeszyty Problematyki Postępów Nauk Rolniczych, 1975, z. 162, s. 311—327.
19. Z. WOŹNIAK: Widoczne i ukryte skutki klęski ekologicznej lasów świerkowych w Sudetach. Mat. Sesji Nauk. PTG „Meteorologia i Hydrologia a Ochrona Środowiska”, Przesieka 25—28.09.1990, s. 141—147.

CONTRIBUTION OF ANTHROPOGENIC DEFORESTATION TO RIVER FLOW IN THE WESTERN PART OF THE SUDETY RANGE

The response of the hydrological system to a rapid deforestation (from 20 to 75%) is analyzed. Hydrometeorological observation and comparison of data sets have led to the

following findings: minimum and average discharges have increased by 10 to 15%; vernal discharge sets on from 10 to 16 days earlier than usual; maximum thaw discharge has increased by some 30%. The predicted increase in the discharge from catchments with rapid deforestation ranges from 15 to 20% for periods with the occurrence of wet and cool years, or at heavy rainfalls.