

Halina Florczyk-Gołowin

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNO-HYDROLOGICZNYCH NA WIELKOŚĆ ODPIYU SUBSTANCJI BIOGENNYCH ZE ZLEWNI GÓRSKICH I PODGÓRSKICH

Obciążenie wód związkami biogennymi, pochodzącymi ze źródeł obszarowych, stanowi obecnie poważne zagrożenie dla wód powierzchniowych, a w szczególności dla wód stojących. Zagrożenie to jest tym większe, że graniczne obciążenia fosforem i azotem dla tego typu wód są na ogół tak niskie, iż wyeliminowanie dopływu tych pierwiastków ze źródeł punktowych nie zabezpiecza jezior i zbiorników wodnych przed skutkami eutrofizacji, której nasilenie jest często wynikiem wzrastającego dopływu związków biogennych wyłącznie ze źródeł obszarowych. Stąd też znajomość współczynników jednostkowego odpływu związków biogennych ze zlewni oraz czynników warunkujących ich wielkość, jest nieodzowna przy programowaniu przedsięwzięć inwestycyjnych związanych głównie z ochroną wód retencjonowanych, dla których podstawą do sporządzania koncepcji ich ochrony jest bilans związków biogennych.

Dotychczasowe badania wykazały, że podstawowymi czynnikami warunkującymi wielkość odpływu substancji biogennych z obszarów o określonych warunkach topograficznych, podłożu i rodzaju gleb są: wielkość obciążenia ładunkiem analizowanej substancji oraz warunki meteorologiczno-hydrologiczne [1—4]. Podkreślany w wielu pracach wpływ warunków meteorologiczno-hydrologicznych na wielkość odpływu substancji biogennych, w przeciwieństwie do innych czynników rzutujących na wielkość odpływu tych substancji, nie został określony w sposób wymierny.

Zakres i metodyka badań

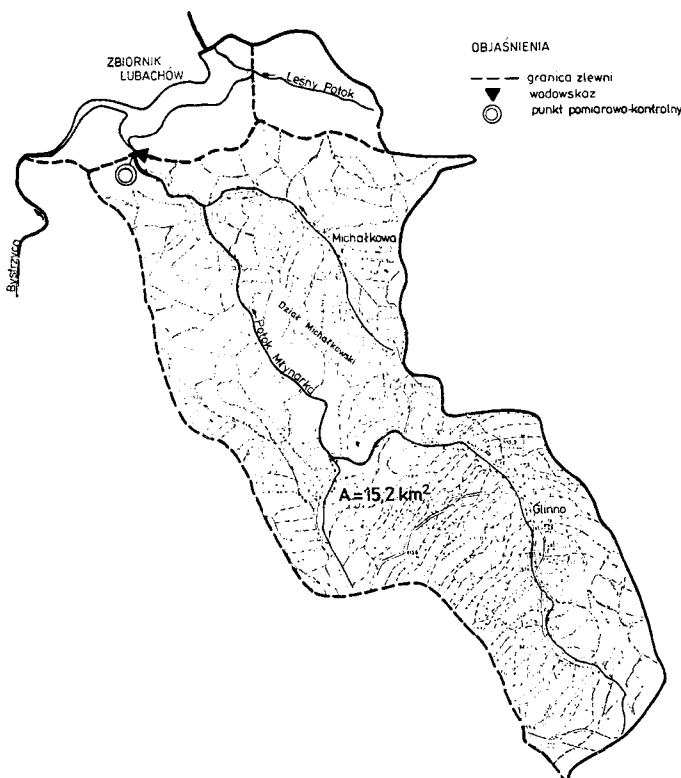
Ocenę wpływu warunków meteorologiczno-hydrologicznych na wielkość odpływu substancji biogennych określono na podstawie wyników bezpośrednich badań przeprowadzonych w czterech rocznych cyklach badawczych, którymi objęto: zlewnię charakterystyczną dla małych masywów górskich — potok Młynarka (dopływ do zbiornika Lubachów na rzece Bvstrzycy), na obszarze której użytki rolne zajmują 48% ogólnej powierzchni 15,2 km² oraz zlewnię rzeki Piasecznej (dopływ Skory w dorzeczu Kaczawy), reprezentatywną dla regionów podgórskich, w której wwodrebniono 5 zlewni czastkowych o powierzchni 1,62÷11,1 km² z udziałem użytków rolnych od 68 do 91%.

Zlewnia potoku Młynarka (rys. 1) położona jest w rejonie Gór Sowich i obejmuje tereny, których średnie wzniesienie wynosi 582 m n.p.m. Obszar zlewni zbudowany jest głównie ze zlepieńców gnejsowych i piaskowcowych. Miejsami w skałach tych występują młodsze żyły wulkaniczne kersantytów oraz porfirów felzytowych i kwarcowych. Dział Mi-

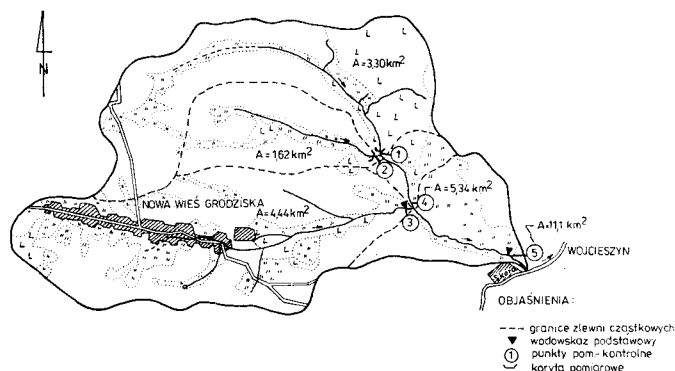
chałowski, zbudowany z gnejsów biotytowych i migmatycznych, charakteryzuje się stromymi wzgórzami. Terasę zalewową potoku Młynarka wypełniają żwiry i piaski, a zbocza pokryte są rumoszem skalnym pochodzenia gnejsowego.

Zlewnia rzeki Piasecznej (rys. 2) należy do zlewni podgórskich makroregionu Pogórza Zachodnio-Sudeckiego i północnej części mezoregionu Pogórza Kaczawskiego. Wysokości bezwzględne zlewni wynoszą od 205 do 325 m n.p.m. Dolinę Piasecznej należy zaliczyć do małych dolin o łagodnych zboczach. W podziale geologicznym zlewnia rzeki Piasecznej zajmuje południowo-wschodni kraniec niecki grodzieckiej. Pod względem tektonicznym tworzy niekę utworów cechsztyńskich, wypełnioną utworami triasowymi i kredowymi. Podłoże skalne zlewni stanowi zlepieńce permskie. Utwory powierzchniowe zbudowane są w 90% z lessów, przeszło 6% stanowi zlepieńce i piaskowce, a 4% to margle i wapienie.

Dla zlewni o ustalonej charakterystyce topograficznej, morfologicznej, hydrologicznej i hydrograficznej w oparciu o charakterystykę sposobu ich zagospodarowania sporządzono, dla poszczególnych cykli badawczych, bilans związków biogennych obciążających analizowane obszary. Ładunki podstawowych pierwiastków N, P, K i Ca wytwarzane i zużywane w rozpatrywanych zlewniach w wyniku obecności człowieka i prowadzonej przez niego dzia-



Rys. 1. Mapa poglądowa zlewni potoku Młynarka



Rys. 2. Mapa poglądowa zlewni rzeki Piasecznej

łałości gospodarczej, określono w oparciu o znajomość stanu zaludnienia, hodowli oraz wielkości wskaźnikowe podane w pracach [5-8]. Wielkości ładunków N, P, K i Ca wprowadzane w wyniku nawożenia mineralnego określono w oparciu o dane statystyczne ustalone dla poszczególnych zlewni, przy uwzględnieniu sposobu użytkowania i rodzaju upraw. Ładunki wprowadzane wraz z opadami atmosferycznymi (mokrymi i suchymi) ustalono na podstawie wyników bezpośrednich badań, jakie przeprowadzono na stacjach zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie obszarów objętych programem badawczym. Badania te polegały na poborze wód deszczowych, śniegu oraz opadającego pyłu z równoczesnym pomiarem wysokości opadów.

W przekrojach zamykających obszar zlewni potoku Młynarka oraz zlewnie cząstkowe wyodrębnione na rzece Piasecznej, równoległe z pomiarami natężenia przepływu i wysokości opadów pobierano codziennie próbki wody i utrwalano je $HgCl_2$. Badania nad zawartością związków biogenych w wodach wypływających z obszarów rozpatrywanych zlewni zgodnie z przyjętą metodą [9] prowadzone były poprzez analizę ich zawartości w próbkach średnio-okresowych, które tworzą z utrwalonych próbek codziennych zlewanych proporcjonalnie do natężenia przepływu. W próbkach okresowych — średnio-proporcjonalnych do natężenia przepływu oznaczano: fosfor całkowity, fosforany, azot całkowity, azot organiczny, azot amonowy, łącznie azot azotynowy i azotanowy, potas i wapń.

Na podstawie zgromadzonego materiału dla poszczególnych zlewni ustalono: wielkości odpływu wód oraz miesięczne i roczne wielkości odpływających ładunków substancji biogenych. Na podstawie rocznych ładunków substancji biogenych ustalono dla poszczególnych substancji wskaźniki jednostkowego odpływu wyrażone w $kg/ha \cdot a$. Dla potrzeb interpretacji uzyskanych wyników, opierając się na obserwacjach wysokości opadów atmosferycznych z wielolecia, dla stacji przyjętych za reprezentatywne dla obszarów zlewni objętych programem badawczym, ustalono wielkości opadów dla roku przeciętnego, suchego i mokrego oraz odpowiadające im wielkości rocznych odpływów wód z poszczególnych zlewni (tab. 1).

Wpływ warunków meteorologiczno-hydrologicznych na wielkość odpływu substancji biogenych z rozpatrywanych zlewni określono poprzez poszukiwanie zależności;

Tabela 1
Charakterystyczne warunki meteorologiczno-hydrologiczne dla obszarów badanych zlewni

Charakterystyka warunków meteorologiczno-hydrologicznych		potok Miły-narka	rzeka Piaseczna, zlewnie:				
			1	2	3	4	5
ROK SUCHY	wysokość opadu w mm	521	386				
	odpływ w mln m ³	1,54	0,130	0,058	0,372	0,200	0,389
ROK PRZECIĘTNY	wysokość opadu w mm	750	620				
	odpływ w mln m ³	8,09	0,208	0,106	0,524	0,338	0,696
ROK MOKRY	wysokość opadu w mm	1063	859				
	odpływ w mln m ³	15 15	0,533	0,618	2,62	1,14	3,54

- pomiędzy wysokością miesięcznych opadów, wielkością odpływu wód a odpowiadającymi im ładunkami substancji biogenych,
- pomiędzy wysokością rocznych opadów atmosferycznych, wielkościami rocznego odpływu wód a jednostkowymi współczynnikami wielkości odpływu tych substancji.

Przy ustalaniu tych zależności posługiwano się programem MBJZW [10], który z siedmiu zaprogramowanych postaci równań wybierał równanie najlepiej opisujące poszukiwaną korelację.

Dyskusja wyników badań

Wpływ warunków meteorologiczno-hydrologicznych na wielkość odpływu substancji biogenych z obszarów zlewni, których ogólną charakterystykę przedstawiono w tabeli 2, określono na podstawie czterech rocznych cykli badawczych przeprowadzonych w okresie lat 1981÷83 i lat 1986÷89.

Dla zlewni górskiej — potok Młynarka z przeprowadzonych rocznych cykli badawczych, jeden odpowiadał warunkom roku suchego, drugi był charakterystyczny dla lat posusznych, a pozostałe dwa zbliżone były do warunków roku przeciętnego. Podgórskie zlewnie cząstkowe rzeki Piasecznej objęte zostały programem, który dostarczył wyników dla roku zbliżonego do warunków roku suchego i mokrego, a dla dwóch cykli badawczych do roku przeciętnego. Otrzymane wielkości współczynników jednostkowego odpływu substancji biogenych (tab. 3) wykazały duży stopień zróżnicowania w odniesieniu do poszczególnych zlewni. Na stwierdzone zróżnicowanie, poza cechami indywidualnymi rozpatrywanych obszarów, wielkością ich powierzchniowego obciążenia substancjami biogenymi, wyraźny wpływ wywierały towarzyszące badaniom warunki meteorologiczno-hydrologiczne.

Analiza wpływu codziennych opadów i sumy opadów miesięcznych na wielkość odpływających ładunków substancji biogenych w odpowiadających interwałach czasowych nie wykazała ich bezpośredniego oddziaływania. Stwierdzono natomiast jednoznaczna zależność pomiędzy wielkością odpływu a wielkością prowadzonego ładunku, zarówno w odniesieniu do odpowiadających sobie wartości codziennych jak i miesięcznych. Tę zależność wykazującą wzrastającą wielkość prowadzonych ładunków wraz ze zwię-

kszającym się odpływem wód charakteryzowały wysokie współczynniki korelacji, które dla większości przypadków były wyższe od 0,90. Z określonych dla poszczególnych zależności cech charakteryzujących ich wiarygodność stwierdzono, że najwyższy stopień korelacji otrzymano dla zależności uzyskanych dla wapnia, potasu i związków azotowych, a najniższy dla zależności pomiędzy miesięcznymi ładunkami fosforu całkowitego a odpowiadającą im wielkością odpływu.

Istotną zależność pomiędzy wysokością opadów a wielkością odpływających ładunków otrzymano dla ich wartości rocznych, przy czym zależności pomiędzy współczynnikami jednostkowego odpływu substancji biogennych od wielkości rocznego odpływu wód były bardziej wiarygodne, co świadczy o tym, że na wielkość odpływu tych substancji poza obciążeniem powierzchniowym najistotniejszy wpływ wywiera intensywność procesu odpływu wód.

Zależności pomiędzy wielkościami jednostkowych wskaźników odpływu substancji biogennych wyrażonych w $\text{kg/h} \cdot \text{a}$ danego pierwiastka a wielkością rocznego odpływu wód stanowiły podstawę do ustalenia wartości tych współczynników dla roku: suchego, przeciętnego i mokrego. Charakter tych zależności dla dwóch głównych zlewni i podstawowych związków biogennych przedstawiono przykładowo na rysunkach 3 i 4.

Dla charakterystycznych warunków meteorologiczno-hydrologicznych w oparciu o te zależności ustalono wielkości współczynników jednostkowego od-

pływu: fosforu całkowitego, fosforanów, azotu (całkowitego, organicznego, mineralnego, amonowego, azotanowego) oraz dla potasu i wapnia (tab. 4).

Przyjmując wartości z roku przeciętnego jako poziom odniesienia ustalono wskaźniki relacji wielkości współczynników jednostkowego odpływu substancji biogennych dla roku suchego i mokrego. Stwierdzono, że dla badanych zlewni wskaźniki relacji dla roku suchego, w zależności od charakteru zlewni, dla fosforu całkowitego wynoszą $0,15 \div 0,83$, dla fosforanów $0,24 \div 0,83$, dla azotu całkowitego $0,15 \div 0,69$, dla azotu organicznego $0,14 \div 0,71$, dla azotu mineralnego $0,15 \div 0,70$, dla azotu azotanowego $0,20 \div 0,74$, dla azotu amonowego $0,03 \div 0,61$ oraz dla potasu $0,25 \div 0,83$ i wapnia $0,24 \div 0,84$. Dla roku mokrego ich relacja do wartości z roku przeciętnego wynosi: dla fosforu całkowitego $1,5 \div 61,3$, fosforanów $4,7 \div 41,2$, azotu całkowitego $1,9 \div 7,3$, azotu organicznego $1,9 \div 7,8$, azotu mineralnego $1,9 \div 8,7$, azotu azotanowego $1,9 \div 7,9$, azotu amonowego $2,0 \div 45,0$, potasu $1,8 \div 5,7$ i wapnia $1,7 \div 4,6$.

Najwyższy stopień zróżnicowania wartości jednostkowego odpływu substancji biogennych dla roku suchego, w stosunku do warunków meteorologiczno-hydrologicznych roku przeciętnego, charakteryzuje zlewnię górską, a w stosunku do roku mokrego — zlewnie regionu podgórskiego, przy czym ich wielkość zależna jest od stopnia rolniczego wykorzystania zlewni. Najwyższą rozbieżność wykazują zlewnie intensywnie użytkowane rolniczo o najwyższych spadkach terenu.

Tabela 2

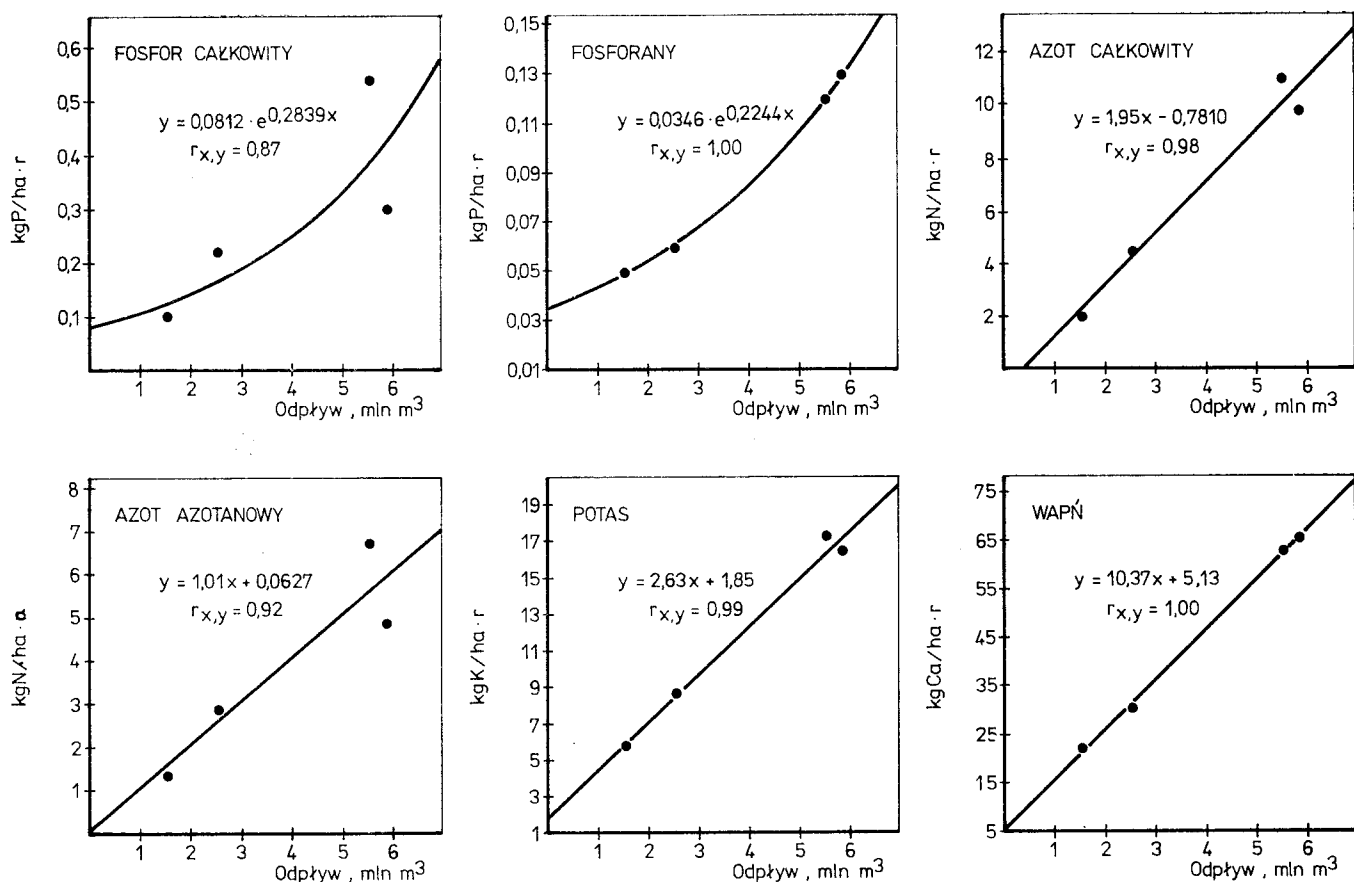
Ogólna charakterystyka badanych zlewni

Zlewnia	Powierzchnia zlewni [km^2]	Średni spadek zlewni [%]	Gęstość sieci rzecznej [km/km^2]	Dominujący typ gleb	Rodzaj użytkowania w % ogólnej powierzchni zlewni				Jednostkowe obciążenie zlewni związkami biogennymi [$\text{t/km}^2 \cdot \text{a}$]			
					Użytki rolne		lasy	tereny pozostałe	N	P	K	Ca
					grunty orne	użytki zielone						
potok MŁY-NARKA	15,2	31,0	0,94	gliniasto-pylaste głębokie i skaliste	22,4	25,7	45,0	6,9	7,5—9,9	1,0—1,1	2,5	32,7
rzeka PIASECZNA	1	3,30	14,0	0,82	53,0	15,2	27,3	4,5	10,3—15,4	5,9—7,0	9,0—9,8	11,3—14,1
	2	1,62	17,0	0,99	74,7	16,0	6,2	3,1	10,1—14,6	6,7—8,0	8,7—14,0	11,6—14,1
	3	4,44	22,0	1,55	59,0	24,3	7,7	9,0	24,7—27,8	8,3—9,2	15,1—16,5	10,8—14,1
	4	5,34	8,0	0,62	57,5	18,0	20,6	3,7	10,3—14,9	5,9—7,0	9,3—10,8	11,6—14,1
	5	11,10	3,0	0,95	57,6	23,1	13,0	6,3	16,8—21,6	6,9—8,1	12,0—13,7	11,6—14,0

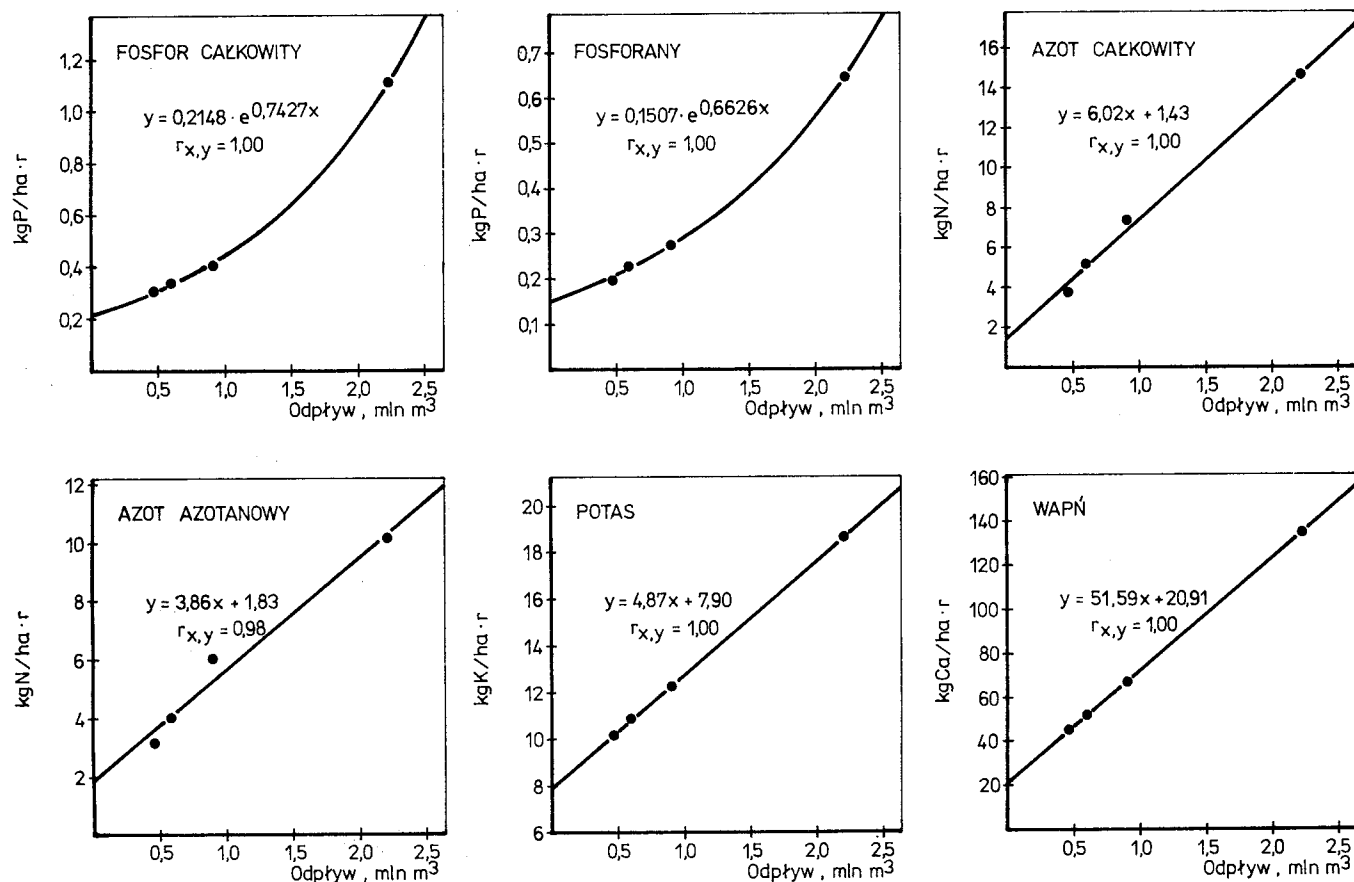
Tabela 3

Współczynniki jednostkowego odpływu substancji biogennych z badanych zlewni

Zlewnia	potok Miynarka	rzeka Piaseczna				
		1	2	3	4	5
Roczna wysokość opadów mm	523—673	431—791				
Roczny odpływ mln m^3	1,56—5,87	0,157—0,409	0,076—0,366	0,209—1,164	0,252—0,850	0,476—2,215
Fosfor całkowity kg P/ha·a	0,10—0,54	0,04—0,49	0,073—0,73	0,44—1,50	0,10—0,68	0,31—1,12
Fosforany kg P/ha·a	0,05—0,13	0,02—0,32	0,030—0,27	0,26—0,81	0,04—0,42	0,20—0,65
Azot całkowity kg N/ha·a	1,99—10,96	1,73—8,30	4,28—15,77	4,19—21,1	3,86—11,68	3,84—14,64
Azot organiczny kg N/ha·a	0,54—2,79	0,45—1,30	0,65—2,30	0,47—3,09	0,53—1,77	0,40—2,23
Azot mineralny kg N/ha·a	1,44—8,16	1,28—7,00	3,63—13,47	3,72—17,97	3,33—9,91	3,48—12,41
Azot amonowy kg N/ha·a	0,27—2,71	0,12—1,13	0,24—2,11	0,35—2,83	0,18—1,68	0,30—2,21
Azot azotanowy kg N/ha·a	1,35—6,77	1,16—5,87	3,39—11,36	3,37—15,14	3,15—8,23	3,18—10,20
Potas kg K/ha·a	5,8—17,3	1,59—2,91	2,3—11,1	15,8—44,1	2,9—6,1	10,2—18,7
Wapń kg Ca/ha·a	22,1—65,7	34,4—54,1	41,0—149,4	62,5—162,5	42,4—86,1	45,5—135,2



Rys. 3. Zależności pomiędzy współczynnikami jednostkowego odpływu substancji biogennych a wielkością odpływu wód ze zlewni potoku Młynarka



Rys. 4. Zależności pomiędzy współczynnikami jednostkowego odpływu substancji biogennych a wielkością odpływu wód ze zlewni rzeki Piasecznej

Tabela 4

Współczynniki jednostkowego odpływu substancji biogenych odniesione do charakterystycznych warunków meteorologiczno-hydrologicznych

Substancje biogenne	Zlewnia	Współczynniki jednostkowego odpływu [kg/ha·a] dla roku:		
		suchego	przeciętnego	mokrego
fosfor całkowity	Młynarka	0,100	0,660	1,600
	Piaseczna — 1	0,040	0,079	1,374
	— 2	0,061	0,090	5,520
	— 3	0,370	0,520	2,620
	— 4	0,100	0,120	1,730
	— 5	0,290	0,360	2,970
fosforany	Młynarka	0,050	0,210	1,040
	Piaseczna — 1	0,014	0,032	0,983
	— 2	0,029	0,041	1,690
	— 3	0,220	0,300	1,400
	— 4	0,030	0,050	1,250
	— 5	0,200	0,240	1,570
azot całkowity	Młynarka	2,20	15,00	28,60
	Piaseczna — 1	1,39	2,25	16,43
	— 2	4,05	5,90	25,60
	— 3	3,44	5,84	38,76
	— 4	3,33	5,12	15,50
	— 5	3,77	5,62	22,74
azot azotanowy	Młynarka	1,60	8,20	15,30
	Piaseczna — 1	0,92	1,50	11,78
	— 2	3,39	4,65	18,13
	— 3	3,00	4,65	27,43
	— 4	2,99	4,13	10,74
	— 5	3,33	4,52	15,50
potas	Młynarka	5,9	23,2	41,8
	Piaseczna — 1	1,5	1,8	3,9
	— 2	1,9	3,3	18,7
	— 3	14,1	18,2	74,0
	— 4	2,6	3,4	7,7
	— 5	9,8	11,3	25,2
wapń	Młynarka	21,1	89,0	162,3
	Piaseczna — 1	32,6	38,6	63,7
	— 2	34,8	52,7	243,3
	— 3	56,9	71,2	267,9
	— 4	38,7	48,7	107,3
	— 5	41,0	56,8	203,5

Otrzymane zróżnicowanie wielkości współczynników jednostkowego odpływu tych substancji, w zależności od warunków meteorologiczno-hydrologicznych wykazało, że wielkość odpływu ładunków związków biogenych ustalona z przypadkowego okresu badawczego nie jest wielkością adekwatną dla prac planistycznych i prognostycznych. Stwierdzenie to wskazuje na potrzebę określania współczynników jednostkowego odpływu substancji biogenych dla charakterystycznych dla danego obszaru warunków meteorologiczno-hydrologicznych, ze względu na ich znaczenie przy rozwiązywaniu zagadnień ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzącymi ze źródeł obszarowych.

Uzyskane wyniki wykazują, że znajomość wielkości współczynników jednostkowego odpływu substancji biogenych określonych dla roku suchego, powinna stanowić podstawę do prognozowania jakości wód odniesionej do przepływu miarodajnego. Wielkości współczynników jednostkowego odpływu związków biogenych ocenione dla roku przeciętnego powinny stanowić podstawę sporządzania ich bilansów, będących wyjściowym punktem technicznej koncepcji ochrony wód stojących. Wielkości współczynników dla roku mokrego powinny być przyjmowane do przewidywania najniekorzystniejszych skutków

eutrofizacji wód stojących. Znajomość tych trzech podstawowych wielkości umożliwia prognozowanie jakości wód przy dowolnych warunkach meteorologiczno-hydrologicznych.

Wnioski

1. Dla obszarów o stabilnym rodzaju i sposobie zagospodarowania, o nieznacznie zmieniającym się obciążeniu związkami biogenymi, na wielkość ich odpływu podstawowy wpływ mają warunki meteorologiczno-hydrologiczne.

2. Relacja wskaźników jednostkowego odpływu substancji biogenych określonych dla ekstremalnych warunków, w stosunku do warunków przeciętnych, wykazała znaczący wpływ warunków meteorologiczno-hydrologicznych na wielkość ładunków badanych związków wynoszonych z danego obszaru oraz konieczność ustalania ich wielkości dla roku suchego, przeciętnego i mokrego.

3. Straty związków biogenych dla rozpatrywanych obszarów w skali rocznej wynoszące dla fosforu $0,1 \div 5\%$, dla azotu $1,5 \div 11\%$, dla potasu $2 \div 70\%$ i wapnia $7 \div 70\%$, zależne są od warunków meteorologiczno-hydrologicznych i osiągają najwyższy poziom w latach mokrych.

4. Ustalone współczynniki jednostkowego odpływu substancji biogenych dla zlewni objętych programem badawczym, o określonej charakterystyce, rodzaju i sposobie zagospodarowania, mogą być stosowane przy sporządzaniu bilansu związków biogenych dla istniejących, względnie projektowanych zbiorników wodnych zlokalizowanych na obszarach o podobnej charakterystyce, jak również przyjmowane do prognozowania jakości wód.

5. Wykazana relacja wielkości współczynników jednostkowego odpływu substancji biogenych dla roku suchego i mokrego, w stosunku do warunków roku przeciętnego, może być z pewnym przybliżeniem przyjmowana dla obszarów nie posiadających jednoznacznie określonych współczynników jednostkowego odpływu substancji biogenych, odniesionych do charakterystycznych warunków meteorologiczno-hydrologicznych.

Praca została wykonana w ramach CPBP 03.09. „Metody analizy i użytkowania zasobów wodnych”.

LITERATURA

1. H. FLORCZYK: Unit loads of phosphorus and nitrogen discharged from the diffuse sources of the selected watersheds in Poland. Environment Protection Engineering. No 4, 1983.
2. H. BERNHARDT, I. CLASEN, E. A. NUSCH: Vergleichende Untersuchungen zur Ermittlung der Eutrophierungsvorgänge und ihrer Ursachen an Reiveris — und Wahnachtalsperre. Vom Wasser, 40, 1973.
3. I. M. OMERNIK: Nonpoint source — stream nutrient level relationships. Anationwide Study. EPA — 600/3, 1977.
4. R. TAYLOR, H. FLORCZYK, L. JAKUBOWSKA: Runoff nutrients from river watersheds used for agricultural purposes. Environment Protection Engineering, No 12, 1986.

5. H. LIEBMANN: Biological and chemical investigations on the effect of sewage — pipelines on the eutrophication of Bavarian Lakes. 5-th Int. Water Poll. Res. Conf., San Francisco, II-22, 1970.
6. R. A. VOLLENWEIDER: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen — und Fließgewässereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren. Bericht der OECD, Ref. Nr DAS (CSP), 68, 27, 1968.
7. A. HAMM: Zur Nährstoffbelastung von Gewässern aus diffusen Quellen: Flächenbezogene P — Abgaben — eine Ergebniss — und Literaturzusammenstellung. Z. f. Wasser — und Abwasser — Forschung, 9, 1, 1976.
8. K. ZAWADZKI: Badanie gleb podstawą racjonalnego nawożenia. Zagadnienie nawożenia organicznego w Polsce. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1969.
9. H. FLORCZYK: Analysis of the method for determining the load of nutrients discharged from the drainage area to surface water. Environment Protection Engineering, No 1, 1988.
10. A. R. KOROL, M. CZAPLINSKI: Model wspomaganie informacją komputerową decyzji w zakresie zasobów jakościowych wód powierzchniowych dla woj. jeleniogórskiego. IMGW — Wrocław, 1987 (nie publikowane).

CONTRIBUTION OF METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS TO THE DISCHARGE OF BIOGENIC SUBSTANCES FROM MOUNTAINOUS CATCHMENT AREAS

The loads of biogenic substances discharged from a mountainous catchment area were determined. Depending on the

hydro-meteorological conditions involved, the N, P, K, Ca loads discharged in a dry, wet or typical year were established. The biogenic substances loads determined via this route, as well as the relevant interrelations, are of utility in developing biogen substance balances for the water reservoirs under design and in water quality forecasting.