

## EUTROFIZACJA I ZANIECZYSZCZENIE WÓD POWIERZCHNIOWYCH

*Henryk Mańczak*

Instytut Kształtowania Środowiska, Oddział we Wrocławiu

### AKTUALNY STAN ZANIECZYSZCZENIA I EUTROFIZACJI WÓD POWIERZCHNIOWYCH KRAJU

Istniejący stan zanieczyszczenia płynących wód powierzchniowych Polski został określony na podstawie wyników pomiarów wykonanych w okresie 1971-1973 przy zastosowaniu metody statystycznej, opartej na zależnościach pomiędzy stężeniem danej substancji zanieczyszczającej i natężeniem przepływu oraz profilów hydrochemicznych rzek [25]. Klasyfikacją jakości wody objęto 143 rzeki kraju o łącznej długości 12 704 km, wykorzystując 94 900 obserwacji zgromadzonych w 1130 przekrojach pomiarowo-kontrolnych [16]. Wyniki klasyfikacji, obejmujące wskaźniki: biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT<sub>5</sub>), utlenialność, fenole, chlorki, siarczany, zawiesiny, związki rozpuszczone i azot amonowy przedstawiono w tabeli 1.

Sumaryczna długość odcinków rzek dość czystych, a więc zaliczonych do klas I i II, stanowi w okresie kampanijnym 55,6% ogólnej długości rzek kraju. Natomiast rzeki silnie zanieczyszczone — odpowiadające normatywom klasy III i nie odpowiadające tym normatywom — stanowią łącznie 44,4% ogólnej długości rzek. Długość odcinków rzek, na których w okresie trwania kampanii zostały przekroczone normatywy klasy III wynosi 26,4%.

Z porównania jakości wód poprzedniego okresu badań w czasie pozakampanijnym wynika, że zasięg wód klasy I zmniejszył się o 678,4 km, klasy II zwiększył się o 554,6 km, klasy III zmniejszył się o 44,2 km, a długość odcinków rzek o jakości wody nie odpowiadającej normatywom zwiększyła się o 168 km. Z powyższego wynika jednoznacznie, że trend pogarszania się jakości wód kraju utrzymuje się, co jest alarmujące!

Tabela 1

Wyniki klasyfikacji rzek kontrolowanych w latach 1971-1973 w okresie trwania kampanii przemysłu rolno-spożywczego

Klasa czystości wód	Sposób wykorzystania wód przynależnych danej klasie czystości	Długość rzek w km	Długość rzek w % ogólnej długości rzek kraju
I	wody przydatne do zaopatrzenia ludności, przemysłu spożywczego i do hodowli ryb łososiowatych	2979,2	23,4
II	wody przydatne do hodowli ryb niełososiowatych, zwierząt gospodarskich, organizowania kąpielisk i sportów wodnych	4093,1	32,2
III	wody przydatne do zaopatrzenia przemysłu i do nawodnienia terenów rolniczych		
N.O.N.	wody nie odpowiadające normatywom	3347,8	26,4
	Łącznie w kraju	12704,0	100,0

Stopień czystości wód jeziorowych nie jest systematycznie badany, gdyż kontrola jezior nie jest objęta zarządzeniami obowiązującymi w całym kraju. Badania prowadzą Ośrodki Badań i Kontroli Środowiska urzędów wojewódzkich w sposób sporadyczny w zależności od własnych potrzeb, Instytut Rybactwa Śródlądowego oraz inne instytucje w ramach realizacji własnych prac naukowo-badawczych.

Na przestrzeni lat 1969-1972 oceną stanu czystości objęto 75 jezior o łącznej pojemności 3080,153 mln m<sup>3</sup>, co stanowi około 10% ogólnej ilości wód jeziorowych kraju. Z klasyfikacji jakości tych wód, opartej na kryterium ich przydatności dla różnych zastosowań gospodarczych wynika, że 19% objętości wód przebadanych jezior nie odpowiada normatywom [32, 15].

Pod względem limnologicznym przebadano 73 jeziora, z których do poszczególnych klas należy:

- 6 jezior typu *a*-mezotroficznego,
- 13 jezior typu *b*-mezotroficznego,
- 34 jeziora typu eutroficznego,
- 20 jezior typu stawowego.

Z oceny tej wynika, że 54% ogólnej ilości przebadanych jezior posiada wody bardzo zanieczyszczone, eutroficzne i stawowe.

Do roku 1973 przebadano łącznie 93 jeziora, w tym 3 zbiorniki zaporowe: Soliński, Myczkowski i Zalew Zegrzyński [24]. Całkowita pojemność kontrolowanych jezior wyniosła 3206,613 mln m<sup>3</sup>, a ich powierzchnia 35 207 tys. ha.

Sumaryczna objętość wód dość czystych, przynależnych do klas I i II stanowi 53,9% ogólnej objętości kontrolowanych jezior, natomiast wody silnie zanieczyszczone stanowią 46,1% ogólnej pojemności jezior. Najbardziej zanieczyszczone jeziora o wodach III klasy czystości i wodach nie odpowiadających normatywom występują w województwach: bydgoskim, gdańskim, koszalińskim, olsztyńskim, szczecińskim, warszawskim i zielonogórskim.

Dodając do powyższej oceny powiększające się zanieczyszczenie zalewów Wiślanego i Szczecińskiego oraz Zatoki Gdańskiej, Puckiej i Pomorskiej, jak również wód morskich na odcinku od Gdańska do Świnoujścia dochodzi się do wniosku, że ochrona wód przed zanieczyszczeniem i eutrofizacją wybija się zdecydowanie na czoło wszystkich problemów objętych ochroną i kształtowaniem środowiska człowieka.

#### PROGNOZA STANU ŚRODOWISKA PRZY OBECNIE ZAMIERZONYM KIERUNKU I INTENSYFIKACJI GOSPODARKI ROLNICZO-LEŚNEJ

Wpływ rozwoju i intensyfikacji gospodarki rolniczej i leśnej na stan środowiska w perspektywie należy analizować pod kątem trzech podstawowych rodzajów zanieczyszczeń, tj. zanieczyszczeń punktowych, obszarowych i pasmowych.

#### ZANIECZYSZCZENIA PUNKTOWE

Pod pojęciem zanieczyszczeń punktowych rozumie się ścieki pochodzące z ośrodków miejskich, przemysłowych i wiejskich, tj. z zakładów przemysłu rolno-spożywczego, z wielkoprzemysłowych ferm hodowlanych, z tradycyjnych zagród i gospodarstw rolnych (indywidualnych), kombinatów rolnych, ośrodków maszynowych, stacji chemicznej ochrony roślin, wytwórni pasz i kiszzonek, lecznic weterynaryjnych itp. obiektów wyposażonych w sieć kanalizacyjną. Mieszczą się w tym pojęciu ścieki przemysłowe, domowe, tj. bytowo-gospodarcze, oraz ścieki deszczowe ujmowane kanalizacją rozdzielczą lub ogólnospławną.

Zanieczyszczenia powstające w tradycyjnej gospodarce rolnej (starego stylu), polegające na prowadzeniu w gospodarstwach mieszanej produkcji roślinnej i zwierzęcej, były i są z reguły wykorzystywane rolniczo na polach i łąkach tych gospodarstw. Wynikające z tej gospodarki

zagrożenie czystości wód podziemnych i powierzchniowych jest nieznaczne, z wyjątkiem przypadków odprowadzania fekalii i gnojówki do rowów, potoków i rzek.

Specjalizacja gospodarki rolnej w zakresie produkcji roślinnej i zwierzęcej bardzo znacznie zwiększa niebezpieczeństwo zanieczyszczenia naszych wód powierzchniowych i podziemnych. Zagrożenie to jest spowodowane głównie przemysłowymi fermami hodowlanymi, które produkują na stosunkowo małej powierzchni znaczne ilości zanieczyszczeń w postaci kału i moczu zwierzęcego.

### *Silosowanie paszy (wytwarzanie kiszonek)*

W Republice Federalnej Niemiec rocznie silosuje się 3,5 mln ton paszy, licząc w suchym stanie, z czego odpływa około 35% soków, licząc w stosunku do objętości świeżej masy [2]. Odcieki te łatwo zagniwają i posiadają BZT<sub>5</sub> od 50 000 do 74 000 mg O<sub>2</sub>/l. Podczas wytwarzania kiszonek w pierwszych trzech tygodniach silosowania powstaje 75-90% odcieków sokowych, co powoduje znaczne zanieczyszczenie obszarów rolnych, wód podziemnych i małych cieków powierzchniowych. W okresie wytwarzania kiszonek obserwuje się często śnięcia ryb w rzekach i potokach spowodowane nadmiernym odtlenieniem tych wód. Ilości odcieków sokowych i wielkość zanieczyszczeń w nich zawartych zależą od zawartości wody i rodzaju roślin używanych jako kisonki [1], co podano w tabeli 2.

Tabela 2

Charakterystyka odcieków sokowych z wytwarzania kiszonek

Rodzaj rośliny użytej na kisonkę	Ilość odcieków sokowych		Ilość zanieczyszczeń	
	w % objętości kisonki	w m <sup>3</sup> /ha	g BZT <sub>5</sub> /ha	RLM
Liście buraków cukrowych	35	10	648 000	12 000
Międzyplony	23	4	22 000	410
Kukurydza	35	4	22 000	410
Trawa i koniczyna	20	3	17 000	315

### *Odpady z produkcji zwierzęcej*

Odpady z produkcji zwierzęcej występują w postaci gnojówki, składającej się z kału i moczu, oraz w postaci obornika. Największe ilości tych odpadów występują w wielkoprzemysłowych fermach trzody,



bydła i kur. Znaczne zawartości substancji pożywkowych, tj. azotu i fosforu, znajdujące się w tych odpadach, są szczególnym zagrożeniem wód podziemnych i powierzchniowych.

W USA roczny ładunek zanieczyszczeń powstający z produkcji przemysłowej trzody, bydła i drobiu jest dziesięciokrotnie większy od ładunku zanieczyszczeń wytwarzanego przez ludność miejską całej Ameryki i stokrotnie większy od ładunku zanieczyszczeń wytwarzanych przez ludność wiejską.

### *Produkcja drobiu*

Obciążenie wód zanieczyszczeniem z przemysłowej produkcji drobiu wynika z niżej podanych przykładów. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu ( $BZT_5$ ) zanieczyszczeń, powstających w okresie 60-dobowej hodowli kaczki wynosi 132 g/sztukę, a dobowy ładunek zanieczyszczeń waha się w granicach 2-6 g  $BZT_5/dn \cdot$  sztukę, 1,6 g N/dn  $\cdot$  sztukę, 0,6 P/dn  $\cdot$  sztukę i 0,6 g K/dn  $\cdot$  sztukę [1]. Normatywy Republiki Federalnej Niemiec ustalone przez ATV [2] podają, że ilość ścieków pochodzących z fermy drobiu, przypadająca na jedną sztukę dużą, wynosi 70 l/dn<sub>1</sub>, a ładunek zanieczyszczeń wynosi 1500 g  $BZT_5$ /sztukę dużą, co odpowiada równoważnej liczbie mieszkańców równej 28.

### *Produkcja trzody chlewnej*

Ładunek zanieczyszczeń pochodzących z produkcji trzody chlewnej odpowiada RLM równej 3 [2]. Zawartość substancji pokarmowych, przypadająca na jedną sztukę, wynosi: 14,4 g N, 4,9 g P i 5,0 g K [2]. Wielkość  $BZT_5$  gnojowicy w dużym stopniu zależy od stanu jej świeżości, a mianowicie:

	$BZT_5$
gnojowica w stanie świeżym	27000-33 000 mg $O_2/l$
gnojowica po 10 tygodniach	5800 mg $O_2/l$
gnojowica po 3 miesiącach	6800 mg $O_2/l$ [2]

Normatywy ATV [1] podają, że ilość ścieków powstająca w hodowli tuczników wynosi 35 l/dn  $\cdot$  sztukę dużą, ładunek zanieczyszczeń = 750 g  $BZT_5/dn \cdot$  sztukę dużą, co odpowiada równoważnej liczbie mieszkańców = 14.

<sup>1</sup> Jedna sztuka duża odpowiada 300 szt. drobiu przy średniej ich wadze 1,7 kg [1].

### Produkcja bydła

Ładunek zanieczyszczeń wyrażony BZT<sub>5</sub>, wytworzony przez 1 sztukę bydła, wynosi 850 g O<sub>2</sub>/dn lub odpowiada RLM od 10 [2] do 15 [14]. Jednostkowa ilość ścieków wynosi 50 l/sztukę·dn, na co składa się po połowie mocz i kał zwierzęcy. Jednostkowy ładunek substancji biogenych wynosi 175 g N/szt·dn, 23 g P/szt·dn i 140 g K/szt·dn. BZT<sub>5</sub> gnojowicy zależy także od czasu jej magazynowania, a mianowicie:

świeża gnojowica bydlęca ma BZT <sub>5</sub>	=	3 000 mg O <sub>2</sub> /l
gnojowica po 3 miesiącach magazynowania ma BZT <sub>5</sub>	=	10 100 mg O <sub>2</sub> /l
gnojowica po 6 miesiącach magazynowania ma BZT <sub>5</sub>	=	18 000 mg O <sub>2</sub> /l

Normatywy ATV [1] podają, że ilość ścieków, przypadająca na jedną sztukę dużą<sup>2</sup>, w hodowli tradycyjnej przy wytwarzaniu obornika (gnojówki) w postaci stałej wynosi 30 l/dn, ładunek zanieczyszczeń jest równy 540 g BZT<sub>5</sub>/dn·sztukę bydła, co stanowi równoważną liczbę mieszkańców równą 10. W przypadku prowadzenia hodowli wytwarzającej obornik w postaci płynnej, tj. gnojowicę, wartości te wynoszą odpowiednio: 50 l/dn, 970 g BZT<sub>5</sub>/dn·sztukę oraz RLM = 18.

Tabela 3

Równoważne liczby mieszkańców z niektórych źródeł punktowych związanych z rozwojem i intensyfikacją rolnictwa

Rodzaj zanieczyszczeń	Jednostka	Równoważne liczby mieszkańców
Mleczarnia bez serowni	1000 l mleka	25—70
Mleczarnia z serownią	1000 l mleka	45—230
Rzeźnia	1 wół = 2,5 tuczniaka	65—180
	1 tona żywej wagi	130—400
Ferma bydła	1 szt.	5—10 (15)
Ferma trzody chlewnej	1 szt.	3
Ferma drobiu	1 szt.	0,12—0,25
Silos paszy	1 tona napełnienia silosu	4—11 RLM/dn.
	lub razem	200—650
Parownik ziemniaków	1 tona ziemniaków	25—50

<sup>2</sup> ATV [1] przyjmuje, że na jedną sztukę dużą przypada średnio 6 tuczniaków o wadze równej 60 kg każdy.

W tabeli 3 podano wielkości RLM źródeł zanieczyszczeń związanych z rozwojem i intensyfikacją rolnictwa ustalone przez Imhoffa [14]. Z danych zamieszczonych w tej tabeli łatwo można wyliczyć, że np. przemysłowa ferma bukatów, licząca 10 000 sztuk bydła, odpowiada pod względem powstających w niej zanieczyszczeń, przy  $RLM = 10$  i jednostkowym wskaźniku równym  $60 \text{ g BZT}_5/\text{M}\cdot\text{dn}$ , ściekom pochodzącym z miasta liczącego  $10\,000 \cdot 10 = 100\,000$  mieszkańców, w których dobowy ładunek  $\text{BZT}_5$  ścieków surowych wynosi:

$$(100\,000 \cdot 60) : 1000 = 6000 \text{ kg O}_2/\text{dn}.$$

Sumaryczny ładunek zanieczyszczeń punktowych pochodzący z przemysłowej hodowli trzody chlewnej, bydła i drobiu w Polsce, wyliczony jako równoważna liczba mieszkańców, wyniesie w perspektywie ponad 228 milionów (tab. 4).

Tabela 4

Obliczenie równoważnej liczby mieszkańców dla ścieków pochodzących z hodowli zwierząt gospodarskich w Polsce

Rodzaj zwierząt	Pogłowie szt.	RLM/szt.	RLM — ogółem
Bydło	15 000 000	10	150 000 000
Trzoda chlewna	24 000 000	3	72 000 000
Owce	5 000 000	1	5 000 000
Konie	900 000	1,5	1 350 000
Razem			228 350 000

Z powyższego wynika więc, że roczny ładunek zanieczyszczeń w Polsce pochodzący tylko z hodowli trzody chlewnej i bydła będzie w roku 1990 około pięciokrotnie większy od ładunku zanieczyszczeń wytwarzanego przez ludność mieszkającą w miastach i poza miastami.

Z powyższego wynika dalej, że w roku 1990 punktem ciężkości ochrony wód przed zanieczyszczeniem nie będą ścieki pochodzące z gospodarki komunalnej, lecz z gospodarki rolniczej. Wymaga to już dzisiaj intensywnych badań wdrożeniowych, przedinwestycyjnych, wyprzedzających realizację urządzeń chroniących wody przed zanieczyszczeniami pochodzącymi z rolnictwa i leśnictwa.

## ZANIECZYSZCZENIA OBSZAROWE

Pod pojęciem zanieczyszczeń obszarowych, zwanych także przestrzennymi, należy rozumieć zanieczyszczenia spłukiwane opadami atmosferycznymi z terenów nieskanalizowanych, tj. z obszarów rolnych i leśnych, a pochodzących z powietrza atmosferycznego, z nawożenia lasów, pól, łąk i pastwisk, z chemizacji rolnictwa i leśnictwa, z rolniczego wykorzystania ścieków i osadów, jak również zanieczyszczenia wsiąkające do gruntu, osiagające wody podziemne i za ich pośrednictwem zasilające wody powierzchniowe. Mieszczą się tu także odpływy z systemów drenażowych i otwartych systemów odwadniających, jak również nadmiary wód pochodzących z nawodnień.

Największą wagę w procesie zanieczyszczania wód powierzchniowych posiadają związki biogenne, tj. azot i fosfor, które prowadzą do przyspieszenia procesu eutrofizacji wód stojących i spiętrzonych.

Azot dostaje się do gleby z nawozów sztucznych i naturalnych stosowanych w rolnictwie, i z opadów atmosferycznych. Azot wypłukiwany z gleby jest w 90% w postaci azotanów. Ilość wypłukiwanych związków biogennych zależy od właściwości gleby, zdolności jono-sorpcyjnej gleby, klimatu, rozkładu opadów w czasie, ilości wody wsiąkającej do gruntu na jednostkę powierzchni, zawartości związków pożywkowych w glebie, głębokości warstwy zakorzenia roślin, rodzaju upraw i ilości pobieranych przez nie związków pożywkowych. Dodatkowo dużą rolę odgrywa także wysokość występowania lustra wody podziemnej. Straty nawozów sztucznych stosowanych w rolnictwie wynoszą średnio 5% w stosunku do wysianego azotu. Średnio przyjmuje się, że 3 do 7 kg N/ha = 0,3-0,7 g N/m<sup>2</sup> odpływa lub wsiąka w głębsze warstwy gruntu. Przy przeciętnym natężeniu przepływu odpowiadającym około 30% opadów deszczowych, co wynosi 200-400 l/m<sup>2</sup>, wzrost stężenia azotanów w wodzie przesiąkającej do gruntu wynosi 1-4 mg N/l = 4,4-17,6 mg NO<sub>3</sub>/l.

W poszczególnych przypadkach wartości te mogą znacznie różnić się od przeciętnych. Na glebach ciężkich, suchych z intensywnie zakorzenioną roślinnością ilość azotu wsiąkającego bardzo się zmniejsza i osiąga wartości minimalne. Na glebach lekkich, przepuszczalnych z uprawami płytkokorzeniowymi straty azotu przesiąkającego w mokrym roku mogą osiągnąć wartość do 100 kg N/ha = 10 g N/m<sup>2</sup>, co wynosi 20-30 mg NO<sub>3</sub>/l. Na przykład w dolinie rzeki Moseli (RFN) i na wyspie Reichenau zawartość azotanów w wodach podziemnych wynosi 100 mg NO<sub>3</sub>/l, a gleby bogate w humus posiadają potencjał azotowy wynoszący 6000-10 000 kg N/ha. Przy silnym spulchnieniu tych gleb może nastąpić uwolnienie 2% tego potencjału, z czego 1/4 do 1/3 może być wypłukana. W glebach leśnych po karczowaniu drzew mogą wystąpić znaczne straty azotanów,



W odpływie z lizymetrów z glebami leśnymi stężenie azotanów wynosiło 500 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ .

Największe straty azotu w rolnictwie występują w okresie powegetacyjnym na jesieni i podczas wolnych od mrozów okresów zimowych. W tym okresie np. występują w dolnym biegu rzeki Nysy Kłodzkiej, poniżej zbiornika Otmuchów, groźne katastrofy azotowe, które utrudniają dezynfekcję wody chlorem i ozonem, prowadzoną w zakładzie wodociągowym miasta Wrocławia. Z badań IKŚ we Wrocławiu wynika np., że stężenie azotu w wodzie rzeki Oławy w przekroju zlokalizowanym poniżej miasta Oławy wahało się w okresie miesięcy stycznia, marca, maja i października w granicach od 1,8 do 3,1 mg  $\text{NH}_4/\text{l}$ , podczas gdy wartość dopuszczalna wynosi 1 mg  $\text{NH}_4/\text{l}$ . Stężenia te wykazują korelację z wysokością opadów, co wynika z rysunku 1 i 2. Latem natomiast występuje przemieszczenie azotu z dołu ku górze na skutek dużego zapotrzebowania wodnego roślinności.

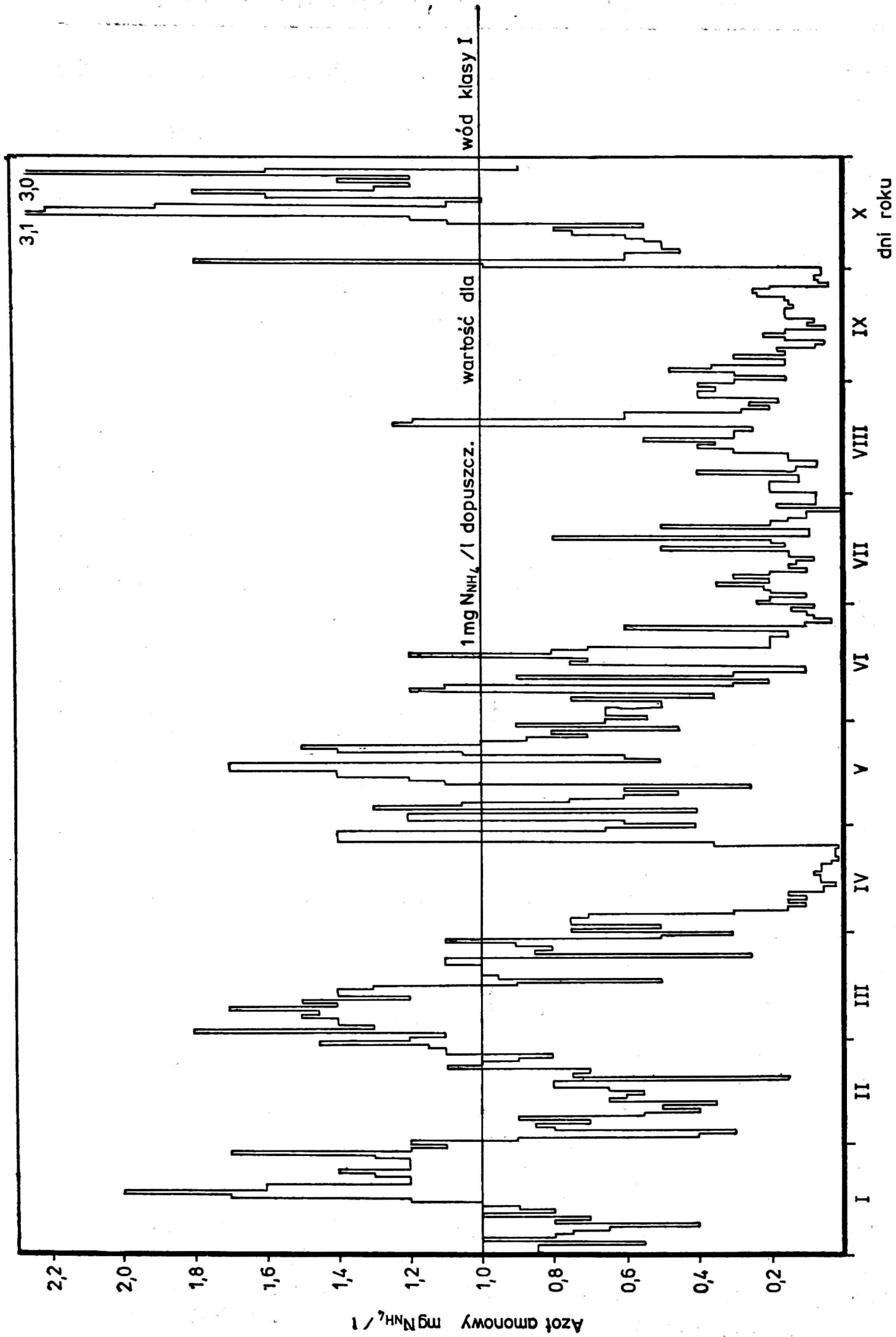
W obszarach prowadzenia upraw warzywno-owocowych występują szczególnie znaczne straty azotu.

Właściwe dostosowanie nawożenia azotowego do okresów wegetacyjnych i podzielenie całego zapotrzebowania tego składnika biogenego na kilka mniejszych dawek może uchronić rolnictwo przed stratami tego pierwiastka, a wody powierzchniowe przed niepotrzebnym zanieczyszczeniem. Obszary z uprawami warzywno-owocowymi powinny być w zasadzie zamienione na użytki zielone tj. łąki i pastwiska. Dotyczy to przede wszystkim obszarów podlegających szczególnej ochronie, tj. obszarów służących do zaopatrywania ludności w wodę do picia.

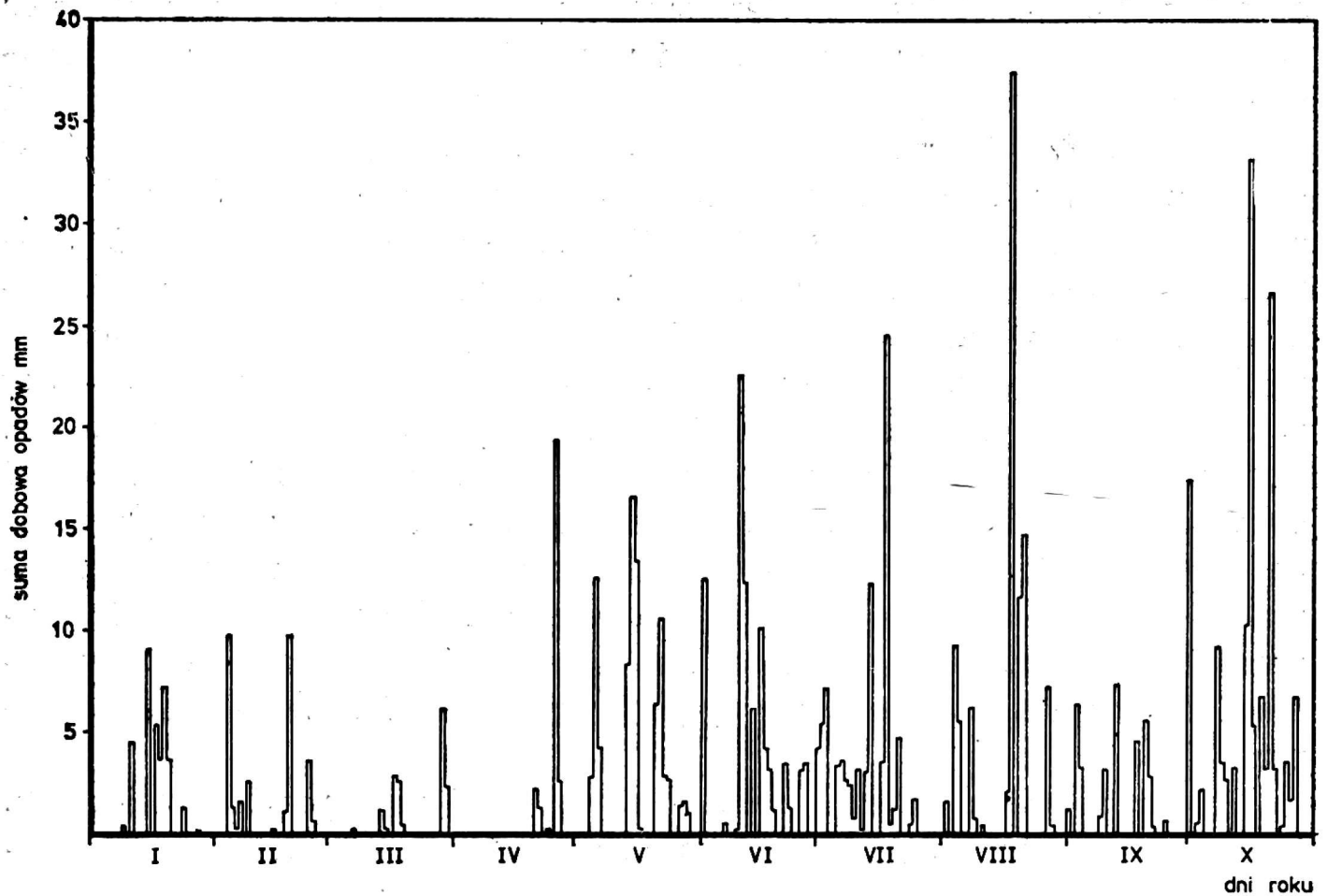
Badania Sylwestra [34] w stanie Waszyngton wykazały, że ilość azotanów wymywanych z trzech badanych obszarów zalesionych wynosiła 0,130 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ , a azotu organicznego 0,074 mg N/l. Sawyer's [31] określił, że ilość wypłukanego azotu z pól uprawnych Madison i Wisconsin wynosi 7,84 kg N/rok. Sylwester [34] podaje ilość azotu ogólnego w spływach powierzchniowych w wysokości 2,80-26,9 kg  $\text{N}_{\text{og}}/\text{ha}\cdot\text{rok}$ , a w spływach podziemnych 42,6-186 kg  $\text{N}_{\text{og}}/\text{ha}\cdot\text{rok}$ . Badania kalifornijskie w San Joaquin Valley [8] wykazały w spływach podziemnych 13,4; 40 i 111 kg N/ha·rok, a z terenów ekstensywnych tylko 3,36 kg N/ha·rok. Badania Graudiny [12] wykazały, że z typowych gleb Łotwy wymywanych jest 4,5-100 kg N/ha·rok.

Badania Eversa [10] prowadzone nad nawożeniem mineralnym lasów obszaru Obertal (RFN) w kraju Badenia-Wirtembergia (Północny Schwarzwald) wykazały jednoznaczny związek między nawożeniem obszarów leśnych i zawartością substancji azotowych w wodach powierzchniowych tego obszaru. Wyniki badań przedstawia rysunek 3, na którym w górnej części przedstawiono tygodniowe wysokości opadów,

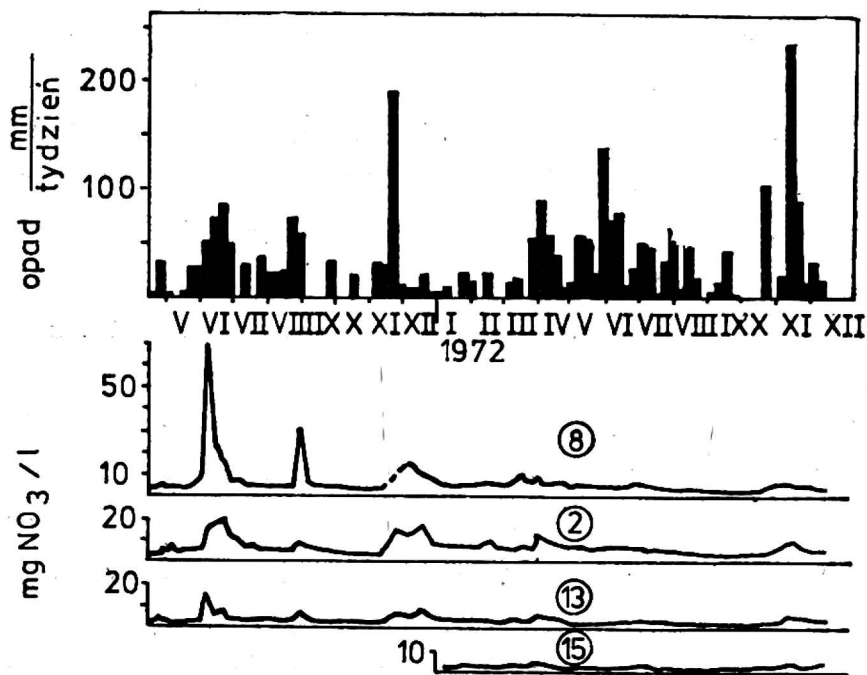




Rys. 1. Przebieg codziennych zmian stężeń azotu amonowego w wodach rzeki Olawy, w przekroju zlokalizowanym poniżej miasta Olawy, w roku 1974



Rys. 2. Dobowe wartości opadów notowane na stacji meteorologicznej w Oławie w roku 1974



⑧, ②, ⑬ - WODY W OBSZARACH LEŚNYCH NAWOŻONYCH  
 ⑮ - WODY W OBSZARACH LEŚNYCH NIENAWOŻONYCH

Rys. 3. Opady i stężenie jonów azotanowych w wodach powierzchniowych nawożonych i nienawożonych obszarów leśnych w okresie kwiecień 1971 r. — grudzień 1972 r.

a w dolnej części stężenia azotanów wody badanych potoków. Wyjściowe stężenie azotanów było nieznaczne i wynosiło 2-4 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  i utrzymywało się przez dłuższy czas. Dopiero długi okres deszczowy doprowadził do znacznego zwiększenia się jonów azotanowych (70,7 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  w czerwcu 1971 r.). Wzrost stężenia azotu amonowego wyniósł wówczas z 1-2 mg  $\text{NH}_4/\text{l}$  do 5-12 mg  $\text{NH}_4/\text{l}$ . W okresie suchego lata stężenia azotanów osiągały wartość wyjściową, tj. odpowiadającą wodom nie będącym pod wpływem nawożenia lasów. Po silnych opadach atmosferycznych wody znajdujące się w obszarach nawożonych lasów wykazywały wyraźnie większe stężenia  $\text{NH}_4$  i  $\text{NO}_3$ . Występowało to regularnie na początku zimy, po topnieniu śniegu i po silnych deszczach letnich. Potoki oznaczone jako 8 i 2 znajdują się w obszarze lasu nawożonego. Przez 13 oznaczono odbiornik główny znajdujący się pod pewnym wpływem nawożenia, a potok 15 znajduje się w obszarze lasów nienawożonych. Nawożenie prowadzono z samolotu dawką 156 kg/ha czystego azotu w postaci saletry wapniowo-amonowej (50% jako  $\text{N}_{\text{NO}_3}$  i 50%  $\text{N}_{\text{NH}_4}$ ) na obszarze 250 ha.

Fosfor odgrywa znaczną rolę w eutrofizacji wód powierzchniowych. Wyniki ilości fosforu pochodzącego ze spływów powierzchniowych i podziemnych w Europie pochodzą głównie z obszarów jeziora Bodeńskiego, zlewni jezior Bawarskich, Szwajcarii i Szlezwig-Holsztynu. Ilości wypłukiwanego fosforu z gleby są w porównaniu z azotem znacznie mniejsze, większe ilości fosforu są spłukiwane do wód powierzchniowych z gleb w czasie nawalnych deszczów, głównie w wyniku erozji wodnej gleb. Woda erozyjna, zawierająca 0,5% ziemi, posiada do 10 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$ , z czego 0,03-0,1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$  występuje w postaci rozpuszczonej. Jaag stwierdził, że około 1/2 ilości fosforu dopływającego do jezior pochodzi ze ścieków miejskich, 1/4 — ze ścieków piorących, a 1/6, tj. średnio 700 g  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}\cdot\text{rok}$ , z rolnictwa. Pochodzi to w zasadzie ze spływów powierzchniowych. Badania Sylwestra [34] w stanie Waszyngton wykazały, że ilość fosforu ogólnego wymywanego z trzech obszarów zalesionych wynosiła 0,36-0,86 kg P/ha·rok, a średnie stężenie fosforu ogólnego 0,069 mg/l i rozpuszczonego 0,007 mg/l. Stumm i Morgan [33] przyjmowali, że z wodami gruntowymi przedostaje się do zbiorników 0,030 mg P/l z obszarów rolniczo-zagospodarowanych, a 0,015 mg P/l z obszarów zalesionych. Ohle [29] podaje, że z pól nawożonych superfosfatem lub tomasyną w ilości 80 kg  $\text{PO}_4/\text{ha}$  i średnim rocznym opadzie około 650 mm jest wymywane 0,32-0,63 kg  $\text{PO}_4/\text{ha}\cdot\text{rok}$ . Ilość spłukiwanego fosforu ze zlewni jeziora Bodeńskiego wynosi 0,18 kg P/ha·rok, a Hohenheim 0,033-0,082 kg P/ha·rok. Sawyers [31] określił średnie stężenie fosforu spłukiwanego z pól uprawnych Madison i Wisconsin — na 0,45 kg P/ha·rok. Sylwester [34] w szeregu badaniach w stanie Waszyngton

oznaczył w spływach powierzchniowych 1,01 do 4,37 kg P/ha·rok fosforu ogólnego i w spływach podziemnych 2,80-9,97 kg P/ha·rok fosforu w postaci rozpuszczonej. Engelbrecht i Morgan [8, 9] oszacowali udział spływu z pól uprawnych na 0 do 16,8 kg P/ha·rok, a średnio 0,39 kg P/ha·rok. Badania Graudiny [12] wykazały, że z gleb Łotwy wypłukiwanych jest około 0,56-5,60 kg P/ha·rok.

Bernhardt [5] podaje, że ilość wypłukiwanego fosforu z obszarów zalesionych wynosi 0,01 do 0,05 kg P/ha·rok, co jest znacznie mniejsze od wartości 0,03 do 1,02 kg P/ha·rok, stanowiącej wielkość wypłukiwanego fosforu z użytków rolnych.

Porównanie ilości wypłukiwanego fosforu z obszarów leśnych i rolnych według różnych autorów zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5

Ilości fosforu wypłukiwanego z obszarów leśnych i rolnych wg różnych autorów

	Obszary leśne	Pola orne i nawożone pastwiska	Opis obszaru	Litera- tura
	kg P/ha · rok	kg P/ha · rok		
o — PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (P)	0,007	—	boczne doliny alpejskie w Szwajcarii 1050—1560 m NN 92,6-93,5% zalesione	18
Rozpuszczone związki fosforu (razem)	0,015—0,022			
Rozpuszczone związki fosforu (razem)	0,04	1,02 (pola orne)	zlewnia jeziora Sarner w Szwajcarii	8
o — PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (P)		0,04 0,03	zlewnia jeziora Murfen, 2 czyste potoki z zalesieniem 11,2 do 4,3%	
o — PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (P)	0,035	0,225	zlewnie jezior Pfäffiker i Greifen (Szwajcaria) 95% lasu potok ze zlewnią w 100% użytko- waną rolniczo	19
Rozpuszczone związki fosforu	0—0,04	0,69	obszar podalpejski	8
Ogółem fosfor (P)	0—0,01	0,35	obszar środkowej Szwajcarii	
Ogółem fosfor (P)	—	0,3 (pola orne)	zlewnia potoku wykorzystywana w 100% rolniczo płaskie wzgórza	32
Ogółem fosfor (P)	0,025—0,05	—	zlewnia potoku w 98% pokryta lasem liściastym, ze stromymi zbozami	15

**Biocydy.** Pod tym pojęciem rozumie się pestycydy, policykliczne substancje węglowodorów aromatycznych, z których niektóre związki należą do rakotwórczych, oraz elementy śladowe jako związki metali ciężkich.

Pestycydy mogą przedostać się do wód powierzchniowych na skutek splukiwania ich z powierzchni ziemi opadami atmosferycznymi lub działania wiatru. Obszary zlewni zalesionych są również obciążone pestycydami. Pestycydy mogą przedostać się także do wód podziemnych w przypadku, gdy warstwy przykrywające te wody posiadają cechy dobrej filtracji. Opylanie z samolotów powoduje bardzo groźne zanieczyszczenie środowiska. W Republice Federalnej Niemiec [7] stosuje się około 300 różnych rodzajów pestycydów w ponad 1700 preparatach. Do najważniejszych grup pestycydów należą herbicydy i insektycydy. Wyróżnić można: DDT, dieldrin, lindan, aldrin, chlordan, endosulfan, metoxychlor, toxapen, endrin, heptachlor i heptachlorepoxyd.

Policykliczne węglowodory aromatyczne dostają się do wód powierzchniowych ze ściekami domowymi i przemysłowymi oraz ze splukiwania ulic i dróg. Część tych substancji powstaje biogenicznie w wyniku budowy komórek glonów i przemiany materii w wodach zbiorników. Ponieważ większość z nich jest trudno rozpuszczalna, występują więc masowo jako zawiesiny podlegające procesom adsorpcji i sedymentacji. Ponieważ substancje te nie podlegają biochemicznym procesom rozkładu, tj. samooczyszczaniu, ich stężenie w wodach zależy jedynie od rozcieńczenia, sedymentacji i adsorpcji.

Elementy śladowe, jako związki metali ciężkich, pochodzą ze ścieków przemysłowych, domowych i z rolnictwa. Tak np. związki rtęci, stosowane jako fungicydy do preparowania ziarna siewnego, mogą doprowadzić do zanieczyszczenia potoków, rzek i jezior. Niektóre z nich, jak np. chrom, kadm, rtęć i ołów już w stężeniach tysięcznych mg/l są toksyczne i trujące; inne metale jak np. kobalt, mangan i żelazo przyspieszają rozwój glonów nawet w bardzo małych stężeniach.

Bardzo interesujące badania nad zawartością biocydów w 19 zbiornikach, służących do zaopatrywania ludności w wodę do picia, przeprowadzono w latach 1970-1972 w Republice Federalnej Niemiec.

Program badań obejmował wodę dopływającą, odpływającą ze zbiorników, wodę w zbiornikach na różnych głębokościach i wodę po urządzeniach uzdatniających oraz zawartość biocydów w makrofitach, rybach i osadach dennych oraz oznaczenia: policyklicznych węglowodorów aromatycznych, pestycydów, substancji śladowych, tj. niklu, miedzi, cynku, kobaltu, ołowiu, rtęci, kadmu i chromu [7].



Wyniki badań policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PWA) przedstawiono na rysunku 4.

Europejskie normatywy wody do picia z roku 1970 zalecają badanie 6 związków PWA (fluoranten, 3,4-benzofluoranten, 1,12-benzofluoranten, 3,4-benzoperiten, 1,12-benzoperiten i indenopiren) i podają dopuszczalne stężenie w wodzie powierzchniowej po uzdatnieniu w wysokości 200 mg/l. Ponieważ w badaniach, o których mowa, kontrolowano 8 związków PWA, tj. dodatkowo pyrlen i 1,2-benzantracen, normatyw ten zwiększono o 10<sup>0</sup>%, przyjmując wartość 220 mg/l PWA. Wartości te były przekroczone w wodzie uzdatnionej pobieranej ze zbiorników:

Stewer	w kwietniu 1971 r.	503,6 mg PWA/l
Perlenbach	„ „	444,8 mg PWA/l
Söse	„ „	404,5 mg PWA/l
Olef	„ „	266,2 mg PWA/l
Wahnbach	„ „	259,8 mg PWA/l
Wahnbach	w lipcu 1971 r.	246,4 mg PWA/l

Wartości średnie arytmetyczne nie przekraczały jednak wartości normatywnej w żadnym ze zbiorników.

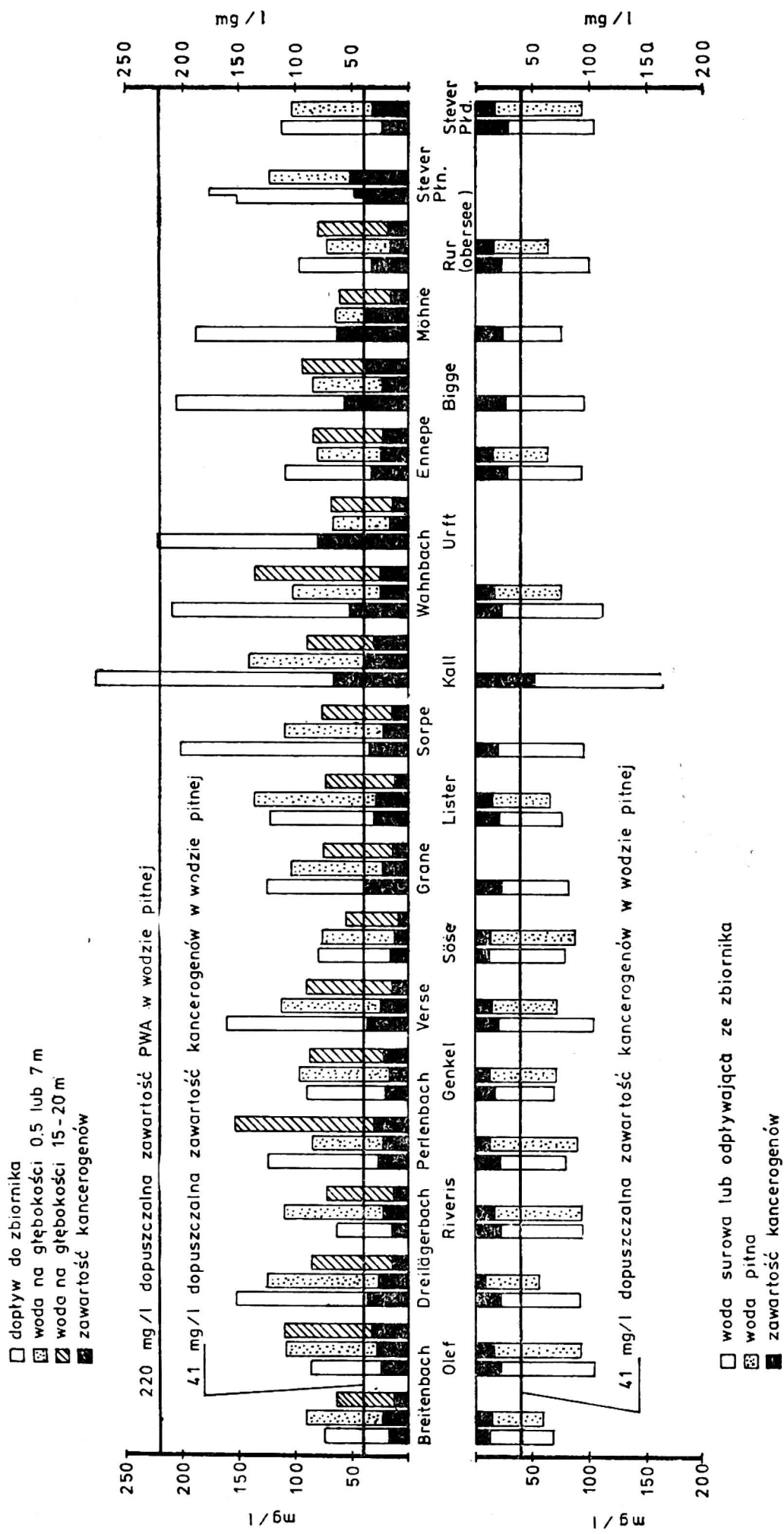
Rachunkowo wyznaczony limit substancji rakotwórczych w wodzie do picia na podstawie badanych ośmiu związków PWA wynosi 41 mg/l. Wartość ta została przekroczona w roku 1971 w zbiorniku Wahnbach (47,8 mg/l), Olef (96,1 mg/l) i Perlenbach (72,5 mg/l). Wartości średnie arytmetyczne wahały się w granicach od 6,8 do 16,5 mg/l.

W wodzie dopływającej stwierdzono przekroczenie stężeń PWA względnie wartości zbliżone do normatywów w zbiornikach: Kall (256,9 mg/l), Urft (227,3 mg/l), Wahnbach (211,0 mg/l), Bigge (209,3 mg/l) i Sorpe (202,4 mg/l).

Ogólnie można stwierdzić, że dopuszczalne stężenie PWA w wodzie dopływającej do zbiorników zostało już w RFN osiągnięte, a częściowo nawet przekroczone. W zbiornikach obciążonych nadmiernie ściekami, a także w wodzie po urządzeniach uzdatniających stwierdzono nadmierne ilości tych substancji.

W okresie od marca 1975 r. do lutego 1976 r. przeprowadzono badania nad zawartością policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PWA) w wodach rzek Oławy, Nysy Kłodzkiej i Odry w 15 przekrojach pomiarowo-kontrolnych oraz w wodzie wodociągowej miasta Wrocławia<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Badania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w wodach rzeki Oławy, Nysy Kłodzkiej i Odry, wykonane na zlecenie Instytutu Kształtowania Środowiska O/Wrocław przez Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej Instytutu Chemii i Analityki Akademii Medycznej w Poznaniu. Poznań 1976.



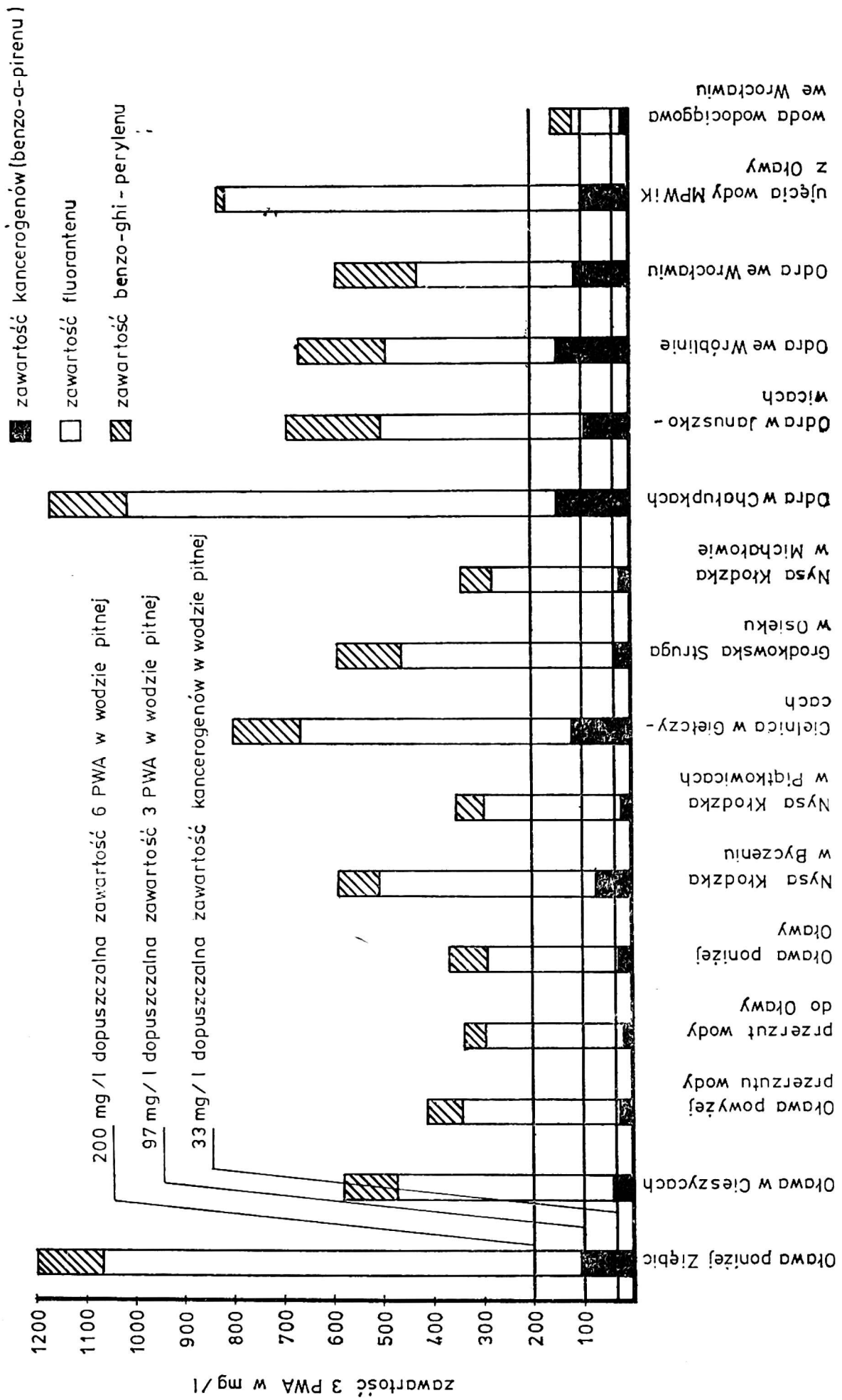
Rys. 4. Wyniki badań policyklicznych węglowodorów aromatycznych w wodach 19 zbiorników wodociągowych RFN

Analiza jakościowa wody, pobieranej z częstotliwością raz w miesiącu, obejmowała oznaczenie 6 PWA: benzo-a-pirenu, fluorantenu, benzo-k-fluorantenu, benzo-b-fluorantenu, benzo-ghi-fluorantenu i indeno-1,2,3-od-pirenu, natomiast analiza ilościowa obejmowała określenie zawartości trzech spośród nich: benzo-a-pirenu, (B-a-p), fluorantenu (Fl) i benzo-ghi-perylenu (B-ghi-P). Wyniki analiz przedstawiono na rysunku 5. Największa zawartość B-a-P w badanych próbkach wody występowała na wiosnę i jesienią, a w okresie zimy znacznie malała. Najwyższą zawartość Fl obserwowano na wiosnę, niższą w lecie i jesienią. Natomiast zawartość B-ghi-P była zmienna w całym roku, zimą niższa niż w pozostałych okresach. Najwyższą średnią roczną zawartością oznaczanych związków aromatycznych charakteryzowały się wody rzeki Oławy w przekroju zlokalizowanym poniżej Ziębic (1196,9 mg/l) oraz rzeki Odry w Chałupkach (1164,8 mg/l). We wszystkich kontrolowanych przekrojach zawartość tych związków przekracza nawet wartość 200 mg/l, stanowiącą normatyw dla wody pitnej w przypadku oznaczeń całej grupy 6 PWA. Dopuszczalna zawartość w wodzie pitnej oznaczanych 3 PWA, wyliczona z ciężarów molowych i wielkości normatywnej 200 mg/l, wynosi 97 mg/l.

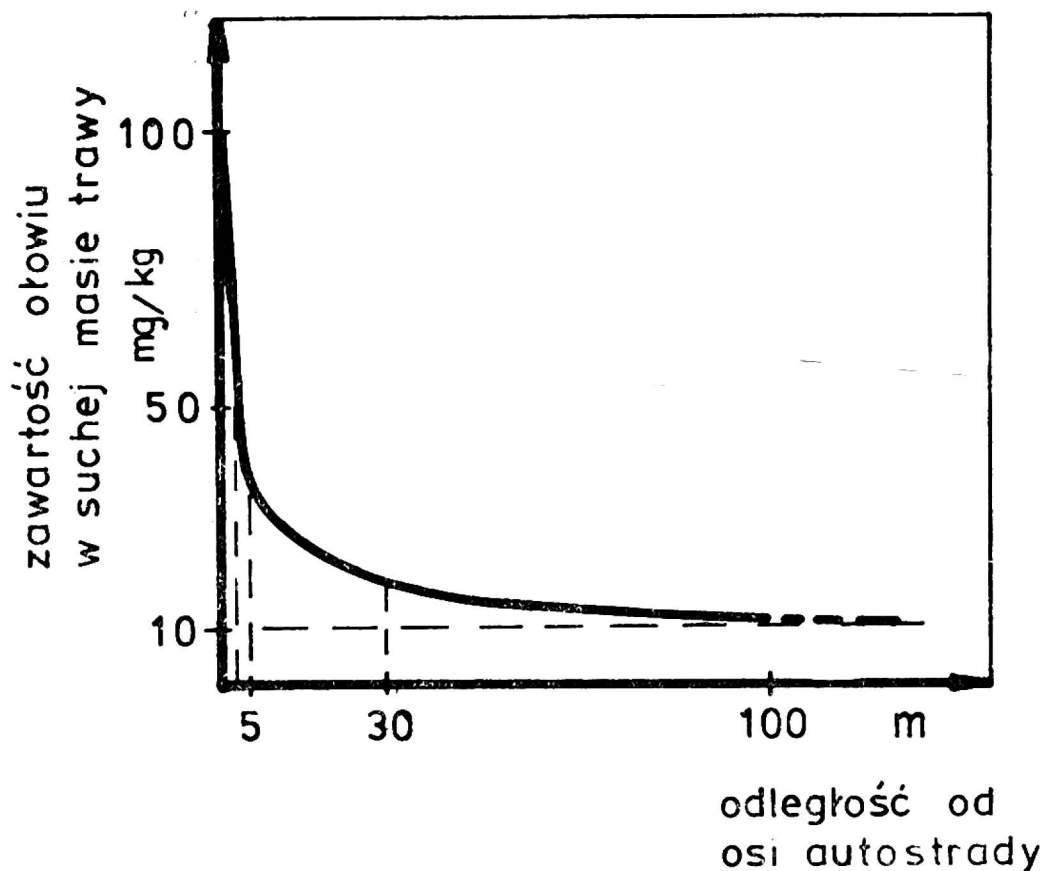
#### ZANIECZYSZCZENIA PASMOWE

Pod pojęciem zanieczyszczeń pasmowych lub liniowych rozumiemy zanieczyszczenia pochodzące z komunikacji drogowej i kolejowej, splukiwane opadami atmosferycznymi do wód powierzchniowych, jak również substancje pochodzące z ropociągów, z gazociągów, z kanałów otwartych i zamkniętych transportujących ścieki, osady i wody słone wsiąkające w grunt. Należą do nich także zanieczyszczenia związane z chemicznymi metodami odchwaszczania przydrożnych rowów odwadniających i skarp nasypów kolejowych i drogowych. Typowymi zagrożeniami są tu emisje produktów spalania paliw w silnikach, paliw lotnych i wyziewy ze zbiorników, jak również pyły pochodzące z nawierzchni dróg i pyły związane ze ścieraniem opon samochodowych i okładzin hamulcowych. Do najgroźniejszych zanieczyszczeń należy tlenek azotu, tlenek węgla, węglowodory i ołów, będące substancjami trującymi, jak również węglowodory aromatyczne typu benzopirenu posiadające własności rakotwórcze.

Przykładem wpływu zanieczyszczeń pasmowych na roślinność porastającą obszary położone wzdłuż autostrad jest rysunek 6.



Rys. 5. Wyniki badań policyklicznych węglowodorów aromatycznych w niektórych rzekach Polski



Rys. 6. Przykład wpływu zanieczyszczeń pasmowych na roślinność porastającą obszary położone wzdłuż autostrad RFN [28]

Naturalna zawartość ołowiu w roślinności waha się w granicach od 0,1 do 2,0 mg/kg świeżej substancji. Zawartość ołowiu zależy od emisji spowodowanej ruchem samochodowym i od emisji zakładów przemysłowych. Stopień zanieczyszczenia roślinności ołowiem zależy od intensywności ruchu, położenia źródła emisji przemysłowej, zawartości ołowiu w benzynie, stopnia rozwoju i rodzaju roślinności, od zjawisk meteorologicznych itp. Rysunek 6 przedstawia zawartość ołowiu w nie plukanej trawie w zależności od odległości w stosunku do osi autostrady w Republice Federalnej Niemiec [28]. Wynika z niego, że zawartość ołowiu w trawie rosnącej w osi autostrady jest około 10 razy większa od zawartości ołowiu znajdującego się w trawie rosnącej w odległości około 100 m od osi autostrady.

Zawartość ołowiu w powierzchniowo wypłukiwanych jarzynach rosnących w pobliżu autostrad jest 2 do 3 razy większa od zawartości tego pierwiastka w jarzynach rosnących na obszarach o nieznacznym ruchu samochodowym.

Badania nie mytych zbiorów owoców i jarzyn z obszarów przylegających do autostrad wykazują następujące zanieczyszczenie ołowiem:



w szpinaku	0,5-1,5 mg Pb/kg	świeżej masy
w sałacie	0,3-4,0 mg Pb/kg	„ „
w kalarepie	0,2-0,5 mg Pb/kg	„ „
w jarzynach	0,2-0,4 mg Pb/kg	„ „ (płukane powierzchniowo)
w owocach	0,2-0,5 mg Pb/kg	świeżej masy
w ziemniakach	0,1-0,5 mg Pb/kg	„ „
w ziarnach zboża	0,3-8,0 mg Pb/kg	„ „

Płukanie wodą wodociągową wymywa od 30 do 65% ołowiu.

Z badań Imhoffa [13], prowadzonych nad jakością wód deszczowych spływających z powierzchni dróg kołowych szybkiego ruchu wynika, że charakteryzują się one utlenialnością = 90 mg O<sub>2</sub>/l, BZT<sub>5</sub> = 18 mg O<sub>2</sub>/l i zawartością substancji ekstrahowanych eterem = 22 mg/l. W celu ochrony wód przed tymi zanieczyszczeniami buduje się na obszarze rzeki Rury zbiorniki wód deszczowych, obliczone na hydrauliczne obciążenie powierzchni równe 12 m/h, czas przytrzymania 10 minut, przy ilości wód deszczowych ustalonej wg spływu jednostkowego wynoszącego 100 l/s·ha.

#### DANE O INTENSYFIKACJI GOSPODARKI ROLNICZEJ I PROGNOZA ZANIECZYSZCZENIA RZEK

Największy wpływ na perspektywiczny stan środowiska będą wywierały zanieczyszczenia punktowe i obszarowe.

Z Kompleksowego Programu Ochrony i Kształtowania Środowiska w Polsce [20] wynika, że wzrost aglomeracji miejsko-przemysłowych, potrzeby infrastruktury oraz przekazanie gruntów rolnych o najsłabszych glebach na rzecz leśnictwa spowodują zmniejszenie się rolniczej powierzchni produkcyjnej około 350 tys. ha. Mimo tego przewiduje się zwiększenie globalnej produkcji rolniczej poprzez zwiększenie wydajności z 1 ha. Warunkiem uzyskania wyższych plonów jest zrealizowanie programów mechanizacji rolnictwa, melioracji, nawożenia i ochrony zasiewów.

Przewidywany wskaźnik wzrostu wydajności z 1 ha podstawowych upraw wyniesie dla 4 zbóż 179,1, dla buraków cukrowych 120,4, ziemniaków 147,7 i siana z łąk 154,3.

Powyższe spożycie może być osiągnięte pod warunkiem:

— wprowadzenia zmian w strukturze zasiewów, a zwłaszcza zwiększenia powierzchni upraw warzyw i owoców około 25%, tj. około 65 tys. ha,

— wzrostu ilości i jakości pasz i postępu w dziedzinie jej przechowywania i konserwacji,

- racjonalizacji żywienia zwierząt i specjalizacji produkcji zwierzęcej w gospodarstwach indywidualnych,
- uruchomienia na większą skalę ferm z przemysłowymi metodami produkcji,
- dostarczenia rolnictwu 280 kg nawozów sztucznych (N, P, K) w przeliczeniu na czysty składnik, co w stosunku do roku 1970, w którym zużyto 124 kg NPK/ha, stanowi wskaźnik 2,26,
- dostarczenia rolnictwu i leśnictwu odpowiednich ilości chemicznych środków ochrony roślin.

Realizacja programu mechanizacji rolnictwa, polegająca między innymi na zwiększeniu liczby traktorów z 200 000 w roku 1970 do 700 000 sztuk w 1990, spowoduje znaczne zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych na skutek przenikania do nich resztek benzyny, ropy, olejów i smarów, a także zanieczyszczenie powietrza, roślinności i pośrednio wód spowodowane gazami spalinowymi, a zwłaszcza tlenkami metali ciężkich [6].

Melioracje obejmujące obecnie w zakresie nawodnień około 2% powierzchni pól uprawnych będą w perspektywie rozszerzone na około 20% powierzchni tych pól, natomiast w zakresie odwodnień obszar pól odwadnianych zwiększy się w perspektywie dwukrotnie w stosunku do stanu aktualnego. Zabiegi odwadniające spowodują wypłukiwanie z głębszych warstw gleby rozpuszczalnych składników pokarmowych, gromadzących się na skutek nie wykorzystanego przez rośliny nawożenia mineralnego.

Nawożenie mineralne, a zwłaszcza niewłaściwe ich stosowanie, może doprowadzić do zasolenia gleb i do znacznego zanieczyszczenia wód związkami azotu i fosforu, które są główną przyczyną zjawiska ich eutrofizacji. Wraz z intensyfikacją nawożenia mikroskładnikami wprowadzone będzie w coraz szerszym zakresie nawożenie mikroelementami [6], które będą w perspektywie bardziej zagrażać naszym wodom niż obecnie.

Chemiczna ochrona roślin prowadzona w celu ograniczenia strat wyrządzanych przez choroby, szkodniki i chwasty stwarza bardzo poważne zagrożenie czystości wód powierzchniowych i podziemnych. Znane są liczne przypadki wytrucia ryb w rzekach i potokach na skutek niewłaściwego obchodzenia się z tymi środkami przez personel służb chemizacji, i na skutek zmywania tych środków gwałtownymi opadami atmosferycznymi, które pojawiły się niespodziewanie po ich użyciu na polach, łąkach czy w sadach. Planowane w perspektywie bardzo znaczne zwiększenie zużycia tych środków, znaczny wzrost usług chemizacyjnych oraz objęcie tymi zabiegami znacznie większych obszarów jak obecnie, będzie w perspektywie jednym z najniebezpieczniejszych, gdyż trujących, przyczyn nadmiernego zanieczyszczenia wód.

Przemysłowa hodowla bydła, trzody chlewnej i drobiu, powodująca koncentrację dużych ładunków zanieczyszczeń na stosunkowo małych obszarach, będzie stanowiła obok chemizacji jeden z najtrudniejszych problemów gospodarki wodno-ściekowej rolnictwa.

Zakładanie wodociągów na wsi i jej urbanizacja przynosi z sobą dodatkowe trudności związane z koniecznością budowy kanalizacji, a więc powoduje powstawanie ścieków, które należy oczyszczać w urządzeniach chroniących wody przed zanieczyszczeniem.

Mineralne nawożenie lasów i zwalczanie szkodników przy pomocy środków chemicznych będą także w poważnym stopniu zwiększały zanieczyszczenie sieci rzecznej kraju.

Program rozbudowy bazy paszowej, zwłaszcza procesy związane z konserwacją i przechowywaniem paszy będą wywierały podobne skutki jak wielkoprzemysłowe fermy hodowlane.

Biorąc powyższe pod uwagę łatwo dochodzi się do wniosku, że niedostateczne działania ochronne związane z rozwojem rolnictwa i leśnictwa mogą doprowadzić w perspektywie do bardzo znacznego zmniejszenia długości rzek czystych (klasa I i II czystości) i zwiększenia odcinków rzek zanieczyszczonych (klasa III i nie odpowiadająca normatywom).

Ocenia się, że tylko na skutek rozwoju rolnictwa i leśnictwa w perspektywie roku 1990 długość rzek klasy nie odpowiadającej normatywom osiągnie wartość <sup>4</sup> 60%. Dodając do tego ujemny wpływ rozwoju przemysłu i gospodarki komunalnej, przekroczymy znacznie barierę biologiczną jakości wód, która wynosi około 50% rzek w klasie n.o.n.

#### KIERUNKI I METODY PRZECIWDZIAŁANIA DEGRADACJI ŚRODOWISKA WODNEGO WYNIKAJĄCEJ Z INTENSYFIKACJI GOSPODARKI ROLNICZEJ I LEŚNEJ

##### OCHRONA WÓD PRZED ZANIECZYSZCZENIAMI PUNKTOWYMI

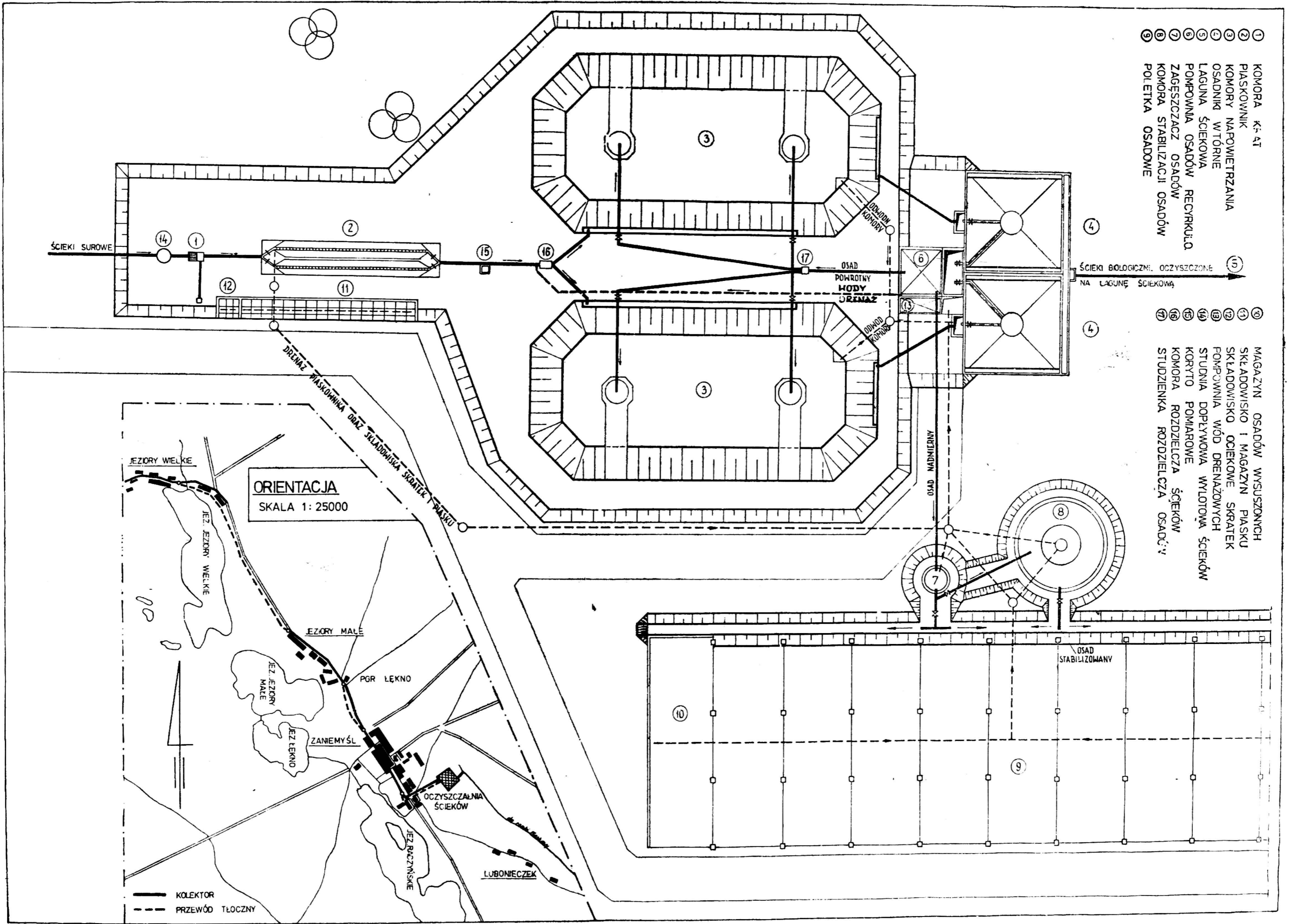
Pod względem technicznym jest łatwiejsza w realizacji od ochrony przed zanieczyszczeniami przestrzennymi i liniowymi, gdyż ścieki powstające w tych źródłach są ujmowane siecią kanalizacyjną i doprowadzane do oczyszczalni lokalnych lub centralnych względnie grupowych.

W pierwszej kolejności należy stosować szerzej niż dotychczas intensyfikację oczyszczania ścieków w istniejących mało sprawnych urządzeniach, tj. w osadnikach gnilnych, stawach ściekowych, osadnikach Imhoffa, złożach zraszanych i spłukiwanych oraz drenażach zaskórnych,

<sup>4</sup>  $26,4 \times 2,26 = 59,7\% \cong 60\%$ ,

26,4% — długość rzek w klasie n.o.n.,

2,26 — wskaźnik wzrostu zużycia nawozów sztucznych od 1970 do 1990 roku.



- ① KOMORA K-41
- ② PIASKOWNIK
- ③ KOMORY NAPOWIETRZANIA
- ④ OSADNIKI W TÓRNE
- ⑤ LAGUNA ŚCIEKOWA
- ⑥ POMPOWIA OSADÓW RECYKULIQA
- ⑦ ZAGĘSZCZACZ OSADÓW
- ⑧ KOMORA STABILIZACJI OSADÓW
- ⑨ POLETKA OSADOWE
- ⑩ MAGAZYN OSADÓW WYSUSZONYCH
- ⑪ SKŁADOWISKO I MAGAZYN PIASKU
- ⑫ SKŁADOWISKO OCIEKOWE
- ⑬ SKRATEK
- ⑭ POMPOWIA WÓD DRENAŻOWYCH
- ⑮ STUDNIA DOPŁYWOWA WYLOTOWA ŚCIEKÓW
- ⑯ KORZYTO POMIAROWE
- ⑰ KOMORA ROZDZIELCZA ŚCIEKÓW
- ⑱ STUDZIENKA ROZDZIELCZA OSADÓW

Rys. 7. Przykład rozwiązania oczyszczalni ścieków dla gminy wzorcowej Wielkopolski, według IKS Wrocław



omówionych przez autora w innej pracy [26]. Urządzenia te są powszechnie stosowane w warunkach wiejskich, a przez zastosowanie ich modernizacji można na drodze bezinwestycyjnej uzyskać znaczne efekty w stopniu oczyszczania ścieków.

W zakresie oczyszczania ścieków z osiedli wiejskich należy preferować kierunek integracji różnych rodzajów ścieków we wspólnych oczyszczalniach centralnych i grupowych [17, 27].

W zakresie rozwiązań oczyszczalni wiejskich powinien być preferowany kierunek budowy oczyszczalni biologicznych, opartych na metodzie oczyszczania osadem czynnym, i w stawach ściekowych aerobowych, np. w lagunach napowietrzanych. Przykładem może być rozwiązanie oczyszczania ścieków dla 29 gmin wzorcowych Wielkopolski, opracowane przez IKŚ — Oddział we Wrocławiu. W rozwiązaniach tych przyjęto zasadę budowy oczyszczalni przez przedsiębiorstwa wodno-melioracyjne, które są przystosowane i wyspecjalizowane w budownictwie ziemnym. Wobec tego budowie żelbetowe stosowano w projekcie w minimalnie niezbędnym zakresie, rozwijając natomiast budownictwo ziemne [21]. Indywidualnie projektowane oczyszczalnie tego typu pozwoliły na uzyskanie znacznych oszczędności w porównaniu z zastosowaniem budowanych metodą przemysłową oczyszczalni ze stali typu BIOBLOK — POWOGAZ. Przykład rozwiązania przedstawiono na rysunku 7.

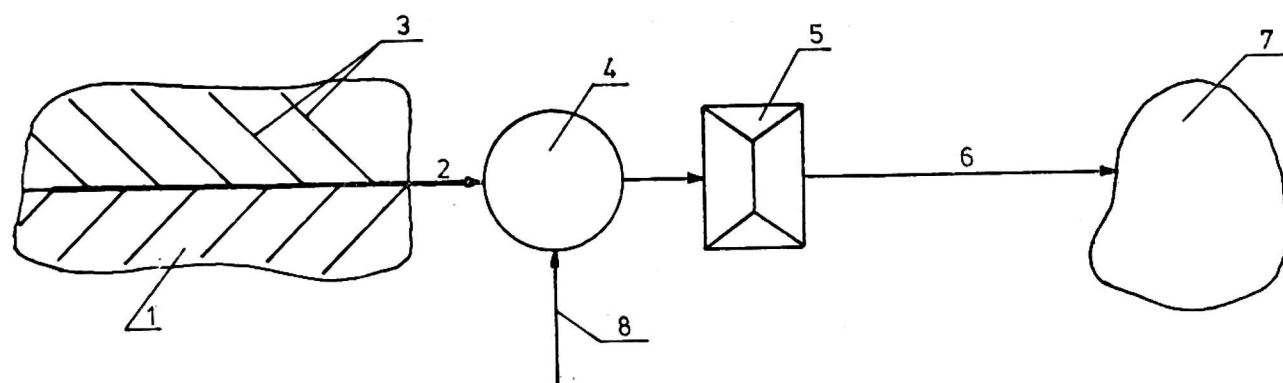
#### *Silosowanie paszy — wytwarzanie kiszzonek*

Rozwiązanie oczyszczania ścieków powstających w procesie silosowania i konserwacji paszy zależy od sposobu prowadzenia tej operacji. Stosowane powszechnie silosowanie na otwartym polu w postaci przyzmy przykrywanych folią z tworzywa sztucznego i ziemią wymaga uprzedniego przygotowania podłoża w postaci gęstego drenowania i nadsypki piaskowo-żwirowej. Zbieracz powinien doprowadzić przesiąkające soki do zbiornika wyrównawczego. Z objętości 1000 m<sup>3</sup> przyzmy powstaje 350 m<sup>3</sup> odcieków sokowych. Z tej ilości odpływa w ciągu 3 tygodni 90%, tj. 315 m<sup>3</sup>, co stanowi 15 m<sup>3</sup>/dn. Pojemność zbiornika powinna odpowiadać 7-dniowemu czasowi przytrzymania, tj.  $15 \times 7 = 105$  m<sup>3</sup>. Ze względu na dużą zdolność do zagniwania soków, zbiornik powinien być napowietrzany. Dalsza operacja polega na doprowadzeniu wody rozcieńczającej i rozdeszczeniu tej mieszaniny na użytkach ornych lub zielonych. Schemat takiej operacji przedstawiono na rysunku 8.

#### *Wielkoprzemysłowe ферmy hodowlane*

Ścieki powstające z hodowli trzody chlewnej i bydła powinny być w zasadzie traktowane jako naturalny płynny obornik, w związku z czym





- 1 - pryzma kiszonki
- 2 - zbieracz
- 3 - sączki
- 4 - zbiornik napowietrzany
- 5 - przepompownia
- 6 - rurociąg tłoczny
- 7 - deszczownia
- 8 - doprowadzenie wody rozcieńczającej

Rys. 8. Schemat ochrony wód przed ściekami, powstającymi przy wytwarzaniu kiszonek

powinny być rolniczo wykorzystane do nawożenia pól ornych i użytków zielonych. Wielkość dawki nawozowej zależy od wielu czynników, między innymi od stopnia przepuszczalności gleby, rodzaju upraw, czynników klimatycznych i meteorologicznych itp. Normatywy ATV [1] podają następujące obciążenia powierzchni dawkami płynnego obornika (gnojowicy) w zależności od rodzaju upraw:

jęczmień jary	20 m <sup>3</sup> /ha
inne rodzaje zbóż	30 m <sup>3</sup> /ha
rzepak zimowy	60 m <sup>3</sup> /ha
ziemniaki	80 m <sup>3</sup> /ha
buraki	100 m <sup>3</sup> /ha
trawy koniczynowe	60 m <sup>3</sup> /ha
	w kilku dawkach, podczas okresu we- getacyjnego tylko 10- -15 m <sup>3</sup> /ha
warzywa polne (kapusty)	80 m <sup>3</sup> /ha
użytki zielone	60 m <sup>3</sup> /ha
łąki koszone	80 m <sup>3</sup> /ha

Według Kutery [23] dawki gnojowicy gęstej pod poszczególne uprawy dla warunków Polski wynoszą od 30 m<sup>3</sup>/ha·rok dla zboża ozimego do 100 m<sup>3</sup>/ha·rok dla trawy jednorocznej, łąk i pastwisk. Szczegółowe dane zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6

Dawki gnojowicy gęstej dla nawadniania pól  
wg Kutery [23]

Rodzaj upraw	Dawka m <sup>3</sup> /ha · rok
Zboża ozime	35
Zboża jare	30
Poplony ścierniskowe	40
Poplony zimowe	35
Pastewne kiszonkowe	50
Mieszanki koniczyny z trawami	70
Trawy jednoroczne	100
Ziemniaki	50
Buraki pastewne	80
Buraki cukrowe	70
Rzepak ozimy	80
Łąki	100
Pastwiska	100

W każdym gospodarstwie rolnym występują okresy, w których nie można nawadniać ściekami użytków. Należy je więc gromadzić w zbiornikach magazynujących. Wielkość tych zbiorników zależy od wielkości powierzchni różnych upraw i powinna odpowiadać okresowi magazynowania w granicach od 30 do 130 dni w roku. Przeciętny typ gospodarstwa rolnego RFN o powierzchni 40 ha jest w stanie przyjąć ścieki w ilości od 1000 do 2900 m<sup>3</sup>/rok, co stanowi przeciętnie obciążenie 25-72,5 m<sup>3</sup>/ha · rok.

Z powyższego wynika, że gospodarstwo rolne o powierzchni 40 ha może posiadać fermę hodowlaną bydła wielkości 54-157 szt.

Ferma bydła wielkości 10 000 sztuk powinna więc posiadać do dyspozycji obszar nawodnień o powierzchni od 878 do 2547 ha, czyli na jedną sztukę bydła przypada powierzchnia nawadniana w granicach od 0,088 do 0,255 ha. W zależności od wielkości fermy, nawodnienia prowadzi się za pomocą cystern samochodowych lub urządzeń deszczownianych.

Z powyższego wynika, że podstawowym warunkiem intensyfikacji hodowli bydła i trzody chlewnej jest właściwa lokalizacja ferm hodowlanych, a zwłaszcza możliwość nawadniania gnojowicą odpowiednio rozmieszczonych użytków rolnych o odpowiedniej powierzchni.

Kutera [23] podaje, że w przypadku niemożliwości całkowitego rolniczego wykorzystania gnojowicy w ciągu całego roku na polach nawadnianych stosuje się urządzenia rezerwowego odbioru gnojowicy w postaci wydzielonych pól irygowanych lub filtracyjnych. Powierzchnie tych pól liczy się na około 10<sup>0</sup>% objętości rocznie wyprodukowanej gnojowicy,

względnie na około 60 dni w roku. Ilości gnojowicy odpływającej z pól nawadnianych gleb lekkich — w zależności od stosowanych dawek polewanych — według Kutery [23] przedstawiono w tabeli 7. Niezbędną powierzchnię pól zrzutowych oblicza się wg Kutery według zdolności bioutleniania gleby, którą podaje tabela 8. Z powyższego wynika, że pola

Tabela 7

Ilość gnojowicy odpływającej z pól nawadnianych

Dawka polewowa m <sup>3</sup> /ha	Odpływ ścieków z pól nawadnianych	
	% dawki polewowej	m <sup>3</sup> /ha
500	16	80
1000	31	310
1500	43	643
2000	54	1008
2500	62	1550

Tabela 8

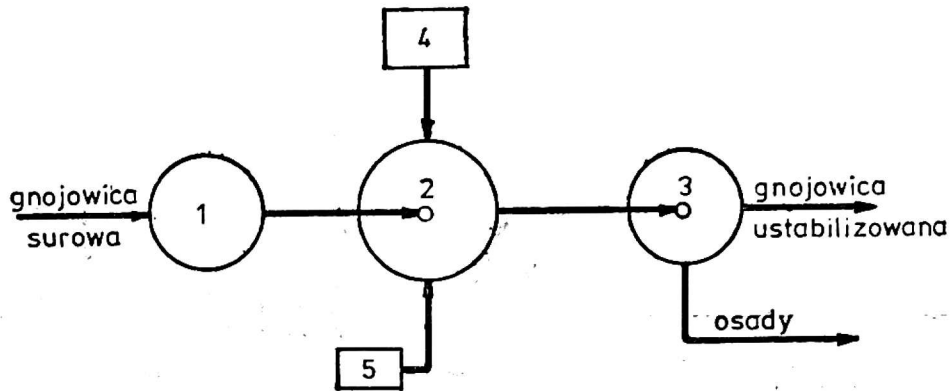
Zdolność bioutleniania gleby

Rodzaj gleby	Zdolność utleniająca gleby w g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> · dn.
Piaski słabo gliniaste	4—12
Piaski gliniaste	2—4
Gliny piaszczyste	1—2
Gliny średnie	0,5—1

zrzutowe są dodatkowym źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych i powinny być zaopatrzone w odpowiednie urządzenia ochronne.

W przypadku braku odpowiedniej wielkości powierzchni do nawodnień, można zastosować rozwiązanie pośrednie, polegające na częściowym zmniejszeniu ładunku zanieczyszczeń, stosując np. metodę Kołaczkowskiego [19] i rolnicze wykorzystanie ścieków (rys. 9) na mniejszych powierzchniach użytków rolnych. Metoda ta polega na termofilowej aerobowej biodegradacji materii organicznej gnojowicy przy jednoczesnej dezynfekcji cieplnej i częściowemu odwodnieniu (dezodoryzacji) gnojowicy, co ułatwia jej rolnicze wykorzystanie. Stopień oczyszczenia określony wartością ChZT wynosi około 50-75%.

W przypadku krańcowym, tzn. gdy występuje absolutny brak możli-



- 1- zbiornik wyrównawczy
- 2- biodegradator
- 3- depresor (osadnik wtórny)
- 4- źródło ciepła
- 5- sprężarka

Rys. 9. Schemat częściowego oczyszczania ścieków z fermy bukatów, metodą Kołaczkowskiego [19]

wości rolniczego wykorzystania płynnych nawozów, można zastosować biologiczną metodę ich niszczenia zwaną anaerobowo-aerobową wg rysunku 10.

#### OCHRONA WÓD PRZED ZANIECZYSZCZENIAMI PRZESTRZENNymi

Chodzi w tym przypadku o zanieczyszczenia spłukiwane wraz z opadami atmosferycznymi z terenów nieskanalizowanych, tj. z obszarów rolnych i leśnych, pochodzące z powietrza atmosferycznego, z nawożenia lasów, pól, łąk i pastwisk, z chemizacji rolnictwa i leśnictwa, dopływające do rzek w postaci odpływów drenażowych i otwartych systemów odwadniającego, jak również nadmiary wód pochodzące z nawodnień i zawierające określone ilości związków biogennych, tj. azotu, fosforu i potasu, a także biocydów.

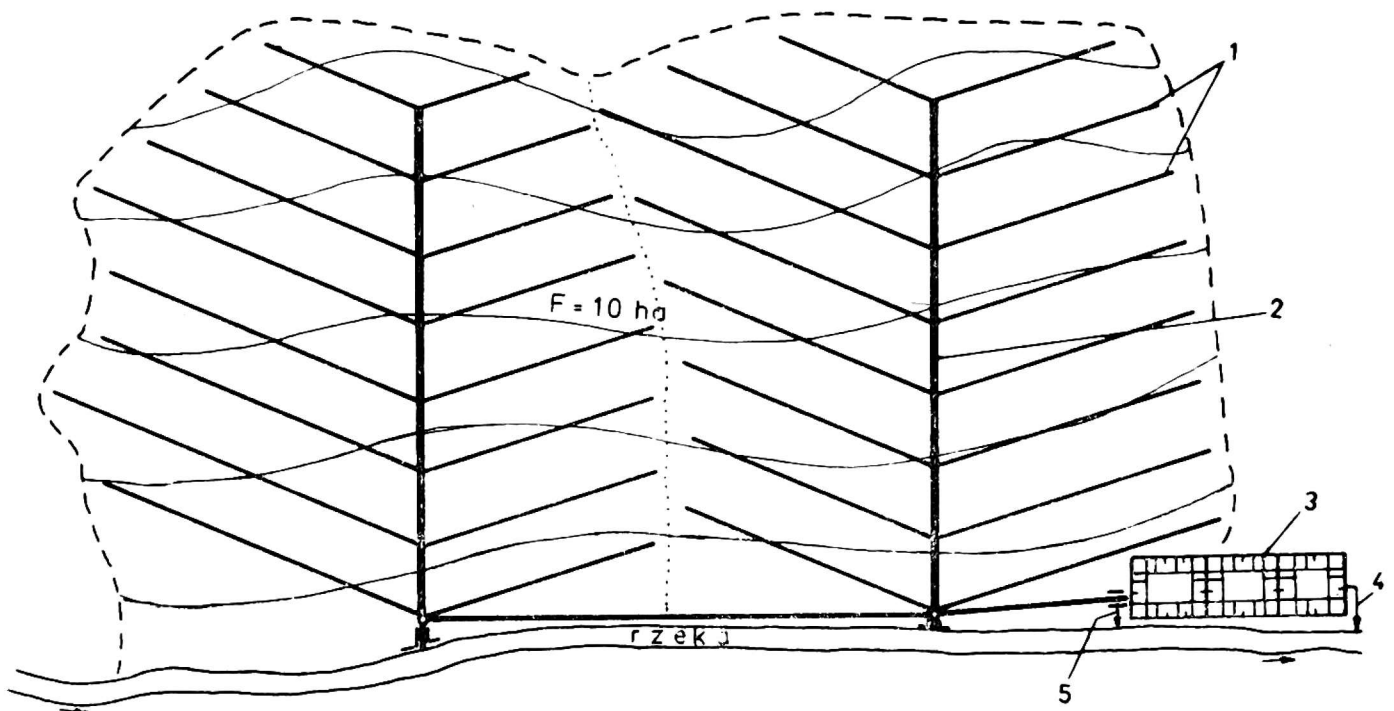
W tym przypadku należy przebudować istniejące systemy wodno-melioracyjne w ten sposób, żeby odpływy z pól nie doprowadzać bezpośrednio do rzek, lecz gromadzić je w odpowiednich stawach lub zbiornikach i przepompowywać z powrotem do nawodnienia obszarów rolniczo intensyfikowanych, zamykając obieg wody i materii. W przypadkach gdy jest to niemożliwe, wody te należy skierować na stawy glonowo-bakteryjne i rybne dla usunięcia z nich nadmiernych ilości azotu i fosforu. Na wyprodukowanych w ten sposób glonach i na rzęsie wodnej (*Lemna minor*) można prowadzić uboczną hodowlę kaczek. Glony te mogą być również





odwodnione, wysuszone i wykorzystane jako dodatek do pasz treściwych [26].

Przykład ochrony odbiornika przed substancjami biogennymi odpływającymi z systemów drenarskich przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Schemat ochrony zbiornika przed substancjami biogennymi odpływającymi z systemów drenarskich: 1 — sączki drenarskie, 2 — zbieracz wód drenażowych, 3 — stawy glonowo-bakteryjne, 4 — odpływ, 5 — przelew

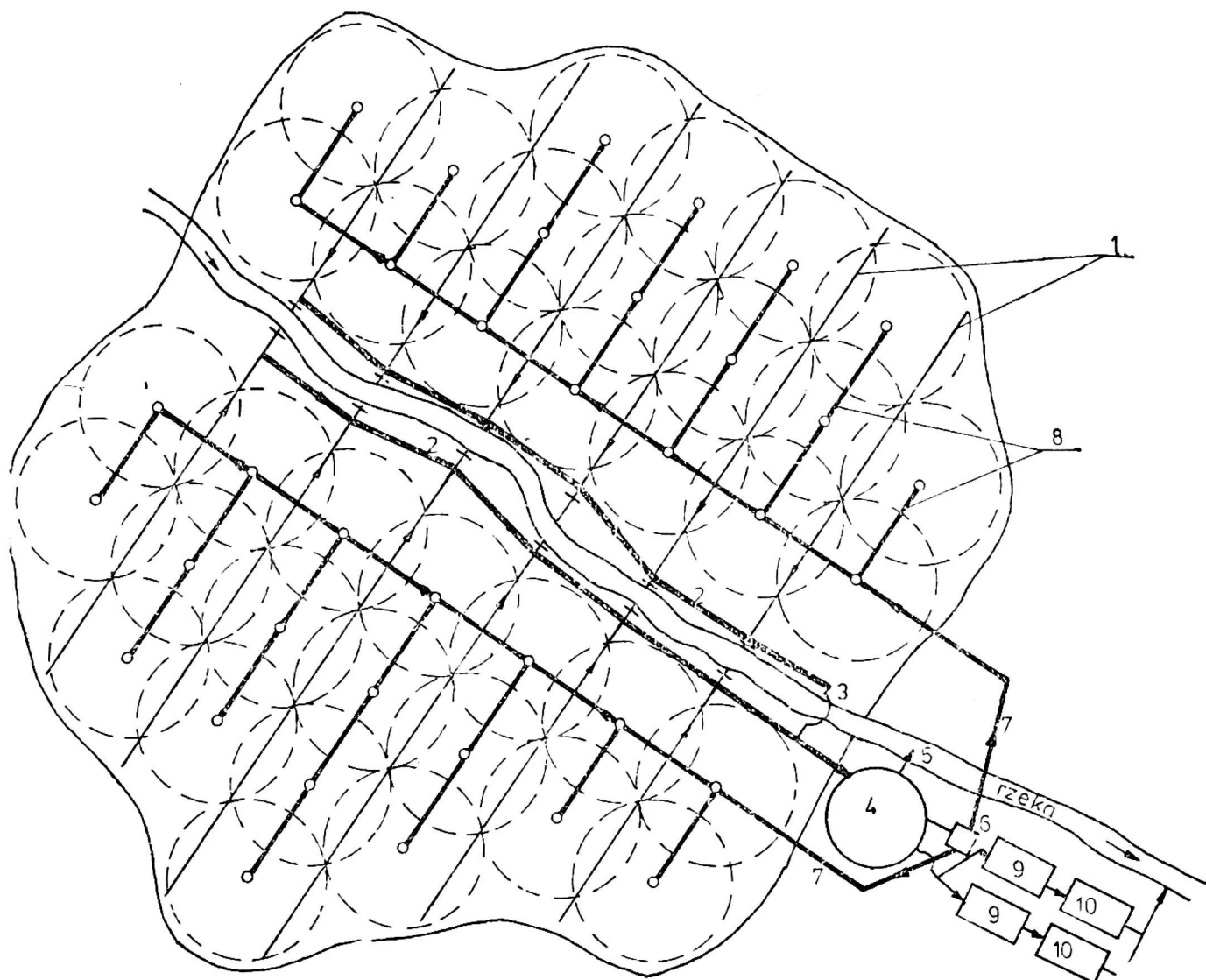
Podstawą do wymiarowania urządzeń ochronnych mogą być np. badania Kostrzewy [22], przeprowadzone w latach 1961-1973, dotyczące odpływu z sieci drenarskiej na gruntach ornym, położonych na terenach równinnych południowo-zachodniej części Polski. Wynika z nich, że odpływ siecią drenarską występował przede wszystkim jesienią — w listopadzie i grudniu pod wpływem opadów deszczu, wiosną — w lutym i marcu w wyniku tajania śniegu, oraz w kwietniu i maju po obfitych opadach deszczu. Średnie miesięczne i roczne odpływy jednostkowe wynosiły 0,1-0,2 l/s·ha. Odpływ największy wynosił 1 l/s·ha.

Przyjmując za miarodajne do wymiarowania stawów glonowo-bakteryjnych odpływ 0,2 l/s·ha dla powierzchni zdrenowanej 10 ha, otrzymuje się wartość odpływu 172,8 m<sup>3</sup>/dn. Przy 30-dniowym przytrzymaniu wody pojemność stawu wyniesie 5184 m<sup>3</sup>. Dla głębokości stawu 0,5 m potrzebna więc powierzchnia 10 268 m<sup>2</sup>  $\cong$  1 ha.

Z powyższego wynika, że powierzchnie stawów glonowo-bakteryjnych, potrzebne dla ochrony wód przed ujemnymi skutkami wypłukiwanych związków biogennych z systemów drenażowych, wynoszą około 10% powierzchni pól zdrenowanych. Stawy te będą stanowiły dodatkowy pozy-

tywny czynnik w magazynowaniu wód i będą istotnym elementem w całości kształcie programu małej retencji wodnej.

Schemat otwartego systemu odwadniającego ochraniającego wody odbiornika przed zanieczyszczeniami przestrzennymi przedstawiono na rysunku 12.



- 1-istniejące rowy odwadniające
- 2-nowe rowy opaskowe
- 3-syfon
- 4-zbiornik akumulacyjny
- 5-przelew do rzeki
- 6-stacja pomp
- 7-rurociągi główne recyrkulacyjne
- 8-rurociągi boczne deszczowni
- 9-stawy glonowo-bakteryjne
- 10-stawy rybne

Rys. 12. Schemat otwartego systemu odwadniającego ochraniającego wody odbiornika przed zanieczyszczeniami przestrzennymi

Ochrona wód przed biocydami splukiwanymi np. opadami atmosferycznymi z ogrodów i sadów polega na ujęciu tych wód rowami opaskowymi i doprowadzeniu ich do zbiornika akumulacyjnego. Sposób ich degradacji zależy od rodzajów biocydów.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Długość odcinków głównych rzek kraju zaliczonych do III klasy jakości i rzek nie odpowiadających normatywom stanowi łącznie 44,4% ogólnej długości rzek, przy czym w ostatnich latach obserwuje się trend pogarszania się stanu czystości wód płynących. W zakresie wód stojących 46,1% ogólnej pojemności jezior zostało zaliczone do klasy III i do klasy nie odpowiadającej normatywom. Dodając do powyższej oceny powiększające się zanieczyszczenie morskich wód wewnętrznych i przybrzeżnych, dochodzi się do wniosku, że już w chwili obecnej ochrona wód przed zanieczyszczeniem i eutrofizacją nabiera w całokształcie problemu środowiska pierwszorzędne znaczenie.

Intensyfikacja gospodarki rolnej i leśnej będzie powodowała w perspektywie wzrost ilości zanieczyszczeń dopływających do wód powierzchniowych. Jej wpływ na stan środowiska należy analizować pod kątem trzech rodzajów zanieczyszczeń: punktowych, obszarowych i pasmowych.

Punktem ciężkości ochrony wód przed zanieczyszczeniami punktowymi będą w roku 1990 ścieki pochodzące z gospodarki rolniczej, a nie z gospodarki komunalnej, gdyż roczny ładunek zanieczyszczeń pochodzący tylko z hodowli trzody chlewnej i bydła będzie 10-krotnie większy od ładunku zanieczyszczeń wytwarzanego przez ludność mieszkającą w miastach i 18-krotnie większy od ładunku zanieczyszczeń pochodzących od ludności wiejskiej.

Intensyfikacja rolnictwa i leśnictwa, związana ze stosowaniem wysokich dawek nawozów mineralnych, będzie prowadziła do przyspieszania procesu eutrofizacji wód stojących i spiętrzonych, spowodowanej dopływem do nich związków biogenych, tj. azotu i fosforu oraz do zasolenia gleb.

Stosowanie w rolnictwie biocydów, tj.: pestycydów, policyklicznych węglowodorów aromatycznych oraz substancji śladowych, głównie metali ciężkich dla ograniczenia strat wyrządzanych przez choroby, szkodniki i chwasty będzie wywierało toksyczny i trujący wpływ na wody potoków, rzek i jezior. Realizacja programów mechanizacji rolnictwa, melioracji rolnych i leśnych, przemysłowej hodowli bydła, trzody chlewnej i drobiu, i związanej z tym rozbudowy bazy paszowej, jak również realizacja programu centralnego zaopatrzenia ludności wiejskiej w wodę do

picia doprowadza do powstania nowych ładunków zanieczyszczeń, które w konsekwencji wpłyną bardzo istotnie na pogorszenie jakości wód powierzchniowych i podziemnych.

Ocenia się, że tylko na skutek rozwoju rolnictwa i leśnictwa długość rzek klasy nie odpowiadającej normatywom osiągnie w 1990 roku 60% ogólnej długości rzek kraju.

W zakresie kierunków i metod przeciwdziałania degradacji środowiska wodnego, wynikającej z intensyfikacji gospodarki rolnej i leśnej należy:

— w pierwszej kolejności stosować szerzej niż dotychczas, intensyfikację oczyszczania ścieków w istniejących mało sprawnych urządzeniach,

— preferować kierunek integracji różnych rodzajów ścieków pochodzących z rolnictwa, gospodarki komunalnej i przemysłu we wspólnych oczyszczalniach centralnych i grupowych wykonywanych według projektów typowych z większym niż dotychczas zastosowaniem metod biologicznych w stawach ściekowych, rybnych, glonowo-bakteryjnych i na polach nawadnianych,

— w pierwszej kolejności rolniczo wykorzystywać zanieczyszczenia związane z wielkoprzemysłową i tradycyjną hodowlą trzody chlewnej, bydła i drobiu oraz z wytwarzaniem kiszonek wraz ze stosowaniem odpowiednich urządzeń ochronnych dla zanieczyszczeń powstających na polach zrzutowych,

— przebudować istniejące systemy wodno-melioracyjne w ten sposób, żeby odpływy z pól nie doprowadzać bezpośrednio do rzek, lecz gromadzić je w odpowiednich stawach lub zbiornikach i przepompowywać z powrotem do nawadniania obszarów rolniczo intensyfikowanych, zamykając obieg wody i materii w celu ochrony wód przed zanieczyszczeniami przestrzennymi.

#### LITERATURA

1. Abwasser aus Landwirtschaftlichen Betrieben — Merkblatt. Wyd. Abwassertechnische Vereinigung (ATV), z. A, 116, Bonn, listopad 1970.
2. Bardtke D., Jeserich G.: Einfluss von Abfällen und Ausscheidungen der Thierischen Produktion auf Wasser und Gewässer. Berichte über Landwirtschaft. Tom. 50 (1972), z. 3 Hamburg — Berlin, 1972, s. 666-674.
3. Bernhardt H., Such W., Wilhelms A.: Untersuchungen über die Nährstofffrachten aus vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten mit ländlicher Besiedlung, Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, 16, 1969, s. 60-118.
4. Bernhardt H., Clasen J., Nusch E.: Vergleichende Untersuchungen zur Ermittlung der Eutrophierungsvorgänge und ihrer Ursachen an Riveris- und Wahnachtalspere. Vom Wasser 40, 1973, s. 245-303.



5. Bernhardt H.: Die Bedeutung forstwirtschaftlich genutzter Flächen für den Schutz von Trinkwassertalsperren und die Erhaltung der Qualität des gestauten Wassers. DVGW — Schriftenreihe — Wasser, 1, Frankfurt 1974, s. 11-16.
6. Chilczuk M., Czyżewski A.: Ochrona środowiska rolniczego i hydrograficznego w Polsce. NOT, Warszawa 1973.
7. DVGW — Untersuchungsprogramm. Biozidgehalt in 19 deutschen Talsperren. Frankfurt 1974.
8. Engelbrecht R. S., Morgan J. J.: Studies on the Occurrence and Degradation of Condensed Phosphate in Surface Waters. Sewage Ind. Wastes, 31/458, 1959.
9. Engelbrecht R. S., Morgan J. J.: Land Drainage as a Source of Phosphorus in Illinois Surface Water. Algae and Metropolitan Wastes. Robert A. Taft Sanitary Eng. Center, Tech. Rep. W. 61-3, 1961.
10. Evers F. H.: Die Düngung von Waldflächen und ihre Auswirkung auf die Wasserqualität oberflächlich abfließender Wässer und Quallwässer. DVGW — Schriftenreihe — Wasser, 1, Frankfurt 1974, s. 45-49.
11. Gächter R., Furrer O. J.: Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz. Schweizerische Ztsch. für Hydrologie 34, 1972, s. 41-70.
12. Graudina V.: Chemical Composition of Drainage Waters. Tr. Latv. Nanchn. — Issled. Inst. Hidrotekhn. i Melior., 217, 1962.
13. Imhoff Kr.: Ölabscheidebecken für Fernstrassen im Ruhrtal. GWF, 1967, z. 2, s. 43-45, (Wasser-Abwasser).
14. Imhoff K., i Imhoff K.: Taschenbuch der Städtenwässerung. R. Oldenbourg Verlag, München, Wien 1972.
15. Informacja o stanie czystości wód jeziorowych Polski objętych kontrolą w latach 1969-1972. IMGW, Wrocław 1973.
16. Jarmolińska K., Grabska I., Szymańska H. i inni: Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce — 1973. Inst. Kształ. Środ. Wrocław 1975.
17. Karłowska M. i inni: Studia i badania nad sposobem ochrony wód rzeki Nysy Kłodzkiej od zbiornika Kamieniec Ząbkowicki do ujęcia w Michałowie oraz rzeki Oławy przed zanieczyszczeniem. IKS, Wrocław 1976.
18. Keller H. N.: Der Chemismus kleiner Bäche in teilweise bewaldeten Einzugsgebieten in der Flyschzone eines Voralpentales. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für forstliches Versuchswesen 46, 1970, s. 113-155.
19. Kołaczkowski S., Bekasiak I.: Sposób oczyszczania ścieków za pomocą aerobowych fermentacji oraz urządzeń do stosowania tego sposobu. Zgłoszenie patentowe Nr P-16753 z 19.09.1973 r.
20. Kompleksowy program ochrony i kształtowania środowiska w Polsce do roku 1990. MGTi OŚ, Warszawa 1973.
21. Koziarski Sz., Szczęsny K., Oleszkiewicz M. i inni: Studium kanalizacji i sposobu oczyszczania ścieków dla wsi Zaniemyśl oraz wsi przyległych. Zał. 3 do oprac. „Metoda programowania kanalizacji i oczyszczania ścieków z osiedli wiejskich”. IKS, Wrocław, 1975.
22. Kostrzewa S.: Odływ z sieci drenarskiej na gruntach ornym terenów równinnych na podstawie obserwacji w Czatkowicach (pow. Milicz) i Nowej Wsi książęcej (pow. Kępno). Zesz. nauk., 115, AR Wrocław, Melioracja XXI, Wrocław 1975.
23. Kutera J.: Wytyczne technologiczno-rolnicze wykorzystanie gnojowicy. IMUZ, Falenty, kwiecień 1972.



24. Malanowski Z., Bajtlik M. i inni: Stan czystości wód jeziorowych Polski kontrolowanych w roku 1973 przez WGWiOP. IKS, Warszawa 1974.
25. Mańczak H.: Zastosowanie metody statystycznej do oceny stopnia zanieczyszczenia wód rzecznych na podstawie wyników periodycznych badań wody w przekroju pomiarowo-kontrolnym. Prace IGW, t. II, z. 2, 1963.
26. Mańczak H.: Ochrona wód przed zanieczyszczeniem i marnotrawstwem na tle wytycznych Komitetu Centralnego na VII Zjazd PZPR. Referat, IKS, Wrocław 1975.
27. Mańczak H.: Grupowe oczyszczalnie. Prace IGW.
28. Materialien zum Umweltprogramm der Bundesregierung 1971.
29. Ohle W.: Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung. Vom Wasser, 20, 1953.
30. Pleisch P.: Die Herkunft eutrophierender Stoffe bei Pfäffiker- und Greifensee. Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich 115, 1970.
31. Sawyer C. N.: Fertilization of Lakes by Agricultural and Urban Drainage. J. New Engl. Water Works Assoc., 61/109, 1947.
32. Solski A., Wernikowska-Ukleja A.: Ocena czystości wód 20 wybranych jezior w Polsce. IGW, Wrocław 1972.
33. Stumm W., Morgan J. J.: Aquatic Chemistry. New York 1970.
34. Sylwester R. O.: Nutrient Content of Drainage Water for Forested, Urban and Agricultural Areas, Algae and Metropolitan Wastes. Robert A. Taft Sanitary Eng. Center, Techn. Rep. W 61-3, 1961.

*Генрик Маньчак*

## ЭВТРОФИЗАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

### Резюме

Состояние загрязнения поверхностных проточных вод, определенное на основании исследований проведенных в период 1971-1973 гг., показывает, что общая длина рек довольно чистых, т.е. причисленных к классам I и II, составляет в период осенней кампании пищевой промышленности 55,6% общей длины рек страны. Остальные 44,4% длины составляют сильно загрязненные реки. Длина участков рек, на которых в период кампании были превышены нормативные показатели III-го класса, составляет 26,4%. Общая площадь исследованных в этот период озер составляла 35 207 тыс. гектаров. Объем чистых стоячих вод, причисленных к классам I и II, составляет 53,9%, а сильно загрязненных вод составляет 46,1% общего объема озер.

Интенсификация сельского и лесного хозяйства будет вызывать в дальнейшей перспективе увеличение загрязнений поступающих в поверхностные воды. Ее влияние на природную среду анализируется с точки зрения загрязнений в отдельных точках, пространственных и полосовых загрязнений. Годовой сброс загрязнений из крупных свиноводческих и скотоводческих промышленных ферм будет 10-кратно выше, чем сброс загрязнений из домашних хозяйств жителей городов. Применение все более высоких доз минеральных удобрений ускорит процесс эвтрофикации природных стоячих вод и искусственных водоемов. Бициды будут оказывать токсическое влияние на воды потоков, рек и озер. Следует применять ниже приведенные методы противодействующие деградации водной среды:

— интегрировать сельскохозяйственные, коммунальные и промышленные сточные воды в общих центральных и групповых станциях очистки, с применением биологических методов в прудах сточных вод, а также бактериально-альговых и рыбных прудах и на ирригационных полях;

— использовать в сельском хозяйстве загрязнения связанные с крупно-промышленным и традиционным свиноводством и скотоводством, а также стоки из производства силосов;

— собирать в водоемах и прудах дренажные воды вытекающие из гидро-мелиоративных систем и перекачивать их для вторичного орошения площадей интенсивного сельского хозяйства, закрывая таким образом оборот воды, с одновременной охраной воды от пространственных загрязнений.

*Henryk Mańczak*

## EUTROPHICATION AND CONTAMINATION OF SURFACE WATERS

### Summary

The contamination state of flowing surface waters, determined on the basis of investigations carried out in the period 1971-1973, proves that the length of fairly pure rivers, i.e. assigned to the classes I and II, amounts in the food industry campaign period to 55.6% of total length of rivers on the country territory. Remaining 44.4% of the length constitute heavily contaminated rivers. The length of river sectors, on which standard values of the class III in the period of the food industry campaign were exceeded, amounts to 26.4%. The total area of lakes comprised with investigations amounted at that period to 35.207 thous. hectares. The volume of clear stagnant waters assigned to the classes I and II is 53.9%, whereas that of heavily contaminated waters is 46.1% of the total capacity of lakes.

The future intensification of agriculture and forestry will cause a growth of contaminants coming into surface waters. Its effect on the habitat state is analyzed under the aspect of point, spatial and strip contamination. The annual load of contaminants from pig and cattle industrial farms will be 10 fold higher than that originating from municipal households. The application of higher and higher rates of mineral fertilizers will accelerate the eutrophication process of stagnant and impounded waters. Biocides will exert a toxic effect on water of streams, rivers and lakes. The following measures counteracting the degradation of water medium ought to be applied:

— integration of agricultural, municipal and industrial waste waters in common central and grouped treatment plants, at application of biological methods in waste-water, bacteria-algae and fish ponds as well as on irrigated fields;

— using in agriculture contaminating elements originating from industrial and traditional pig and cattle farms and effluents from the silage production;

— accumulation of drainage waters flowing off hydro-reclamation systems in reservoirs and ponds and pumping them over for repeated irrigation of areas of intensive agriculture, closing in such a way the circulation of water and substances and protecting at the same time waters against the spatial contamination.