

OKREŚLENIE PODATNOŚCI ZANIECZYSZCZEŃ ORGANICZNYCH WYSTĘPUJĄCYCH W WODACH POWIERZCHNIOWYCH NA BIOCHEMICZNY ROZKŁAD

Wzrastające zapotrzebowanie na wodę do celów pitno-gospodarczych zmusza do coraz częstszego korzystania z wód powierzchniowych, których jakość jest często niezadowalająca. Ponadto w wodach tych obserwuje się obecność różnego typu mikrozanieczyszczeń, takich jak: metale ciężkie, mikrozanieczyszczenia organiczne, często o działaniu rakotwórczym, mutagenym i teratogennym, z których część stanowią refraktanty [1].

Klasyczne procesy uzdatniania wody takie jak koagulacja, filtracja, sorpcja, w tych wypadkach są często niewystarczające i koniecznym okazuje się zastosowanie naturalnych procesów. Znakomitą poprawę jakości wody można uzyskać przez zastosowanie infiltracji. W procesie tym uzyskuje się poprawę jakości wody, gdyż następuje usunięcie zanieczyszczeń, podatnych na rozkład biochemiczny (w procesach biochemicznego utleniania), częściowo związków refrakcyjnych (w procesach sorpcji) oraz metali ciężkich (w procesach sorpcji, wiązania chemicznego w osadach i strącania). Proces infiltracji jest skuteczny, jeżeli w wodzie przeważają związki organiczne, podatne na biochemiczny rozkład. Stąd celem pracy jest ustalenie metodyki badań, mającej na celu określenie podatności związków organicznych na biochemiczny rozkład, na przykładzie badań, przeprowadzonych na wodzie z rzeki Odry. Zanieczyszczone wody powierzchniowe mogą zawierać znaczną część związków refrakcyjnych w ogólnej ilości związków organicznych. W takim przypadku ChZT wody będzie wysokie, natomiast utlenialność i BZT₅ niskie, zatem stosunek ChZT/utl. i ChZT/BZT₅ będzie wysoki [2, 3]. O wielkości udziału niepodatnych na rozkład frakcji w odpływie z biologicznej oczyszczalni ścieków świadczą badania Monka [4], który stwierdził, że od 36% do 50% ChZT stanowiły związki stabilne, niepodatne na rozkład biochemiczny. Podobnego stosunku należy oczekiwać w zanieczyszczonych wodach powierzchniowych, w których zachodzą intensywne procesy samooczyszczania się, a ich wynikiem jest przyrost refraktantów i związków stabilnych, niepodatnych na dalszy biologiczny rozkład. Pozostałość po biodegradacji jest czasami nazywana „popiołem” ze spalania na morko. Ta pozostałość jest trudna do usunięcia w procesach sztucznych, natomiast możliwa do usunięcia w procesach naturalnych, przy długim czasie ich trwania.

Metodyka badań

Pobrane próby wody z rzeki Odry napowietrzano w naczyniach szklanych o pojemności 10 dm³. Seria składa się z trzech prób, z których do dwóch dodano zmienne ilości ścieków surowych. Próby napowietrzano tak, aby powietrze wydzielalo się w postaci pojedynczych pęcherzyków i nie powodowało całkowitego wymieszania zawartości naczynia. Ma to na celu wytworzenie przydępanej strefy osadowej oraz wytworzenie częściowej turbulencji w strefie nadosadowej.

Dwa razy w tygodniu pobierano próby do analizy po całkowitym wymieszaniu zawartości kolby. Wykonywano następujące oznaczenia (po filtracji przez twardy sączek, oraz w próbie bez sączenia): BZT₄, ChZT, utlenialność, barwa, zawartość substancji humusowych, pH, azot amonowy, -azotanowy, -azotynowy. BZT₄ wykonywano ze względu na cykl pracy laboratorium analitycznego.

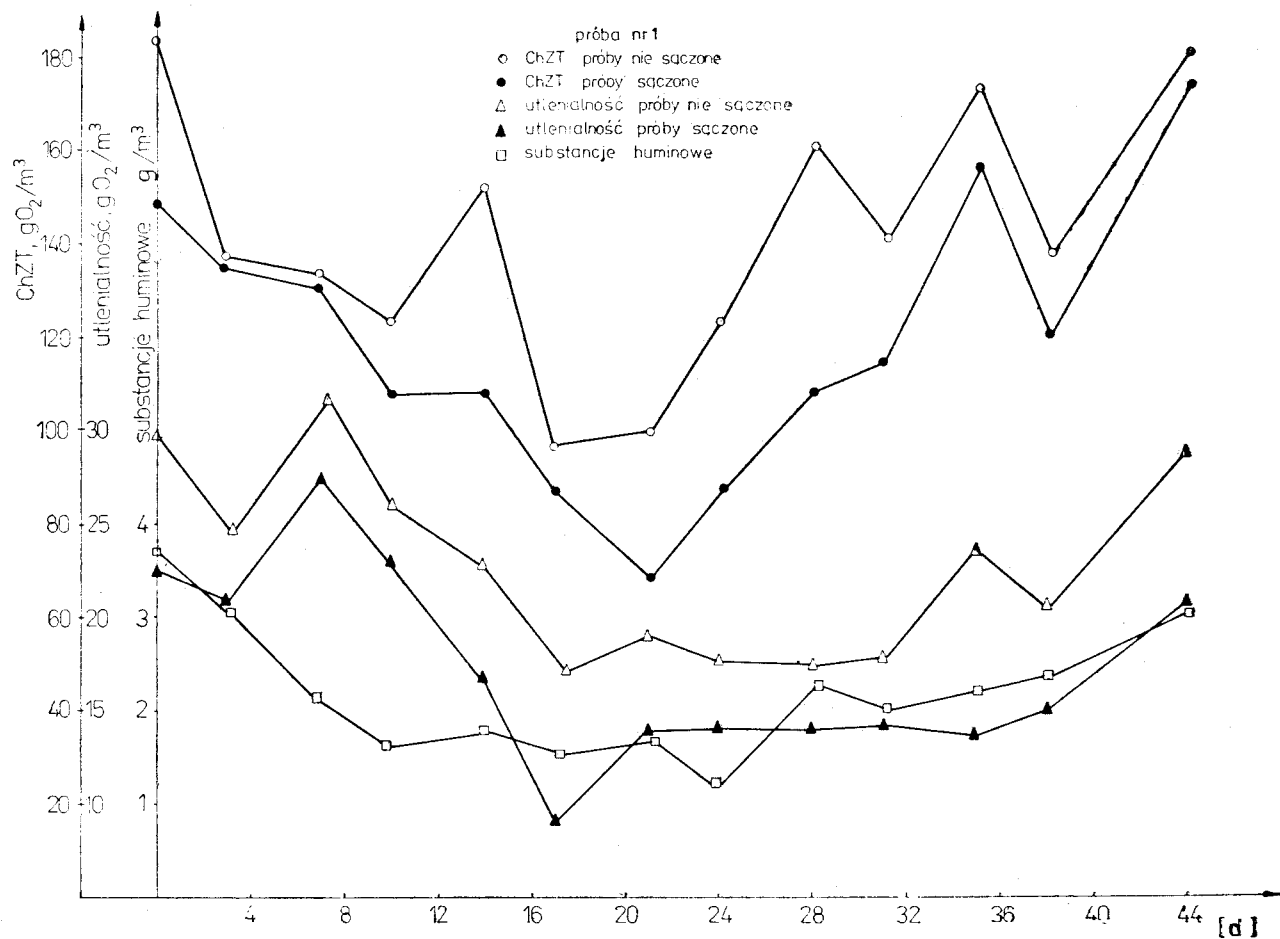
Wyniki badań

Wykonano 4 serie badań. Na rys. 1—6 zamieszczono wyniki badań z jednej serii. Stwierdzono, że proces rozkładu związków organicznych składa się z dwóch faz. Pierwsza faza biochemicznego rozkładu związków organicznych charakteryzuje się zmniejszeniem wartości BZT₄, ChZT, utlenialności, zawartości substancji humusowych (rys. 1—3) i trwa od 16 do 20 dni. Druga faza procesu charakteryzuje się wzrostem zawartości związków organicznych (wzrost wartości ChZT, utlenialności, substancji humusowych), natomiast BZT₄ pozostaje bez zmian, związane jest to z przebiegiem procesów fotosyntezy i rozwojem glonów.

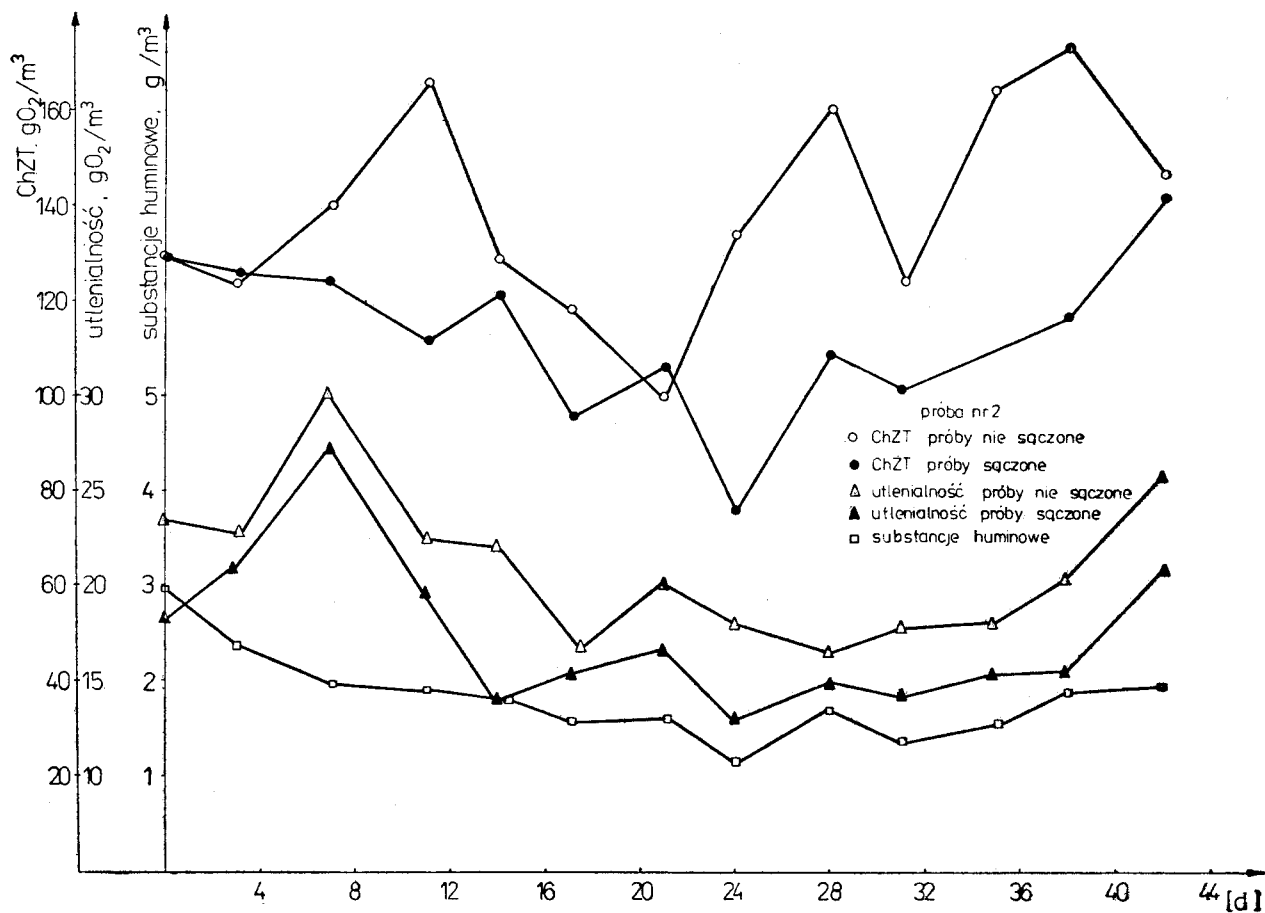
W próbach zaobserwowano liczne występowanie glonów typu *Diatomae* oraz nieliczne typu *Chlorophyta*.

Omówienie wyników badań

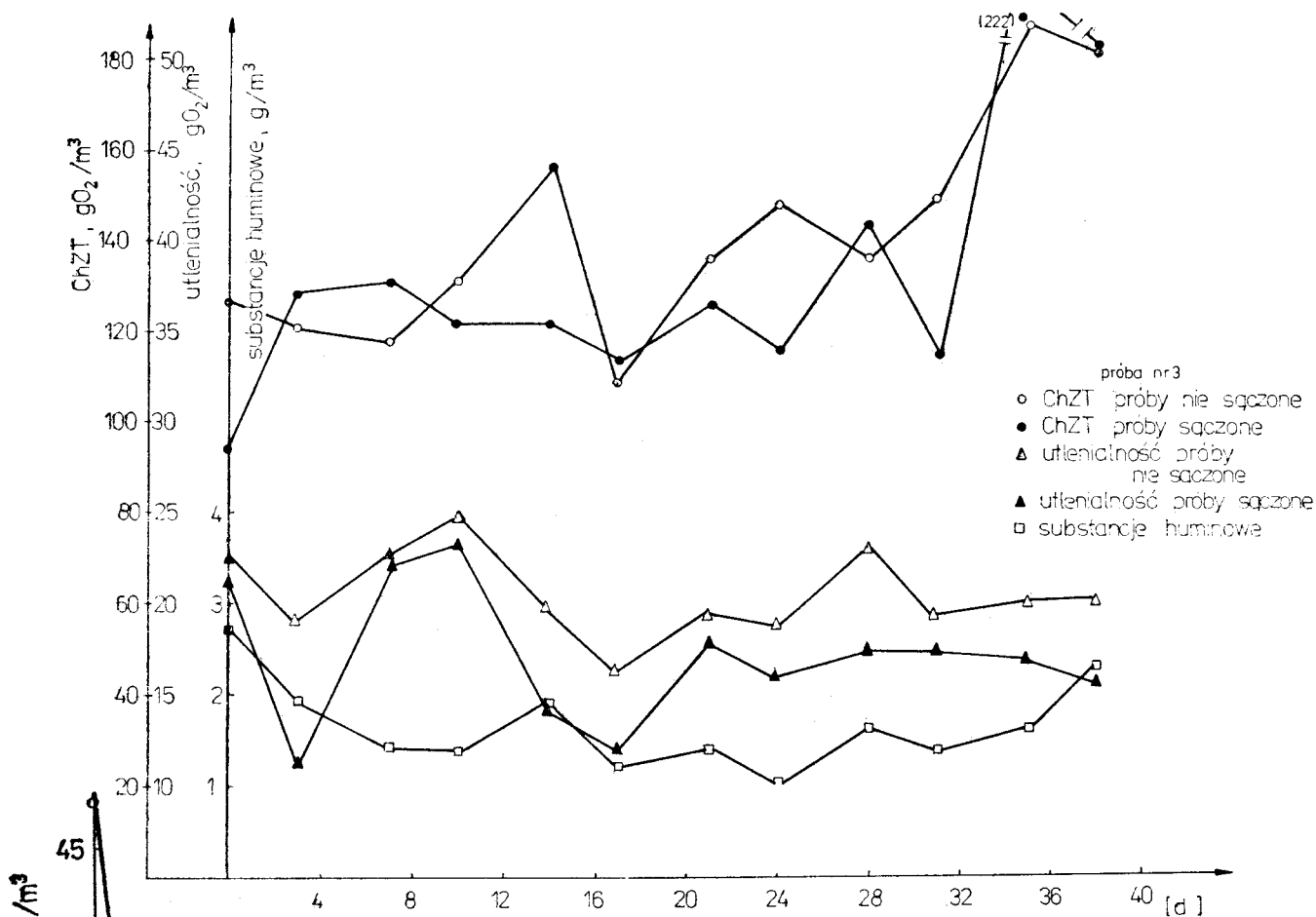
Do określenia podatności związków organicznych na biochemiczny rozkład przydatna jest pierwsza faza procesu, w której nie zaobserwowano gwałtownego rozwoju glonów. Ponadto w okresie tym następuje rozkład związków organicznych (BZT₄ osiąga wartość minimalną i nie ulega zmianie). Na tej podstawie można określić udział związków podatnych na biochemiczny rozkład, w ogólnej masie zanieczysz-



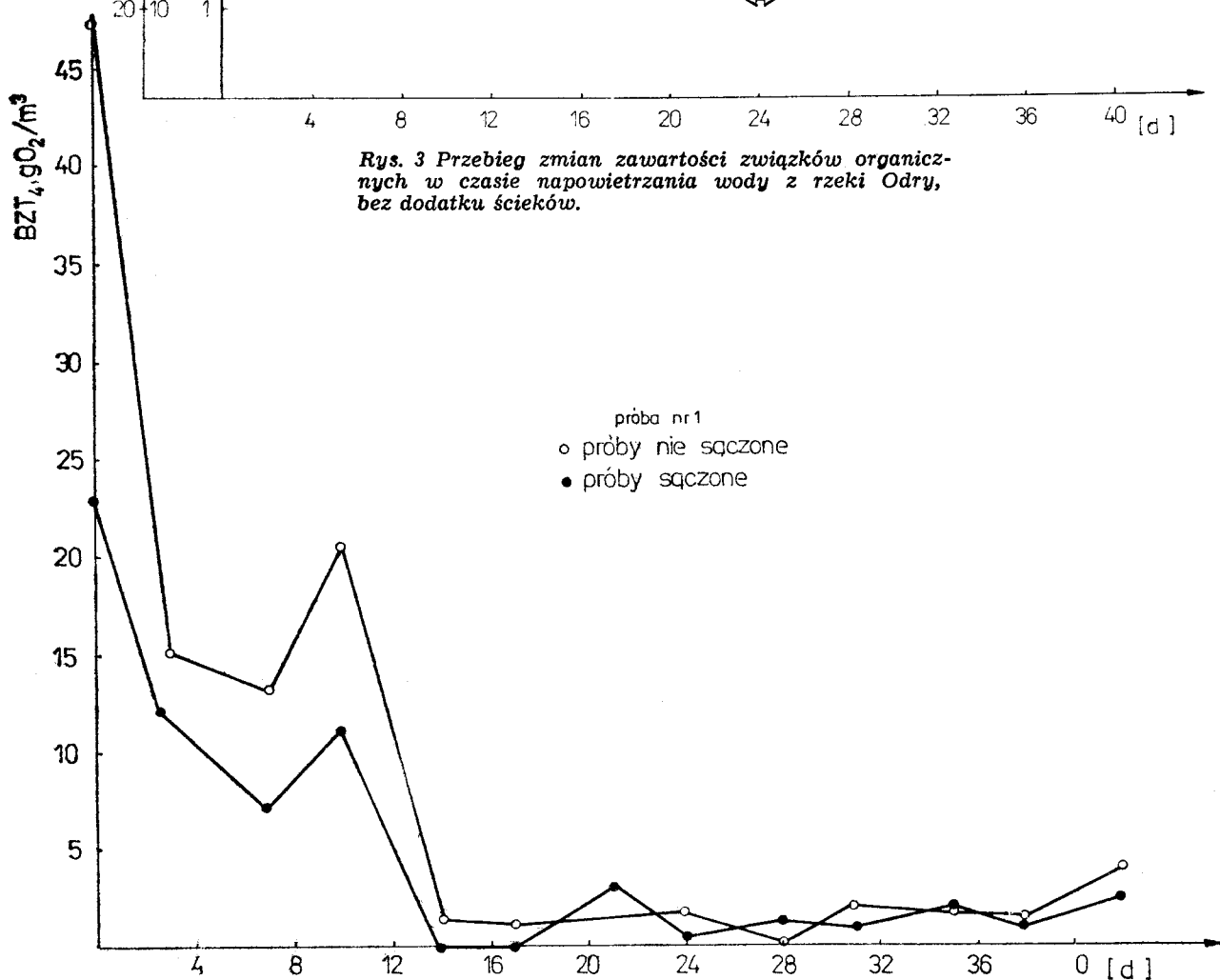
Rys. 1. Przebieg zmian zawartości związków organicznych w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry, z dodatkiem ścieków miejskich (rozcieńcz. 1 : 11)



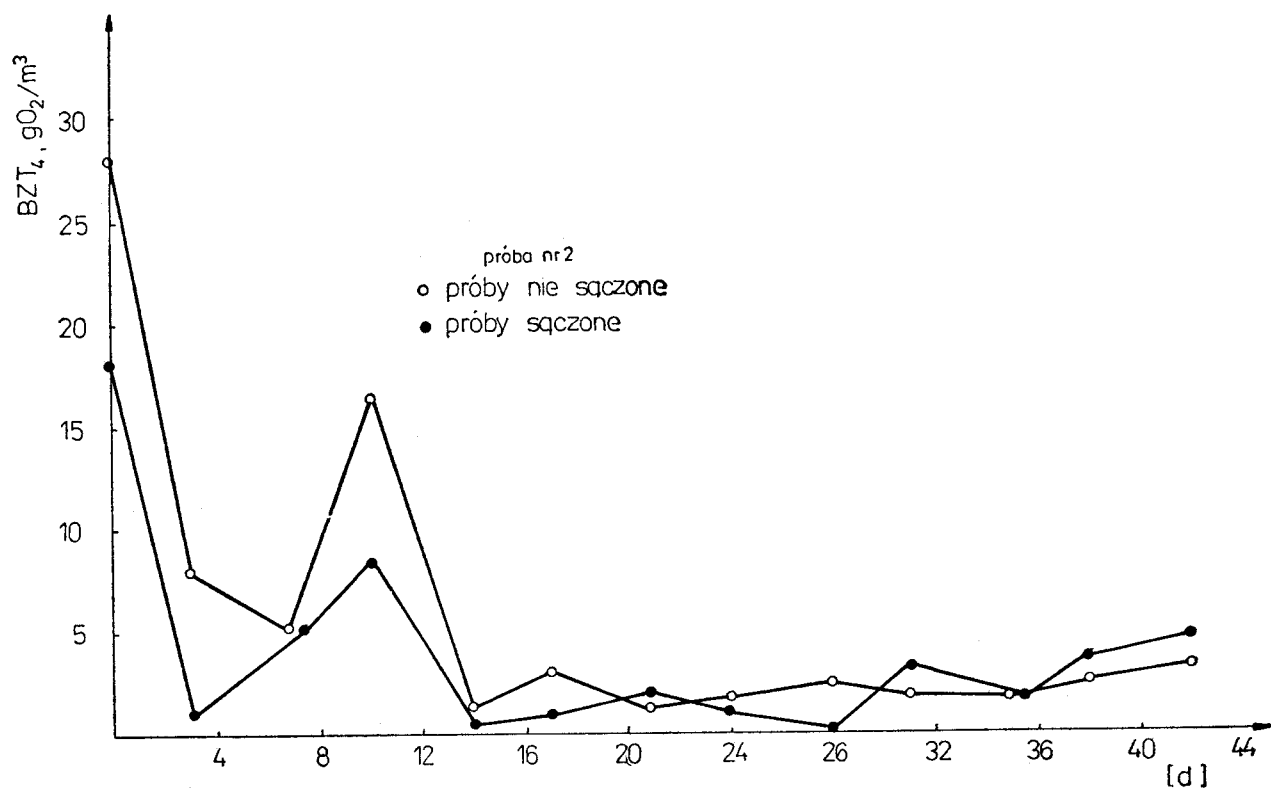
Rys. 2 Przebieg zmian zawartości związków organicznych w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry, z dodatkiem ścieków miejskich (rozcieńcz. 1 : 22)



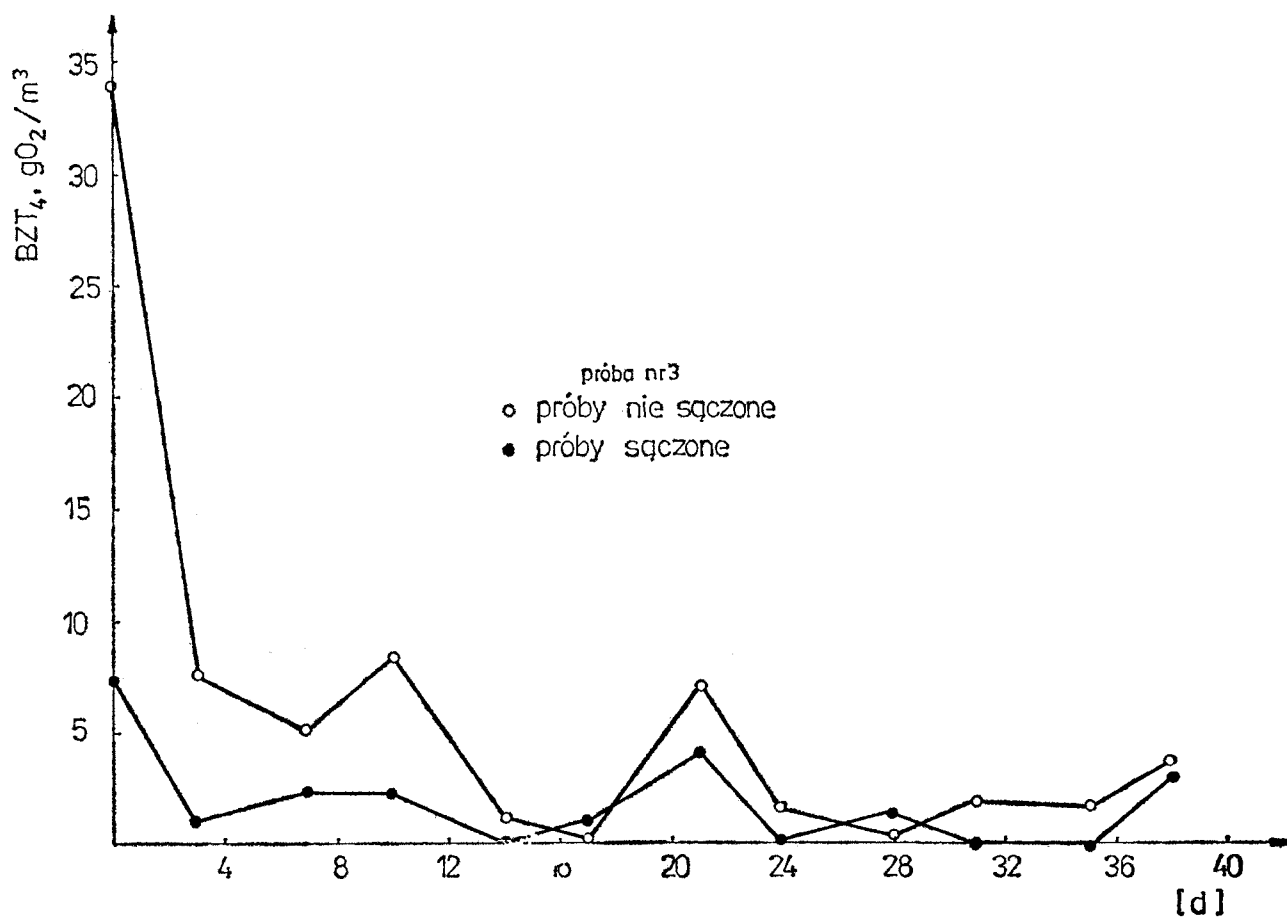
Rys. 3 Przebieg zmian zawartości związków organicznych w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry, bez dodatku ścieków.



Rys. 4 Przebieg zmian BZT₄ w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry z dodatkiem ścieków miejskich (rozcieńcz. 1:11)



Rys. 5 Przebieg zmian BZT_4 w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry, z dodatkiem ścieków miejskich (rozcieńcz. 1 : 22)



Rys. 6 Przebieg zmian BZT_4 w czasie napowietrzania wody z rzeki Odry bez dodatku ścieków miejskich

czeń organicznych. W tym celu należy określić zależność ubytku BZT₄ od ubytku ChZT lub utlenialności. Pozwoli to na przeliczenie BZT na ChZT lub utlenialność.

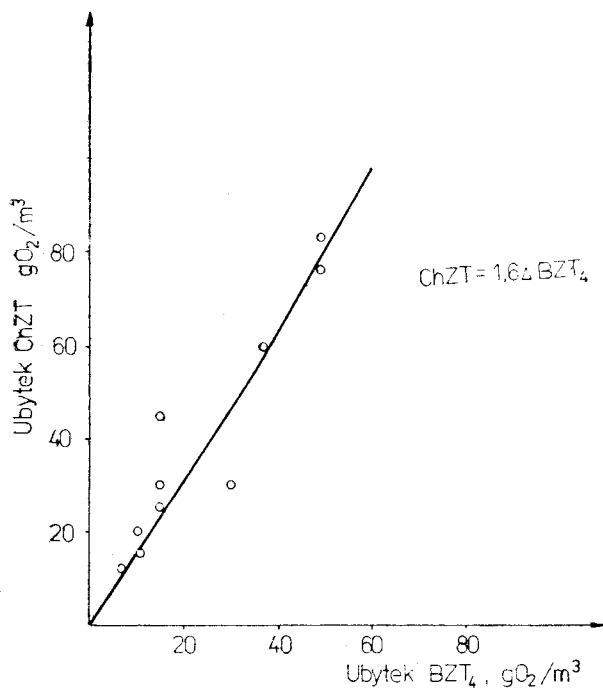
Na rys. 7 i 8 przedstawiono wykresy, obrazujące zależność zmniejszenia BZT₄ od ubytku ChZT (rys. 7) i utlenialności (rys. 8) dla rzeki Odry. Uzyskane zależności są zależnościami liniowymi, które można opisać równaniami:

$$\text{ChZT} = 1,6 \Delta \text{BZT}_4 \quad (1)$$

$$\text{lub } \text{ChZT} = 1,27 \cdot \Delta \text{BZT}_5 \quad (2)$$

$$\text{Utl.} = 0,275 \Delta \text{BZT}_4 - 2,75 \quad (3)$$

Na podstawie tych zależności, można określić,



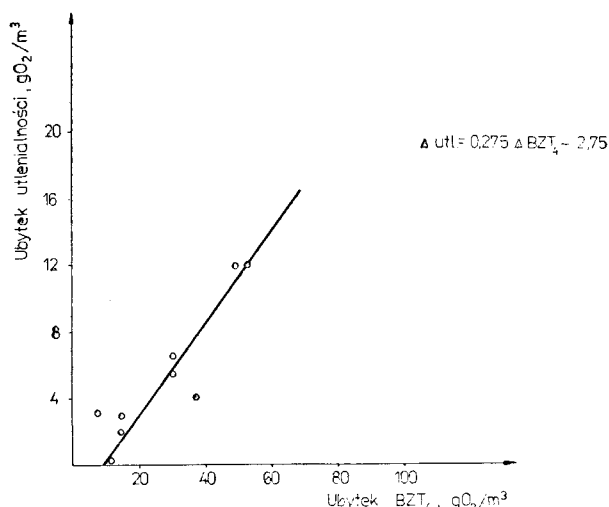
Rys. 7 Zależność ubytku ChZT od ubytku BZT₄ w czasie napowietrzania

w próbie wody z rzeki Odry udział substancji podatnych na biochemiczny rozkład w ogólnej masie związków organicznych.

Analizując przekrój rzeki Odry powyżej NZPO „Rokita” w Brzegu Dolnym (278 km) (tab. 1) stwierdzono, że udział substancji podatnych na biochemiczny rozkład wahał się w granicach od 13,4‰ do 74‰. W większości przypadków udział ten wahał się w granicach od 16‰ do 35‰. Inaczej mówiąc zawartość związków organicznych, niepodatnych na biochemiczny rozkład waha się od 26‰ do 86,6‰ a większość przypadków w granicach od 65‰ do 86,6‰. Zawartość substancji podatnych na biochemiczny rozkład obliczono korzystając ze wzoru (2).

Wnioski

Określenie zawartości związków, podatnych na biochemiczny rozkład pozwala na prognozowanie skuteczności infiltracji i ich usuwania. Inne procesy jednostkowe, zachodzące podczas infiltracji, mogą być ocenione na podstawie badań modelowych lub póltechnicznych. Można również opierać się na wynikach pracy czynnych zakładów, porównując podobieństwo składu wody oraz gruntu terenów infiltracyjnych.



Rys. 8 Zależność ubytku utlenialności od ubytku BZT₄ w czasie napowietrzania

ZAWARTOŚĆ ZANIECZYSZCZEŃ ORGANICZNYCH W WODZIE RZeki ODry.

Tabela 1

Oznaczenie	I		II		III			IV			V		VI		
miesiąc															
BZT ₅ gO ₂ /m ³	6,6	6,4	12	7,4	6,1	12	8	5	11,2	6	7,2	7,5	9,2	4,0	5,9
Utlenialność gO ₂ /m ³	14,8	16	11,5	14	13,2	22	15	13,2	10,4	13,6	12,8	13,6	10,8	24,5	21,0
ChZT gO ₂ /m ³	24	50	25	33	37	77	42	44	29	40	27	44	32	70	56
Substancje podatne na biochemiczny rozkład w przeliczeniu na ChZT gO ₂ /m ³	8,4	8,1	15,3	9,4	7,75	15,2	10,2	6,5	14,3	7,8	9,15	9,5	11,7	5,2	7,8
Substancje niepodatne na biochemiczny rozkład w przeliczeniu ChZT gO ₂ /m ³	7,6	41,9	9,7	23,6	29,25	61,8	31,8	37,5	14,7	32,2	17,85	34,5	20,3	64,8	48,2
Udział substancji podatnych na bioche- miczny rozkład w ogólnej masie za- nieczyszczeń organicznych w %	35	16,2	61	28,3	21,0	19,8	24,3	14,7	49,2	19,4	34,0	21,6	36,5	74,0	13,4

LITERATURA

1. T. KOWALSKI: Determination of biodegradation degree of organic compounds in surface waters. EPE w druku.
2. A. L. KOWAL, T. KOWALSKI: Badania nad wykorzystaniem i prognozowaniem racjonalnego gospodarowania wodami rzeki Odry dla celów gospodarczych. Praca wykonywana na zlecenie Urzędu Wojewódzkiego we Wrocławiu.
3. A. L. KOWAL, T. KOWALSKI: Wpływ stopnia biochemicznego rozkładu na usuwanie związków organicznych w procesie uzdatniania wody. Materiały Konferencyjne. Poznań 1982.
4. J. MONKA: Charakterization of organics in secondary effluents. Environmental Science Technology. Nov. 1974, s. 1017, in „Handbook of Advanced Wastewater Treatment. Von Nostrand Reinhold Company N. Y.

dr inż. Janusz Łomotowski

Instytut Rudownictwa Rolniczego
AR we Wrocławiu

PROGNOZOWANIE SKŁADU WODY PO PROCESIE INFILTRACJI

Jakość wody po procesie infiltracji jest wynikiem zjawisk fizycznych, chemicznych i biochemicznych, jakie zachodzą w czasie wprowadzania wody do gruntu i jej przepływu przez warstwę wodonośną. W niniejszym referacie zostaną określone zasady prognozowania zmian składu wody jakie zachodzą w samej warstwie wodonośnej. Określenie wpływu obiektów zasilania (stawów infiltracyjnych), na skład wody po infiltracji zainteresowani mogą znaleźć w pracach Kowala i Łomotowskiego [1, 2, 3].

Podstawowym równaniem, służącym do prognozowania zmian składu wody w warstwie wodonośnej jest równanie transportu. Dla przepływu jednowymiarowego, w nasyconym jednorodnym ośrodku porowatym ogólne równanie transportu ma postać:

$$-u \frac{\partial c}{\partial x} + D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\rho}{\varepsilon} \frac{\partial S}{\partial t} + \left(\frac{\partial c}{\partial t} \right)_r = \frac{\partial c}{\partial t} \quad (1)$$

gdzie:

- u — średnia prędkość przepływu
- c — stężenie czynnika w wodzie podziemnej
- x — odległość mierzona w kierunku przepływu
- D — współczynnik dyspersji
- ρ — ciężar objętościowy gruntu
- ε — porowatość
- S — masa substancji zaadsorbowanej na jednostce masy gruntu
- t — czas
- $\left(\frac{\partial c}{\partial t} \right)_r$ — wpływ innych czynników na zmiany stężenia (np. biodegradacji, reakcji chemicznych itp.).

Do programowania zmian składu wody w warstwie wodonośnej stosuje się, w zależności od rodzaju rozpatrywanej domieszki wody, uproszczone formy ogólnego równania transportu.

Prognozowanie w oparciu o równanie dyspersji

Pomijając trzeci i czwarty wyraz wyrażenia po lewej stronie równania (1) otrzymamy równanie dyspersji:

$$-u \frac{\partial c}{\partial x} + D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t} \quad (2)$$

będące podstawą do prognozowania zmian stężeń domieszek wody, które w gruncie nie ulegają zjawiskom powierzchniowym, chemicznym lub biochemicznym. Praktycznie, jedynie chlorki spełniają ten warunek, przy założeniu, że nie są wymywane z warstwy wodonośnej. Pomimo tego, równanie dyspersji stosuje się do prognozowania wszystkich domieszek wody, których zmiany nie są wywołane procesami wymywania minerałów z gruntu lub procesami biochemicznymi. Prognozowanie, w oparciu o równanie dyspersji nie stosuje się do: odczynu, twardości i zasadowości wody, zawartości agresywnego i przynależnego dwutlenku węgla, stężeń żelaza i manganu, wskaźników tlenowych wody.

Szerokie zastosowanie równania dyspersji do prognozowania zmian składu wody infiltrującej, w warstwie wodonośnej wynika z tego, że równanie to stosunkowo łatwo można rozwiązać. Gdy przepływ wód podziemnych rozpatrywany jest jako liniowy, równanie dyspersji można rozwiązać analitycznie. Dla przepływu dwu- i trójwymiarowego równanie to rozwiązuje się metodami numerycznymi. Warunkiem koniecznym do rozwiązania równania dyspersji jest znajomość współczynników filtracji i dyspersji warstwy wodonośnej. Określenie współczynników dyspersji warstwy wodonośnej można dokonać równolegle z określeniem współczynnika filtracji. Metodyka prowadzenia tych badań jest stosunkowo prosta w wykonaniu i oparta jest na określeniu charakterystyk przepływu, w określonych warunkach, przez warstwę wodonośną znacznika, którym jest najczęściej chlorek sodowy.