

ODPŁYW WYBRANYCH SUBSTANCJI Z OBSZARÓW ZABUDOWY WIEJSKIEJ

Ludmiła ROSSA¹⁾, Mikołaj SIKORSKI²⁾

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Sanitacji Wsi

²⁾ Politechnika Świętokrzyska, Katedra Technologii Wody i Ścieków

Słowa kluczowe: jakość wody, ładunki zanieczyszczeń, odpływ wód burzowych, wiejskie obszary zabudowane

Streszczenie

W pracy przedstawiono trzyletnie badania stężeń i ładunków wybranych substancji w odpływie cieków z dwóch zlewni obejmujących wiejskie obszary zabudowane. Wykonano analizy jakości wód oraz notowania stanu wód powierzchniowych w przekrojach kontrolnych zlokalizowanych wokół wiejskich jednostek osadniczych. W próbkach wód oznaczano chemiczne zapotrzebowanie na tlen oraz stężenia azotu azotanowego, amonowego i fosforanów. Analizowano zmienność stężeń badanych substancji w zależności od zmian natężenia przepływu. Określono charakterystyczny przebieg zmienności stężeń oraz obliczono jednostkowe ładunki badanych substancji w odpływie całkowitym i bezpośrednim z wybranych zlewni wiejskich obszarów zabudowanych. Na podstawie zmienności stężeń substancji zanieczyszczających analizowano sposoby ich dopływu do cieków.

WSTĘP

Dopływ różnych związków chemicznych z obszarów rolniczych jest jedną z przyczyn pogarszania się jakości wód powierzchniowych. Źródła zanieczyszczenia sływu powierzchniowego i podpokrywowego szczególnie licznie występują w zwartych obszarach zabudowanych ze znacznym udziałem powierzchni utwardzonych. W odróżnieniu od ścieków deszczowych w miastach, których skład w poważnym stopniu zależy od ilości i rodzaju dróg, sposobów zwalczania gołoledzi i metod oczyszczania miasta, głównym źródłem zanieczyszczeń na wsiach jest

Adres do korespondencji: dr inż. L. Rossa, Instytut Melioracji i Użytków zielonych, Zakład Sanitacji Wsi, al. Hrabstwa 3, Falenty, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-03-51 w. 237, e-mail: l.rossa@imuz.edu.pl

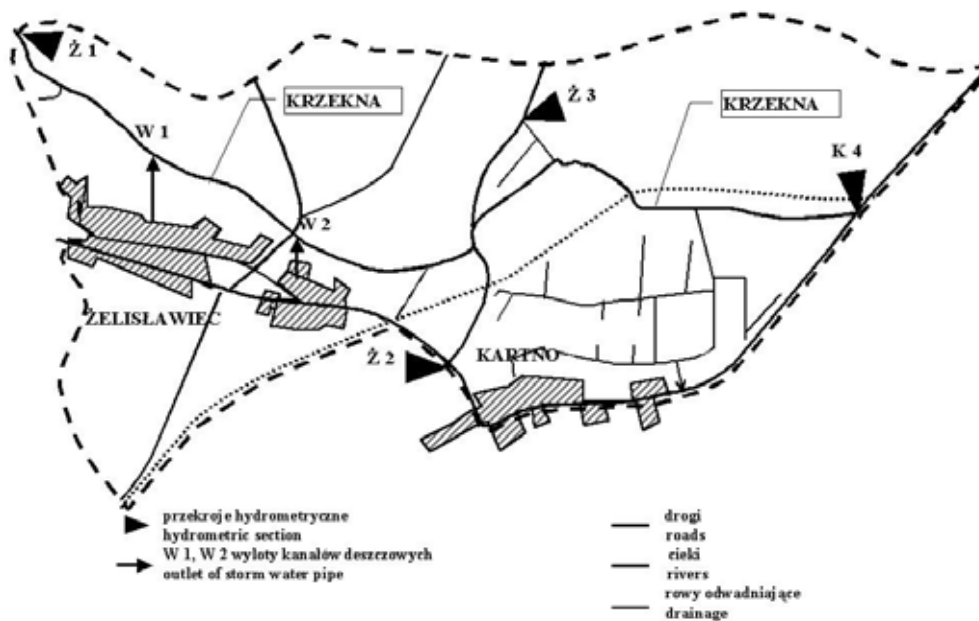
produkcja roślinna i zwierzęca, powodująca zwiększenie stężeń związków biogenych w odpływie bezpośrednim (powierzchniowym i podpokrywowym) [KUTERA, 1994; SAPEK, 2000; SAWICKA-SIARKIEWICZ, 2003; SIKORSKI, 1998].

Przeprowadzono próbę oszacowania chemicznego zapotrzebowania na tlen oraz ładunku azotu azotanowego, amonowego i fosforanów w odpływie ze zlewni różnicowej, obejmującej wiejskie obszary zabudowane. Zastosowano metodę bilansu ładunków zanieczyszczeń w przekrojach kontrolnych cieków przed ich przepływem przez tereny zabudowy wiejskiej i po nim.

LOKALIZACJA OBIEKTÓW BADAWCZYCH

W latach 1999–2001 prowadzono monitoring cieków odprowadzających odpływ z dwóch zlewni wiejskich obszarów zabudowanych.

Pierwszy z terenowych obiektów badawczych, zamieszkały przez 280 osób, ma powierzchnię 164 ha i jest położony w województwie zachodniopomorskim nad rzeką Krzekna w zlewni rzeki Płonia (rys. 1). Zabudowania wsi Kartno i Żeliszawiec są położone na wyraźnym stoku, nachylonym w kierunku północnym.



Rys. 1. Mikrozelewnia rzeki Krzekna i jej dopływów – schemat rozmieszczenia przekrojów kontrolnych i punktów pomiarowych

Fig. 1. The catchment of the Krzekna River and its tributaries – distribution of hydrometric sections

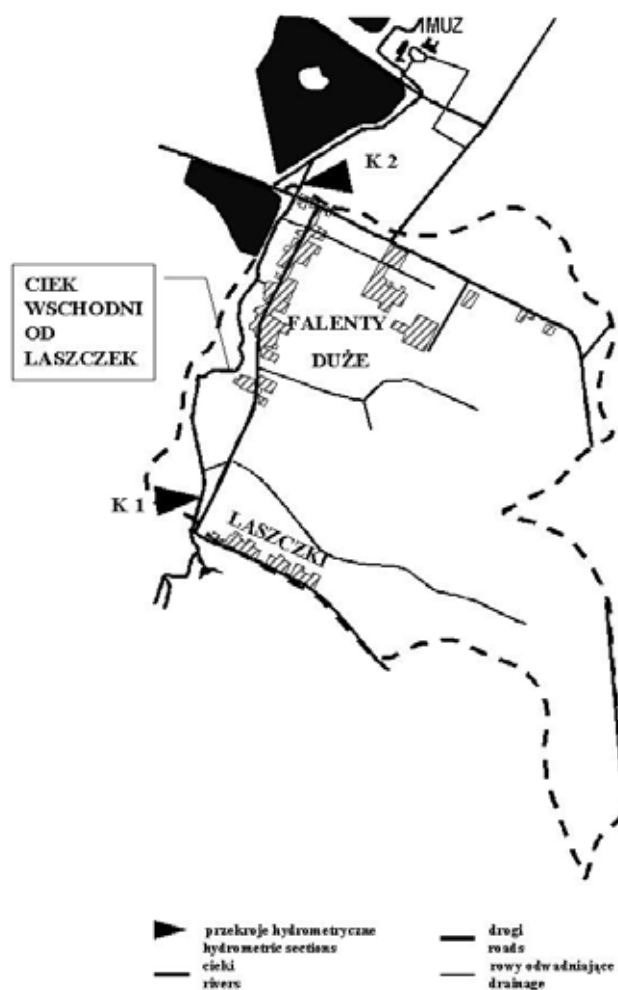
Między wsiami Kartno i Żeliszawiec do Krzekny wpadają dwa dopływy, odprowadzające wodę z terenów niezurbanizowanych. Na stoku między wsią a doliną ciekłu występują gleby mineralne, na ogół o składzie glin lekkich i średnich oraz utworów pylastych i pylasto-ilastych, a w dolinie – gleby organiczne na torfach niskich. Większą część zlewni (47,8%) pokrywają grunty orne, lasy i zagajniki zajmują 11,8% powierzchni, łąki – 21,5, sady – 3,8, tereny zabudowane – 9,3, a drogi – 5,8%. Spływ wód powierzchniowych przyjmuje kierunek północny.

W Kartnie i Żeliszawcu jest rozwinięty chów bydła (82 DJP) i trzody (44 DJP). Oszacowano, że zwierzęta produkują rocznie 1087 t odchodów, które zawierają 8,5 t azotu, 1,5 t fosforu i 6,9 t potasu [JADCZYŻYŻN, MAĆKOWIAK, KOPINŻKI, 2000]. W 1997 r. wybudowano 17 zbiorników na gnojówkę i płyt gnojowych. W 50% gospodarstw w Żeliszawcu i 83% w Kartnie obornik przechowuje się na murowanych płytach gnojowych, a powstająca gnojówka jest gromadzona w zbiornikach. W 45% gospodarstw w Żeliszawcu i 8% gospodarstw w Kartnie obornik jest przechowywany na ziemi lub nieszczelnym bruku. Nowe budowle do przechowywania obornika i gnojówki są w dobrym stanie technicznym, zwłaszcza pod względem szczelności, ale w niektórych gospodarstwach sporadycznie występują problemy z terminowym opróżnianiem zbiorników [WORONIECKI, 2006].

W osadzie Żeliszawiec istnieją dwa ciągi zamkniętych kanałów deszczowych odprowadzające wody opadowe, natomiast osada Kartno jest odwadniana systemem rowów melioracyjnych. Zabudowa mieszkaniowa wsi jest wyposażona w zbiorczy system zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków z gospodarstw do lokalnej oczyszczalni.

Drugim obiektem doświadczalnym – zlewnia Ciekłu Wschodniego od Laszczek, o powierzchni 203 ha jest położony w województwie mazowieckim i obejmuje zabudowania wsi Falenty Duże i Laszczki (rys. 2).

Teren jest tu płaski, występują gleby mineralne o składzie piasków gliniastych, a w dolinie ciekłu – gleby organiczne. Grunty orne zajmują 84% powierzchni zlewni, łąki – 11,2, tereny zabudowane – 3,1, sady – 0,8, a wody otwarte – 0,1%. Zabudowania dwóch wsi – Falenty Duże i Laszczki są objęte zbiorczym systemem wodociągów. Ścieki bytowo-gospodarcze są odprowadzane do zbiorników bezodpływowych, a następnie wywożone taborem asenizacyjnym do oczyszczalni. Mieszkańcy nie prowadzą produkcji zwierzęcej, a w produkcji roślinnej dominują uprawy ogrodnicze. Badany ciek, zwany Ciekłem Wschodnim od Laszczek, wypływa ze źródeł położonych w odległości 900 m od pierwszych zabudowań. W granicach wsi Falenty Duże przyjmuje odpływy z trzech rowów odwadniających, a następnie zasila, będący rezerwatem przyrody, kompleks Stawów Raszyńskich.



Rys. 2. Mikrozelewnia Cieku Wschodniego od Laszczek – schemat rozmieszczenia przekrojów kontrolnych i punktów pomiarowych

Fig. 2. The Ciek Wschodni downstream Laszczki – distribution of hydrometric section in the catchment

METODY BADAWCZE

Próbki wód powierzchniowych pobierano w okresach występowania deszczy nawaalnych oraz w okresach pogody bezdeszczowej. Na Krzeknie i jej dopływach zlokalizowano cztery posterunki poboru próbek wód: w przekrojach hydrometrycznych rzeki przed i za obszarem zabudowanym (Ż-1 i K-4), na dopływie z kierunku południowego, wypływającym z łąk (Ż-2) i na dopływie z kierunku północ-

nego, wypływającym z jeziora (Ż-3) (rys. 1). Na Ciekę Wschodnią od Laszczek zainstalowano dwa koryta Parshalla – pierwsze na cieku przed zabudowaniami (K-1), drugie na dalszym jego odcinku, po przyjęciu dopływów z trzech rowów odwadniających, za terenem zabudowanym (K-2) (rys. 2).

W pobranych próbkach wód oznaczano następujące parametry: ChZT – metodą fotometryczną dwuchromianową, azot amonowy – metodą fotometryczną indofenolową, azot azotanowy – metodą fotometryczną z nitrospektralem, fosforany – metodą fotometryczną z molibdenianem amonu. Wykonano trzydzieści cztery serie badawcze.

W zlewni różnicowej Ciekę Wschodnią od Laszczek wykonano bilans ładunków zanieczyszczeń odejmując od masy substancji zanieczyszczających w przekrojach za obszarem zabudowanym masę substancji zanieczyszczających w przekroju przed obszarem zabudowanym.

Przepływy wód obliczano na podstawie równań koryt Parshalla.

Ładunki chwilowe zanieczyszczeń ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$) obliczano jako iloczyn stężeń wybranych zanieczyszczeń ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i przepływów ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) wód w ciekach, a ładunki dobowe – stosując współczynnik 86 400, wynikający z liczby sekund w czasie doby. Ładunki okresowe obliczano posługując się metodami statystycznymi. Ze względu na występowanie większych stężeń zanieczyszczeń w początkowej fazie spływu, zbiory dobowych ładunków podzielono na występujące w czasie wznoszenia się i opadania fali odpływu. Podziału dokonano na podstawie hydrogramów odpływu. Dla wydzielonych zbiorów wyników wyznaczono funkcje regresji związku „stężenie – przepływ”, przyjmując wartości pomierzonych przepływów jako zmienną niezależną, a wartości pomierzonych stężeń jako zmienną zależną. Jako kryterium akceptacji poszczególnych modeli liniowych przyjęto statystyczną istotność ich parametrów, co oznacza, że przyjmowano modele, dla których prawdopodobieństwo przyjęcia hipotezy o zerowej wartości współczynnika kierunkowego prostej było mniejsze od 5%. Wykorzystując równania regresji uzupełniono ciągi pomiarowe stężeń dla każdego dobowego pomiaru przepływu. Obliczono dobowe ładunki zanieczyszczeń i zsumowano je dla okresu, w którym pobierano próbki, czyli dla dziesięciu miesięcy – od lutego do listopada każdego roku badań. Okres dziesięciomiesięczny przyjęto, ponieważ próbki wód pobierane były tylko w tym czasie [DOJLIDO, LESZCZYŃSKI, 1985].

Na podstawie wartości ładunków dla dziesięciu miesięcy można ocenić ładunki substancji w ciągu roku, stosując metodę wyrównywania wartości. Zaleca się przy tym stosować średnią wartość cząstkową równą 0,1 ładunku substancji obliczonego, o którą uzupełnia się zbiór wyników.

Wyznaczenie współczynników jednostkowych ładunków zanieczyszczeń doprowadzanych do cieków przez spływ powierzchniowy i podpokrywowy metodą pomiarów bezpośrednich nie jest możliwe, dlatego w pierwszej kolejności obliczono dobowe ładunki doprowadzonych zanieczyszczeń, jako średnią ładunków pomierzonych w czasie pogody bezdeszczowej i niskich stanów wód (tzw. ładunki

bazowe). Następnie od dobowych ładunków aproksymowanych z równań regresji stężenie – przepływ odejmowano dobowy ładunek bazowy, otrzymując ładunek substancji wprowadzany do cieków przez spływ powierzchniowy i podpokrywowy.

Metody statystyczne stosowano także w celu oceny zmienności chemizmu wód badanych cieków w zależności od wielkości natężenia przepływu. Zakładając, że występowanie spływu powierzchniowego powoduje zwiększenie przepływu wód w ciekach, porównano stężenia substancji występujące w warunkach przepływów mniejszych bądź równych SNQ (średni niski przepływ z wielolecia), w zakresie od SNQ do SWQ (średni wysoki przepływ z wielolecia) i większych niż SWQ . Następnie dla każdego przekroju hydrometrycznego wykonano analizę wariancji grup wyników, posługując się nieparametrycznym testem Friedmanna, ponieważ rozkłady wyników odbiegają od charakterystyki rozkładu normalnego [KOROL, 1992].

WYNIKI BADAŃ

ZLEWNIA RZEKI KRZEKNA

ChZT. Średnie z okresu badań chemiczne zapotrzebowanie na tlen było największe w wodzie pobranej w przekroju K-4 na Krzeknie za obszarem zabudowanym wsi (tab. 1), maksymalnie przyjmując wartość $664,0 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Największe wartości ChZT w wodach badanych przekrojów obserwowano latem w warunkach średniego stanu wód, z wyjątkiem przekroju K-4, gdzie największe wartości wystąpiły w warunkach wysokiego stanu wód.

Azot amonowy. Średnie z okresu badań stężenia azotu amonowego w Krzeknie i jej dopływach utrzymywały się na porównywalnym poziomie we wszystkich przekrojach kontrolnych (tab. 1). Zwiększenie stężeń azotu amonowego w rzece

Tabela 1. Średnie chemiczne zapotrzebowanie na tlen oraz średnie stężenie azotu amonowego, azotu azotanowego i fosforanów w przekrojach hydrometrycznych rzeki Krzekna i jej dopływów w latach 1999–2001

Table 1. Mean COD value and mean of ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate concentrations in the Krzekna River and its tributaries

Wskaźnik Index	Przekrój Hydrometric section			
	Ż-1	Ż-2	Ż-3	K-4
ChZT COD, $\text{g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$	54,65	48,92	57,95	84,23
Stężenie Concentration, $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$				
N-NH ₄	0,196	0,121	0,119	0,19
N-NO ₃	1,71	1,63	1,82	1,78
PO ₄	1,16	1,25	1,14	1,06

Przekroje Ż-1, Ż-2, Ż-3, K-4 – jak na rysunku 1.

Hydrometric section Ż-1, Ż-2, Ż-3, K-4 – as in Fig. 1.

występowało wiosną w przekrojach Ż-1 i K-4 oraz jesienią w przekroju Ż-2 w warunkach niskiego stanu wód.

Azot azotanowy. Średnie z okresu badań stężenia azotu azotanowego były podobne w wodach powierzchniowych pobranych ze wszystkich przekrojów kontrolnych (tab. 1). W przekroju Ż-1 rzeki Krzekna przed obszarem zabudowanym występowały największe wartości maksymalne ($6,5 \text{ g N-NO}_3 \cdot \text{m}^{-3}$). Największe stężenia azotu azotanowego w Krzeknie (przekroje Ż-1 i K-4) oraz dopływie z łąk (przekrój Ż-2) występowały wiosną w warunkach wysokiego stanu wód, natomiast w dopływie z jeziora (przekrój Ż-3) – jesienią w warunkach niskiego stanu wód.

Fosforany. Średnie w okresie badań stężenie fosforanów w badanych wodach powierzchniowych zmniejszało się nieznacznie z biegiem rzeki (tab. 1). Największe stężenia fosforanów w dopływach rzeki występowały przeważnie wiosną w warunkach wysokiego stanu wód, natomiast w samej Krzeknie – w warunkach niskiego stanu wód w przekroju Ż-1 oraz średniego stanu wód w przekroju K-4.

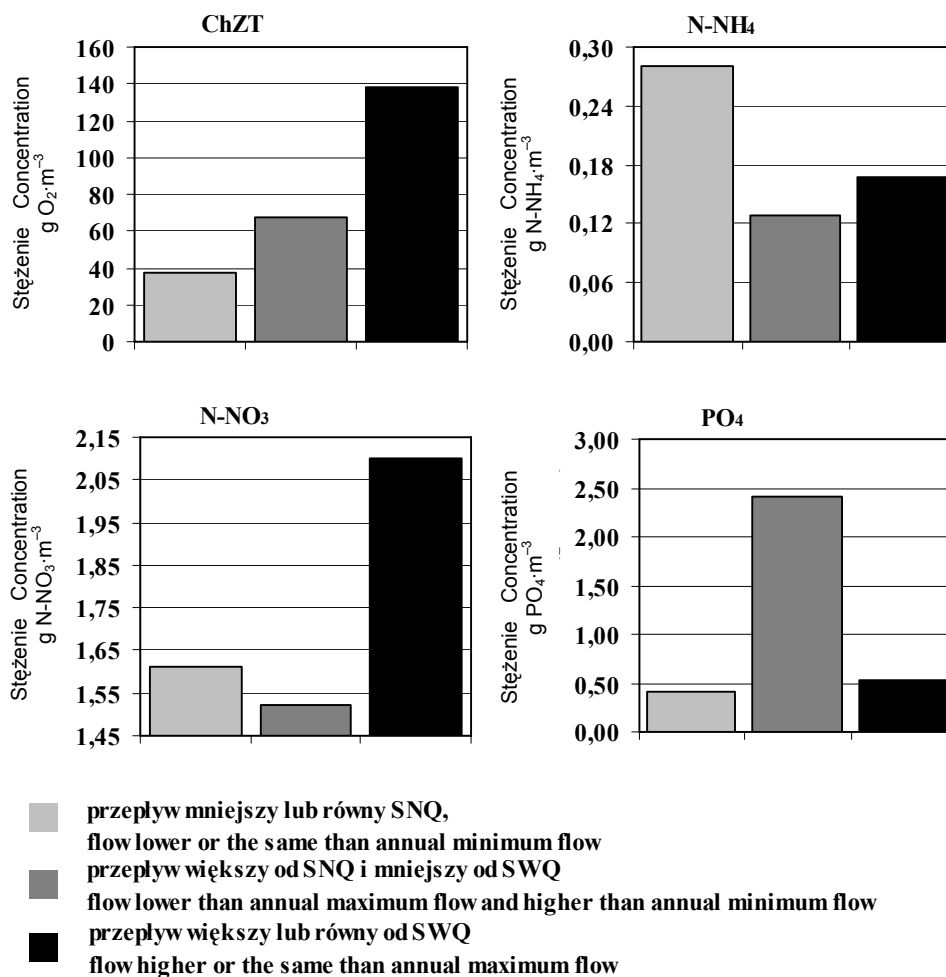
Przeprowadzono analizę różnic stężeń i ładunków zanieczyszczeń w próbach wód pobranych z poszczególnych przekrojów hydrometrycznych za pomocą testu Friedmanna. Hipotezę zerową o braku różnic odrzucono na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ w przypadku ChZT i stężeń fosforanów oraz na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ w przypadku stężeń azotu amonowego. W przypadku azotu azotanowego analiza nie wykazała istotnych statystycznie różnic stężeń.

Chemiczne zapotrzebowanie na tlen oraz stężenia azotu azotanowego i fosforanów były największe w warunkach średnich i wysokich stanów wód, zwłaszcza w przekroju K-4 Krzekny, zlokalizowanym za obszarem zabudowanym wsi, gdzie zwiększały się wraz z natężeniem przepływu. Stwierdzono istotne statystycznie różnice ich wartości w warunkach różnych stanów wód na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,05$. Rozkład średnich stężeń zanieczyszczeń w zależności od natężenia przepływu w przekroju K-4 za obszarem wsi przedstawiono na rysunku 3.

ZLEWNIA CIEKU WSCHODNIEGO OD LASZCZEK

ChZT. Średnie w okresie badań wartości ChZT były większe w wodach przekroju K-2, zlokalizowanego za obszarem zabudowy wiejskiej (tab. 2). Największe wartości ChZT w wodach cieku występowały wiosną w warunkach wysokiego stanu wód (maksymalnie $184,2 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) w przekroju K-2. W próbach pobranych w przekroju K-1 większe wartości ChZT obserwowano latem w warunkach niskiego stanu wód.

Azot amonowy. Średnie z okresu badań stężenie azotu amonowego w wodach cieku było największe za obszarem zabudowanym wsi w przekroju K-2 (tab. 2). Wiosną w warunkach niskiego stanu wód następowało zwiększenie stężeń azotu amonowego w tym przekroju (maksymalnie do $11,6 \text{ g N-NH}_4 \cdot \text{m}^{-3}$). W przekroju



Rys. 3. Rozkład średnich wartości ChZT oraz stężeń azotu amonowego, azotanowego i fosforanów w warunkach różnego natężenia przepływu w przekroju hydrometrycznym K-4, zlokalizowanym za obszarem wsi Kartno i Żeliszawiec

Fig. 3. Mean COD values and ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate concentrations at various flow rates in the K-4 hydrometric section of the Krzekna below built-up area

K-1, bliskim źródłem ciek, największe stężenia azotu amonowego w cieku obserwowano latem w warunkach wysokiego stanu wód.

Azot azotanowy. Średnie w okresie badań stężenia azotu azotanowego w cieku zmniejszały się wraz z jego biegiem (tab. 2.). Stężenia azotu azotanowego w wodzie w przekroju K-2 były największe wiosną w warunkach wysokiego stanu wód, a w przekroju K-1 również wiosną w warunkach średniego stanu wód.

Tabela 2. Średnie chemiczne zapotrzebowanie na tlen, oraz średnie stężenie azotu amonowego, azotu azotanowego i fosforanów w przekrojach hydrometrycznych Cieku Wschodniego od Laszczek w latach 2000–2001

Table 2. Mean COD values and mean ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate concentrations in the Ciek Wschodni downstream of Laszczki in the years 2000–2001

Wskaźnik Index	Przekrój Hydrometric section	
	K-1	K-2
ChZT COD, g O ₂ ·m ⁻³	26,27	31,94
Stężenie Concentration, g·m ⁻³		
N-NH ₄	0,158	0,721
N-NO ₃	13,18	6,92
PO ₄	1,662	1,33

Przekroje K-1, K-2 – jak na rysunku 2.

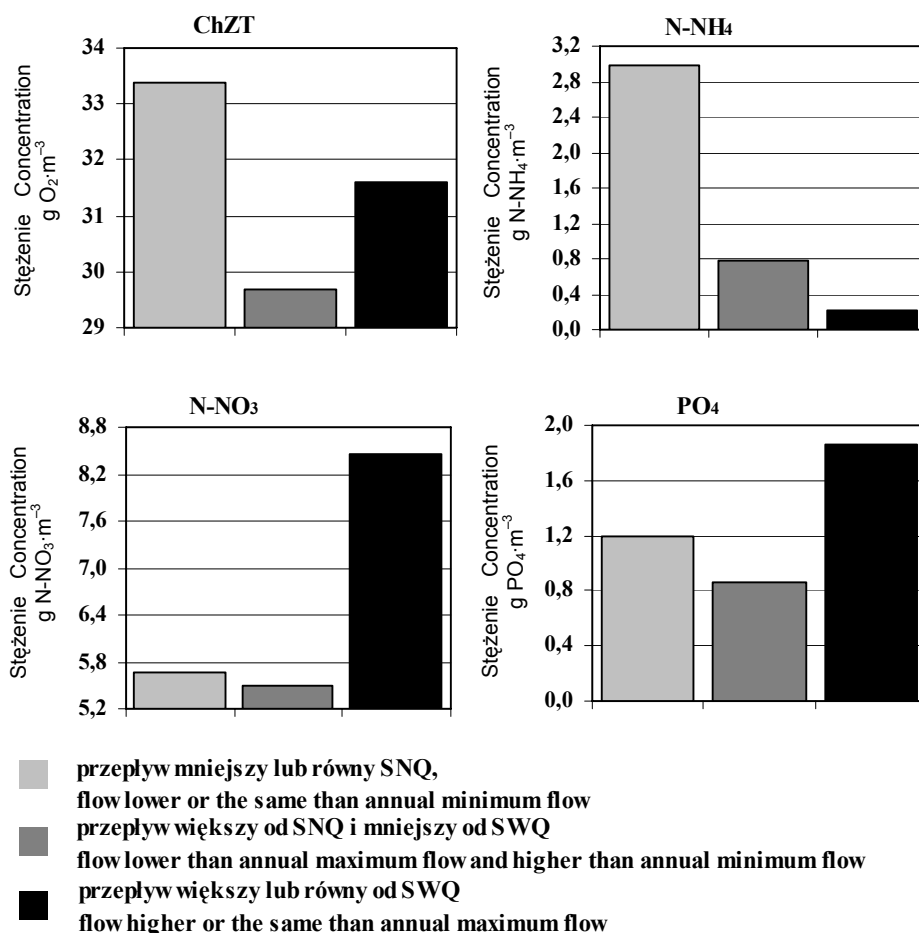
Hydrometric section K-1, K-2 – as in fig. 2.

Fosforany. Obserwowano zmniejszenie średniego w okresie badań stężenia fosforanów w cieku między przekrojami kontrolnymi K-1 i K-2 (tab. 2). Największe stężenia fosforanów w cieku występowały wiosną w przekroju K-1 i latem w przekroju K-2, częściej w warunkach wysokiego stanu wód.

Przeprowadzono statystyczną analizę różnic stężeń zanieczyszczeń w wodach Cieku Wschodniego od Laszczek w badanych przekrojach za pomocą testu Friedmanna. Hipotezę zerową o braku różnic rozkładów stężeń w Cieku Wschodnim od Laszczek odrzucono na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ w przypadku azotu azotanowego i fosforanów. W przypadku stężeń azotu amonowego poziom istotności wynosił 0,05. W przypadku ChZT nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic wartości wskaźnika.

Duże stężenia azotu azotanowego i fosforanów obserwowano w przekroju K-1 (przy źródłach cieku) w warunkach niskiego stanu wód. Z biegiem cieku i zwiększaniem się średniego przepływu następowały zmiany w rozkładzie stężeń. Większe wartości ChZT i stężenia azotu amonowego obserwowano w wodzie przekroju K-2, najczęściej w warunkach niskiego stanu wód.

Duże stężenia azotu azotanowego i fosforanów w wodzie Cieku Wschodniego od Laszczek w przekroju K-2 odnotowano w warunkach wysokiego stanu wód. Odmienne kształtował się rozkład stężeń azotu amonowego – największe wartości występowały w warunkach niskiego stanu wód. Stwierdzono występowanie istotnych statystycznie ($\alpha = 0,01$) różnic rozkładów stężeń azotu amonowego i azotanowego w obydwu przekrojach kontrolnych w zależności od stanu wód. Rozkład średnich wartości stężeń substancji zanieczyszczających w przekroju K-2 w zależności od natężenia przepływu w Cieku Wschodnim od Laszczek przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Rozkład średnich wartości ChZT oraz stężeń azotu amonowego, azotanowego i fosforanów w warunkach różnego natężenia przepływu w przekroju hydrometrycznym K-2, zlokalizowanym za obszarem wsi Falenty Duże

Fig. 4. Mean COD values and ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and phosphate concentrations at various flow rates in the K-2 hydrometric section of the Ciek Wschodni downstream of Laszczki below built-up area

W opisywanym obiekcie dwa przekroje kontrolne zlokalizowane na tym samym cieku wyznaczają obszar zlewni obejmującej zabudowania, możliwe jest więc obliczenie ładunku badanych substancji w odpływie z większych obszarów zabudowanych, jako różnicy ładunków okresowych w przekrojach K-2 i K-1. Mała liczba składników bilansu zmniejsza wielkość względnego błędu całości obliczeń. Średnie z 10 miesięcy wartości jednostkowych ładunków badanych substancji zanieczyszczających w odpływie ze zlewni obszaru zabudowanego wynoszą:

- ChZT – 36,95 kg O₂·ha⁻¹,
- N-NH₄ – 0,34 kg·ha⁻¹,
- N-NO₃ – 7,54 kg·ha⁻¹,
- PO₄ – 1,23 kg·ha⁻¹.

Średnie z 10 miesięcy wartości ładunków badanych zanieczyszczeń w spływie powierzchniowym i podpowierzchniowym ze zlewni obejmującej wiejskie tereny zabudowane wynoszą:

- ChZT – 4,14 kg O₂·ha⁻¹,
- N-NH₄ – 0,25 kg·ha⁻¹,
- N-NO₃ – 2,27 kg·ha⁻¹,
- PO₄ – 0,34 kg·ha⁻¹.

Dla zlewni obejmującej wsie Falenty Duże i Laszczki obliczone z danych aproksymowanych jednostkowe współczynniki odpływu wynoszą 9,5 kg N·ha⁻¹·r⁻¹ oraz 0,48 kg P·ha⁻¹·r⁻¹.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Rozkład stężeń zanieczyszczeń w rzece Krzekna i jej dopływach sugeruje, że z zabudowanego obszaru wiejskiego przedostają się do wód powierzchniowych głównie zanieczyszczenia organiczne, pochodzące z odchodów zwierzęcych lub ścieków bytowych.

Zwiększone stężenie fosforanów w wodzie południowego dopływu (przekrój Ż-2) można tłumaczyć wymywaniem związków fosforu z wierzchniej warstwy gleb podmokłych terenów łąk i pastwisk. Wody cieką dopływającego z kierunku północnego (przekrój Ż-3) charakteryzują się znacznym stężeniem azotu azotanowego pochodzącego z natlenionych wód jeziora.

Zwiększenie stężeń związków azotu i fosforu oraz wartości ChZT w czasie występowania wezbrań świadczy o znacznym dopływie związków organicznych i biogenych drogą spływu powierzchniowego. Koncentracja substancji organicznych i biogenych w rzece za obszarem zabudowanym wsi jest na tyle duża, że nie ulega rozcieńczeniu przez mniej zanieczyszczone wody opadowe.

Duże średnie stężenia azotu azotanowego w pierwszym przekroju kontrolnym Cieką Wschodniego od Laszczek (K-1) są związane z dopływem zanieczyszczeń pochodzących z rozkładu substancji organicznej w obszarze leśnym wokół źródeł cieką. Natomiast zwiększone wartości ChZT i stężeń azotu amonowego w cieką za obszarem wiejskim (przekrój K-2), wskazują na dopływ zanieczyszczeń pochodzących ze ścieków bytowych, ponieważ we wsiach Falenty Duże i Laszczki praktycznie nie prowadzi się produkcji zwierzęcej.

Zwiększenie stężeń azotu azotanowego i fosforanów w czasie występowania wezbrań świadczy o znacznym dopływie tych związków przez spływ powierzchniowy. Natomiast duże wartości ChZT i stężenia azotu amonowego występujące

w przekroju K-2 w warunkach niskiego stanu wód świadczą o podziemnym (w tym gruntowym) dopływie substancji organicznych.

Badania w mikrozewniach obejmujących osiedla wiejskie umożliwiły porównanie zanieczyszczenia odpływu z wiejskich obszarów zabudowanych z danymi literaturowymi dla zlewni na terenie Polski, które w przypadku azotu wynoszą od 0,89 do 16,56 kg N·ha⁻¹·r⁻¹, a w przypadku fosforu – od 0,6 do 1,68 kg P·ha⁻¹·r⁻¹ [DOJLIDO i in., 1998; GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK, 1990].

Porównując ładunki substancji zanieczyszczających w odpływie całkowitym i bezpośrednim można określić procentowy udział zanieczyszczeń wnoszonych przez spływ powierzchniowy z obszarów zabudowy wiejskiej. W zlewni Cieku Wschodniego od Laszczek 11% ładunku związków organicznych w odpływie było wprowadzane do cieku przez dopływ bezpośredni. Dopływ bezpośredni ładunku azotu azotanowego w zlewni Cieku Wschodniego od Laszczek wnosił 30,1%. Również fosforany były w znacznym stopniu doprowadzane do cieku przez spływ powierzchniowy w zlewni Cieku Wschodniego od Laszczek (27,6% ładunku).

WNIOSKI

1. Na podstawie porównania stężeń substancji zanieczyszczających w dwóch badanych ciekach po przepływie przez obszary wsi, w powiązaniu z warunkami fizjograficznymi i użytkowaniem zlewni, można ocenić, że najpoważniejszym źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych na terenach wiejskich jest chów bydła i trzody oraz związana z nim niewłaściwa gospodarka obornikiem i gnojowicą.

2. W warunkach sprzyjających powstawaniu spływu powierzchniowego i podpokrywowego wywołanego deszczem nawalnym, do odbiorników wodnych przedostają się znaczne ilości substancji zanieczyszczających, o czym świadczą maksymalne stężenia azotu amonowego, azotanowego i fosforanów występujące w rzece Krzekna wiosną w czasie największych opadów i w okresie roztopowym.

3. Na podstawie rozkładu średnich stężeń zanieczyszczeń w zależności od wielkości przepływu można sądzić, że azot amonowy jest wprowadzany do cieków przez dopływ podziemny, związki organiczne mogą być dostarczane do cieków zarówno w dopływie bezpośrednim, jak i podziemnym, a azot azotanowy i fosforany przemieszczają się raczej wraz z dopływem bezpośrednim.

4. Wartości jednostkowych ładunków azotu określone na podstawie równań regresji związków stężenie – przepływ w zlewni różnicowej Cieku Wschodniego od Laszczek obejmującej zabudowane tereny wiejskie mieszczą się w zakresach wyznaczonych dla zlewni polskich.

LITERATURA

- DOJLIDO J., WOYCIECHOWSKA J., TABORYSKA B., SZKUTNICKI J., 1998. Wymywanie związków azotu i fosforu w zlewniach rolniczych dopływów górnej Wilgi. *Wiad. IMGW t. 21 z. 4 s. 39–72.*
- DOJLIDO J., LESZCZYŃSKI A., 1985. Wpływ zanieczyszczeń obszarowych na jakość wód powierzchniowych zlewni rolniczych. Warszawa: IMGW, maszynopis ss. 37.
- GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK M., 1990. Charakterystyka obszarowych źródeł zanieczyszczeń w Polsce. W: *Ochrona wód przed wpływem rolniczych zanieczyszczeń obszarowych. Mater. Semin. 27 Falenty: IMUZ s. 143–161.*
- JADCZYSZYN T., MAĆKOWIAK Cz., KOPÍŃSKI T., 2000. Model SFOM narzędziem symulacji ilości i jakości nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie. *Pamiętnik Puławski z. 120/1 Puławy: IUNG s. 169–175.*
- KOROL R., 1992. Ocena różnic stanu zanieczyszczenia rzek w zależności od zmian przepływów charakterystycznych. Wrocław: IMGW maszyn. ss. 22.
- KUTERA J., 1994. *Gospodarka gnojowicą. Wrocław: Wydaw. AR ss. 370.*
- SAPEK B., 2000. Wpływ zagrody i jej otoczenia na jakość wody. *Dobre praktyki w rolnictwie Przysiek. Przysiek: Wydaw. RCDRRiOW s. 60–68.*
- SAWICKA-SIARKIEWICZ H., 2003. Ograniczenie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg. *Ocena technologii i zasady wyboru. Warszawa: IOŚ ss. 209.*
- SIKORSKI M., 1998. *Gospodarka ściekami bytowymi na wsi jako czynnik ochrony środowiska. Rozpr. habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 133.*
- WORONIECKI T., 2006. Wpływ zmiany składowania odchodów zwierzęcych na jakość wód na przykładzie zlewni rzeki Krzekny. Falenty: IMUZ pr. dokt. maszyn.

Ludmila ROSSA, Mikołaj SIKORSKI

RUN-OFF OF SELECTED POLLUTANTS FROM BUILT-UP RURAL AREAS

Key words: built rural areas, pollutants loads, storm run-off, water quality

S u m m a r y

This paper presents a three years study on the chemistry of water flowing from two built-up rural areas. Water flow was measured and water samples were taken from hydrometric sections situated around such areas. The samples were analysed for pH, COD, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and phosphates. Changes of the studied parameters were related to the flow intensity. Unit pollutant loads in total run-off and surface and subsurface run-off from two catchments were calculated.

Recenzenci:

dr hab. Jerzy Jeznach, prof. SGGW
prof. dr hab. Stanisław Twardy

Praca wpłynęła do Redakcji 16.11.2005 r.