

## OCENA ZMIAN ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W WODACH RZEKI NER

Joanna Jaskuła<sup>1</sup>, Joanna Wicher-Dysarz<sup>2</sup>, Mariusz Sojka<sup>1</sup>, Tomasz Dysarz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: jaskula@up.poznan.pl; masojka@up.poznan.pl

<sup>2</sup> Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: jwicher@up.poznan.pl; dysarz@up.poznan.pl

### STRESZCZENIE

Zawartości związków azotu i fosforu decydują często o ostatecznym wyniku klasyfikacji stanu fizykochemicznego wód w zlewniach rzek nizinnych położonych w krajobrazie rolniczym. W pracy dokonano oceny zmian zawartości substancji biogennej w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006. W pierwszym etapie pracy wyznaczono stężenia charakterystyczne związków azotu i fosforu, a następnie określono czasową i sezonową zmienność ich zawartości. Analizę dynamiki zawartości związków biogennej w wodach przeprowadzono w odniesieniu do warunków hydrometeorologicznych, prowadzonej gospodarki wodno-ściekowej oraz użytkowania terenu. Uzyskane wyniki wykazują, że zawartość fosforanów w wodach rzeki Ner cechowała się wyraźną sezonowością. Najwyższe stężenia występowały latem i jesienią, a najniższe w miesiącach wiosennych. Stwierdzono, że w latach 2000–2006 istniała istotna zależność pomiędzy fosforanami a temperaturą wody oraz warunkami hydrologicznymi. Przeprowadzone analizy wykazały, że stężenia azotu azotanowego charakteryzowały się dodatnim trendem, natomiast fosforanów i fosforu ogólnego trendem ujemnym.

**Słowa kluczowe:** rzeka nizinna, stan fizykochemiczny, związki biogenne, jakość wody.

### THE EVALUATION OF NUTRIENTS CONCENTRATIONS VARIABILITY IN THE NER RIVER

#### ABSTRACT

The concentrations of nitrogen and phosphorus often decide on the final outcome of the physicochemical status classification in the lowland river catchments located in the agricultural landscape. The study attempts to evaluate the changes in the concentrations of nutrients in the Ner river in the years 2000–2006. In the first step of the work, minimum, maximum and average concentrations of nitrogen and phosphorus were calculated. Then the variability of the nutrients concentrations were assessed. The analysis of the dynamics of nitrogen and phosphorus concentration in the water were carried out in relation to hydro-meteorological conditions, conducted water and wastewater management and land use. It was observed that the phosphate concentration in the Ner river was characterized by a marked seasonality. The highest concentrations occurred in summer and autumn and the lowest in the spring months. It was found that in 2000–2006 there was a significant relationship between phosphates and water temperature and hydrological conditions. The analyzes carried out showed that the concentration of nitrate and nitrate nitrogen were characterized by a positive trend, while phosphates and total phosphorus showed a negative trend.

**Keywords:** lowland river, physicochemical state, biogenic compounds, water quality.

#### WSTĘP

Jedno z największych zagrożeń dla wód powierzchniowych na terenach rolniczych stanowią związki azotu i fosforu [Buck i in. 2004, Sojka i in. 2008, Sojka 2009, Sapek 2010, Kiryluk i Rau-

ba 2011]. Wysoka zawartość tych związków w wodach powierzchniowych może prowadzić do ich eutrofizacji [Wiatkowski i Wiatkowska 2006, Kupiec i Zbierska 2010, Wiatkowski i in. 2012]. Substancje biogenne trafiają do rzek ze źródeł punktowych (zrzuty ścieków, zakłady przemysłowe

we) lub obszarowych (spływy powierzchniowe z terenów rolniczych) [Sojka i in. 2007, Hejduk i Banasik 2008, Policht-Latawiec i in. 2015]. Decydujący wpływ na ilość związków azotu i fosforu docierających do rzek ze źródeł obszarowych ma zużycie nawozów, obsada zwierząt gospodarskich, rzeźba terenu, sposób użytkowania i zagospodarowania terenu oraz warunki hydrologiczne i meteorologiczne.

Polska po przystąpieniu do Unii Europejskiej rozpoczęła proces implementacji przepisów europejskich. W celu ograniczenia dopływu związków azotu ze źródeł rolniczych wprowadzono Dyrektywę Azotanową (1991) i Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej (2002). Przepisy te określają dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w wodach, a także mają wpływ na ograniczenie niekontrolowanego stosowania nawozów. Programy rolno-środowiskowe wprowadzają działania służące zrównoważonemu rozwojowi terenów wiejskich przy jednoczesnej ochronie środowiska naturalnego.

W celu weryfikacji skuteczności tych działań, Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska prowadzą monitoring wód. Badania te obejmują elementy ekologiczne, hydromorfologiczne i fizykochemiczne w obrębie jednolitych części wód powierzchniowych. Analiza danych pozwala na ocenę skuteczności prowadzonych działań służących ograniczeniu zanieczyszczeń oraz zrównoważonemu zarządzaniu zasobami wodnymi [Shrestha i Kazama 2007]. Osiągnięcie dobrego stanu ekologicznego wód powierzchniowych pozwala na prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów wodnych i od wód zależnych oraz umożliwia wykorzystanie tych wód w przemyśle i rolnictwie oraz do celów rekreacyjnych.

Celem pracy było dokonanie oceny stanu fizykochemicznego wód rzeki Ner w latach 2000–2006 pod względem zawartości związków biogennych. W pracy przeanalizowano czasową zmienność zawartości związków azotu i fosforu w wodach w ujęciu krótkookresowym (sezonowość) i długookresowym (trendy czasowe).

## MATERIAŁY I METODY

Charakterystykę stanu fizykochemicznego wód rzeki Ner wykonano na podstawie zbioru danych obejmujących stężenia związków biogennych tj.: azotu azotanowego, azotu azotynowego, azotu ogólnego, fosforanów oraz fosforu ogólnego. Dane uzyskano z Wojewódzkiego In-

spektoratu Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Łodzi. Pomiary prowadzono z częstotliwością raz w miesiącu, łącznie w latach 2000–2006 pobrano 84 próbki wody.

W pierwszym etapie pracy wyznaczono stężenia charakterystyczne (minimalne, maksymalne i średnie) dla analizowanych związków biogennych. Następnie dokonano oceny stanu fizykochemicznego wód rzeki Ner w latach 2000–2006 na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. W kolejnym etapie podjęto próbę powiązania przebiegu warunków hydrometeorologicznych ze zmianami stężeń związków biogennych. W tym celu przeprowadzono analizę korelacji. W ostatnim etapie dokonano oceny długookresowych zmian zawartości związków biogennych w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006. W tym celu wykonano analizę trendów. Analizę przeprowadzono na poziomie istotności  $p_{\alpha} = 0,05$  przy pomocy programu STATISTICA 12 (Statsoft Polska).

Do scharakteryzowania warunków meteorologicznych w latach 2000–2006 wykorzystano dane udostępnionych na stronie [www.freemeteo.pl](http://www.freemeteo.pl). Warunki hydrologiczne określono na podstawie danych o codziennych przepływach wód rzeki Ner w profilu Dąbie, udostępnionych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Granicę zlewni rzeki Ner określono przy wykorzystaniu Rastrowej Mapy Podziału Hydrograficznego Polski (MPHP) w skali 1:50000 (2010), udostępnionej przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (KZGW). Typ abiotyczny rzeki został określony na podstawie Raportu dla Obszaru Dorzecza Odry (2005). Natomiast struktura użytkowania zlewni rzeki Ner opisana została na podstawie bazy danych CLC (Corine Land Cover) udostępnionego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ).

## WYNIKI

Zlewnia rzeki Ner położona jest w makroregionach Wzniesienie Południowomazowieckie, Nizina Południowielkopolska oraz Nizina Środkowomazowiecka [Kondracki 2002]. Pole powierzchni zlewni wynosi 1835 km<sup>2</sup>, a całkowita długość rzeki to 124 km. Zgodnie z klasyfikacją jednostek hydrograficznych zlew-

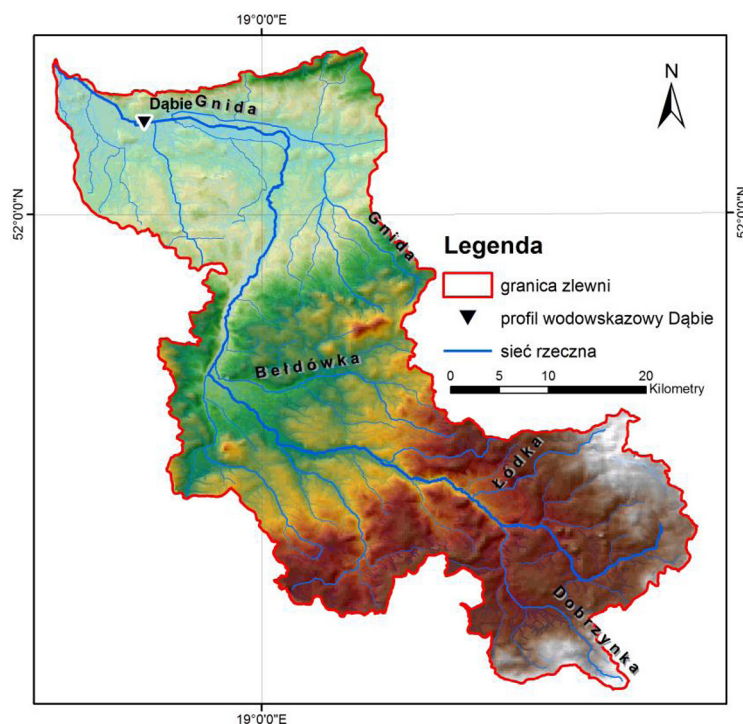
nię oznaczono kodem 1832. Źródło Neru znajduje się w okolicach Wiśniowej Góry na wysokości 215 m n.p.m., do Warty rzeka uchodzi w km 444+400 we wsi Majdany na wysokości 93,6 m n.p.m.. Wg typologii abiotycznej Ner podzielono na pięć jednolitych części. Ner w górnym biegu na odcinku od źródła do Dobrzyńki (PLRW600017183229) to potok nizinny piaszczysty. W środkowym biegu: Ner od Dobrzyńki do Zalewki (PLRW600020183235), od Zalewki do Dopływu spod Łęzek (PLRW600020183271) i od Dopływu spod Łęzek do Kanału Zbylczyczego (PLRW600020183275) to rzeka nizinna zwirowa. W dolnym biegu od Kanału Zbylczyczego do ujścia (PLRW600024183299) Ner został uznany za średnią rzekę na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych.

Do przeważających form użytkowania terenu w zlewni należą grunty orne, które stanowią 63,5%, lasy (14,2%) i użytki zielone (10,8%). Wysoki udział procentowy mają tereny zurbanizowane, które stanowią 11,4% powierzchni, najbardziej zurbanizowane obszary to: Łódź, Konstantynów Łódzki i Pabianice. Zlewnia charakteryzuje się niskim wskaźnikiem jeziorności, który wynosi około 0,25%. Gęstość sieci rzecznej na rozpatrywanym obszarze wynosi 1,59 km<sup>2</sup>.

W górnym biegu, wody Neru i dopływów podlegają silnej presji antropogenicznej. Głów-

ny źródłem zanieczyszczeń są ścieki przemysłowe i komunalne. Wraz z biegiem rzeki, charakter użytkowania doliny zmienia się, w dolnej części ma charakter rolniczy, w dolinie występują grunty orne, nieużytki oraz łąki. Jak szacują Ilnicki i in. [2003] oraz Mosiej i in. [2007] pomimo wybudowania Grupowej Oczyszczalni Ścieków (GOŚ), jakość wód rzeki nadal wymaga poprawy. Optymalizacja istniejących oraz stosowanie nowych rozwiązań ma na celu kompleksowe uporządkowanie gospodarki ściekowej w łódzkiej aglomeracji miejskiej. Od roku 2007 zanieczyszczenia w GOŚ przechodzą biologiczne, chemiczne i fizyczne procesy oczyszczania po czym są odprowadzane do cieku kolektorem ściekowym [Mosiej 2007].

W okresie 2000–2006 średnia roczna temperatura wynosiła 9,1 °C, w tym w półroczu zimowym 2,5 °C i letnim 15,8 °C. Średnie roczne temperatury wahały się od 8,2 °C w roku 2003 do 9,7 °C w latach 2000 i 2002. W analizowanym okresie średnia roczna suma opadów wynosiła 527 mm, w tym w półroczu zimowym 218 mm i w półroczu letnim 309 mm. Najbardziej wilgotny pod względem opadów atmosferycznych był rok 2000, w którym wskaźnik opadu wynosiła 644 mm. Najbardziej suchy był rok 2003, w którym wskaźnik opadu wynosił tylko 396 mm. Przy takim przebiegu warunków meteorologicznych przepływy rzeki Ner w profilu Dąbie w latach



Rys. 1. Zlewnia rzeki Ner  
Fig. 1. Ner river catchment

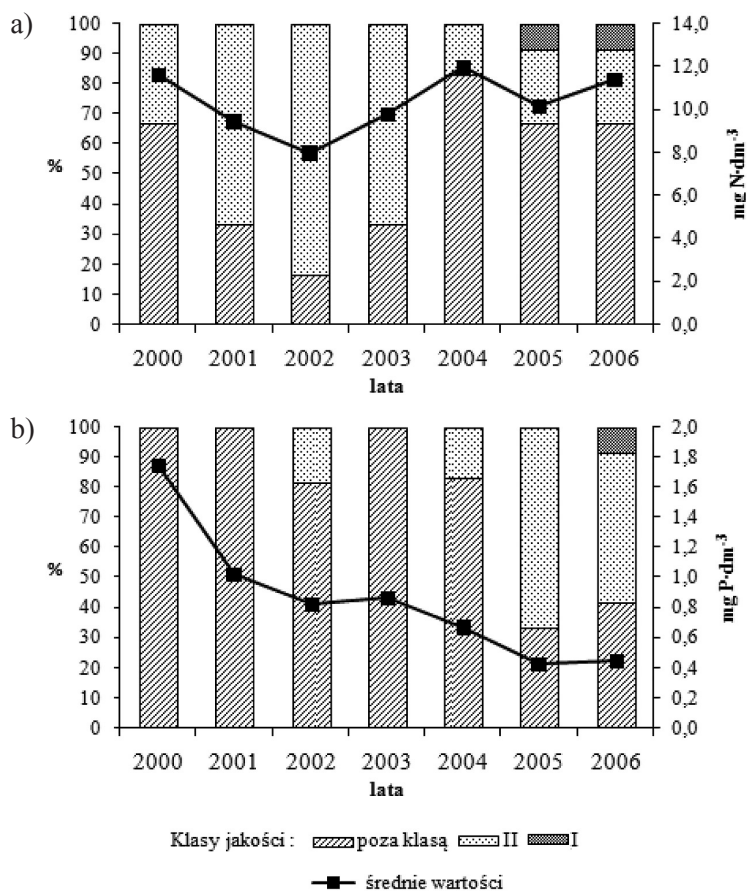
2000–2006 wahały się od  $NNQ = 1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $WWQ = 49,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  przy wartości średniej  $SSQ = 9,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przepływ nienaruszalny w analizowanym wieloleciu wynosił  $SNQ = 6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Średni przepływ w półroczu letnim w latach 2000–2006 był równy  $6,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i był o 47% niższy w porównaniu do półrocza zimowego.

W analizowanym okresie zawartość związków biogenych w wodach rzeki Ner była na wysokim poziomie. Stężenia azotu azotanowego wahały się od  $0,33 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $10,29 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ , przy wartości średniej  $4,05 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W roku 2000 wilgotnym i ciepłym blisko 66,7% próbek azotu azotanowego odpowiadało I klasie jakości. Poniżej stanu dobrego było 8,3% próbek wody. Dla porównania w 2006 roku przeciętnym pod względem opadów atmosferycznych i chłodnym już 58,3% próbek miało stan poniżej dobrego a tylko ok. 8% odpowiadało normom I klasy jakości. Średnie stężenie azotu azotanowego wynosiło  $0,11 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  przy wartościach wahających się od  $0,03$  do  $0,28 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Analizując stężenia azotu ogólnego można zauważyć, że ich średnie wartości wahały się od

$7,95 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  w roku 2002 wilgotnym i ciepłym do  $12,02 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  w roku 2004 suchym i przeciętnym pod względem temperatury powietrza (Rys. 2A.), przy wartości średniej z wielolecia  $10,36 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zakres stężeń azotu ogólnego wynosił  $4,08$  do  $18,19 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W roku 2000 ponad 66% próbek miało stan poniżej dobrego, w 2002 było to jedynie 16,7% uzyskanych wyników. W latach 2005–2006, 8,3% próbek wody odpowiadało normom I klasy jakości, a ponad 66% przekraczało normy II klasy jakości wód.

Stężenia fosforanów wahały się od  $0,12$  do  $7,81 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ , przy wartości średniej  $1,20 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia zawartość fosforu ogólnego w wodach rzeki Ner z roku na rok obniżała się, od  $1,75 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$  w roku 2000 do  $0,45 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$  w 2006 r. Średnia wartość dla wielolecia wynosiła  $0,86 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W latach 2000 i 2001 we wszystkich próbkach wody stężenia fosforu były wyższe od dopuszczalnych dla 2 klasy jakości, w roku 2005 normy te zostały przekroczone w 33% przeanalizowanych próbek wody. W 2006 roku, po raz pierwszy notowano stężenia odpowiadające normom I klasy (rys. 2b).



Rys. 2. Procentowy udział: a) azotu ogólnego i b) fosforu ogólnego w poszczególnych klasach jakości wód powierzchniowych

Fig. 2. Percentage of: a) total nitrogen and b) total phosphorus in the particular classes of surface water quality

**Tabela 1.** Analiza korelacji substancji biogenych oraz temperatury i natężenia przepływu rzeki Ner w latach 2000–2006

**Table 1.** Correlation analysis of biogenic components and temperature and flow in the Ner river in the years 2000–2006

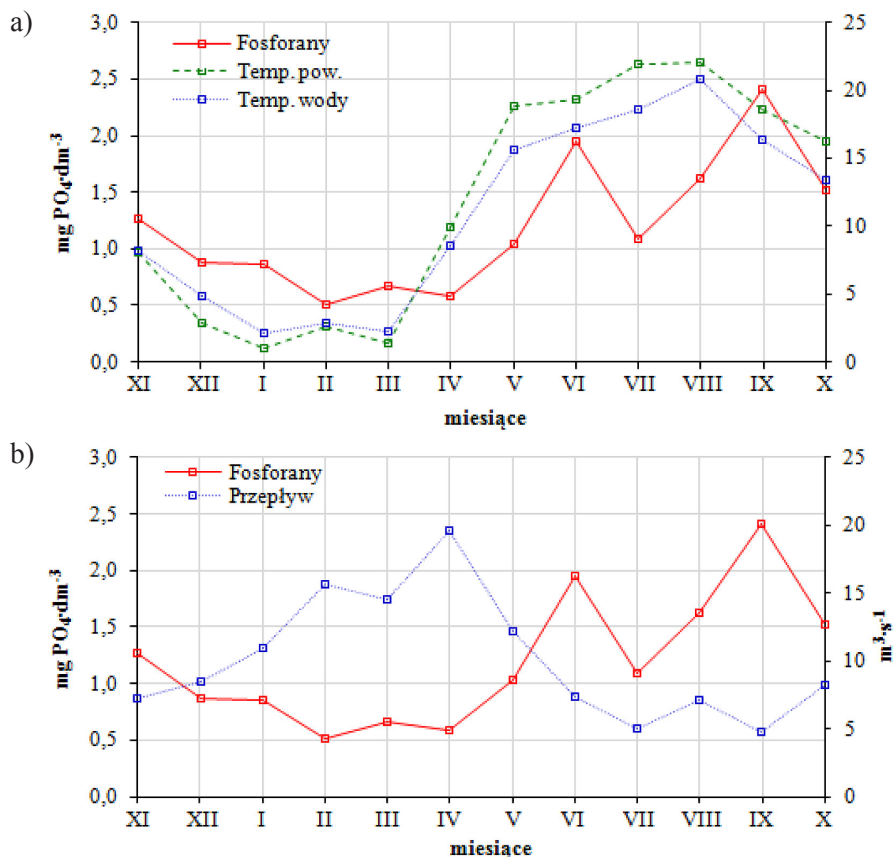
| Parametr           |                                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Azot amonowy    | mg N·dm <sup>-3</sup>                | ■ | – | 0 | + | 0 | + | – | – | 0 |
| 2. Azot azotanowy  | mg N·dm <sup>-3</sup>                | – | ■ | 0 | + | – | – | 0 | 0 | 0 |
| 3. Azot azotynowy  | mg N·dm <sup>-3</sup>                | 0 | 0 | ■ | 0 | + | + | + | + | 0 |
| 4. Azot ogólny     | mg N·dm <sup>-3</sup>                | + | + | 0 | ■ | – | 0 | – | – | 0 |
| 5. Fosforany       | mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> | 0 | – | + | – | ■ | + | + | + | – |
| 6. Fosfor ogólny   | mg P·dm <sup>-3</sup>                | + | – | + | 0 | + | ■ | 0 | 0 | 0 |
| 7. Temp. powietrza | °C                                   | – | 0 | + | – | + | 0 | ■ | + | 0 |
| 8. Temp. wody      | °C                                   | – | 0 | + | – | + | 0 | + | ■ | – |
| 9. Przepływ        | m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>      | 0 | 0 | 0 | 0 | – | 0 | 0 | – | ■ |

W celu określenia zależności pomiędzy badanymi parametrami jakości wody oraz parametrami hydrometeorologicznymi przeprowadzono analizę korelacji (tab. 1)

Analiza korelacji wykazała, że z przepływem ujemnie skorelowane były jedynie fosforany. Z temperaturą wody i powietrza istotną ujemną korelacją cechował się azot amonowy i

azot ogólny, dodatnią – azot azotynowy i fosforany (tab. 1).

Najwyższe średnie stężenia fosforanów w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006 występowały półroczu letnim i były one na wyższe średnio o 1,0 mg PO<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup> niż w półroczu zimowym (rys. 3a). Przy niskich wartościach temperatury powietrza i wody w miesiącach od stycznia do



**Rys. 3.** Sezonowa zmienność fosforanów na tle: a) temperatur powietrza i wody oraz b) natężenia przepływu w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006

**Fig. 3.** Seasonal variation of phosphates on the background of: a) air and water temperature and b) monthly flow in the Ner river in the years 2000–2006

lutego notowano spadek stężeń fosforanów do wartości poniżej  $1,0 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W miesiącach zimowych następuje także wzrost natężenia przepływów m.in. w wyniku roztopów śniegu. Wzrost zawartości fosforanów w miesiącach letnich może mieć związek z ich odprowadzaniem ze ściekami do wód, spadek stężeń zimą związany jest z rozcieńczaniem ścieków w wyniku zwiększenia natężenia przepływów (rys. 3b).

W celu określenia zmian zawartości substancji biogenych w wieloleciu 2000–2006 przeprowadzono analizę trendów (tab. 2).

Analiza wykazała, że dodatnim trendem czasowym cechował się azot azotanowy, związki fosforu miały natomiast tendencją malejącą. Azot azotynowy i azot ogólny cechowały się zmien-

nością sezonową bez istotnej tendencji długookresowej. Na rysunku 4 przedstawiono stężenia substancji biogenych cechujące się istotnymi trendami czasowymi w latach 2000–2006.

Zaobserwowano, że średnie stężenia fosforu ogólnego i fosforanów w wodach rzeki Ner zmniejszały się z roku na rok odpowiednio o  $0,18 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$  i o  $0,09 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Odmienna sytuację zaobserwowano w przypadku azotu azotanowego, którego stężenia zwiększały się średnio o  $0,523 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$  rocznie.

## PODSUMOWANIE

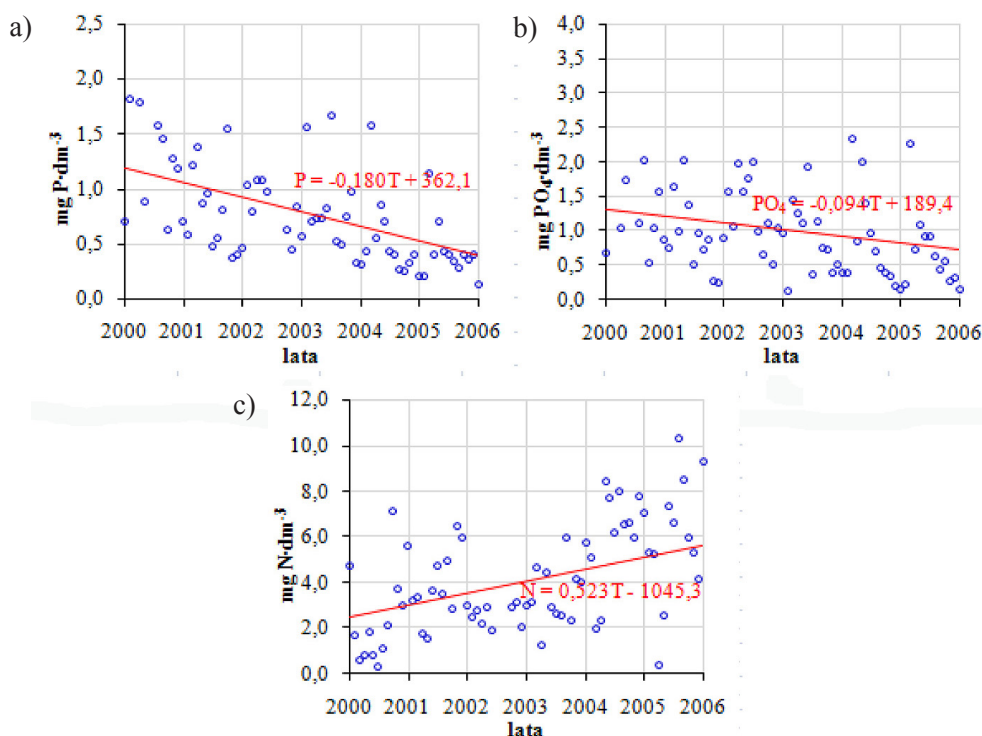
Pod względem zawartości substancji biogenych, wody rzeki Ner w wieloleciu 2000–2006 charakteryzowały się stanem poniżej dobrego. Decydowały o tym wysokie wartości zarówno związków fosforu jak i azotu.

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że podjęte w zlewni działania na rzecz ograniczenia dopływu do wód powierzchniowych związków azotu nie wpłynęły istotnie na poprawę ich stanu fizykochemicznego. Nadal w wodach obserwowane są wysokie stężenia mobilnych związków azotu azotanowego, których pochodzenie należy wiązać głównie ze

**Tabela 2.** Trendy czasowe substancji biogenych w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006

**Tabela 2.** Temporal trends of the biogenic components in the Ner river in the years 2000–2006

| Parametr       | Jednostka                             | Istotność trendu |
|----------------|---------------------------------------|------------------|
| Azot azotanowy | $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$    | +                |
| Azot azotynowy | $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$    | 0                |
| Azot ogólny    | $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$    | 0                |
| Fosforany      | $\text{mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ | -                |
| Fosfor ogólny  | $\text{mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$    | -                |



Rys. 4. Stężenie: a) fosforu ogólnego, b) fosforanów i c) azotu azotanowego w wodach rzeki Ner w latach 2000–2006

Fig. 4. Concentration of: a) total phosphorus, b) phosphates, c) nitrate nitrogen in the Ner river in the years 2000–2006

źródłami rolniczymi. Dlatego w celu obniżenia stężeń związków azotu w wodach rzeki Ner, należy poszukiwać nowych skuteczniejszych rozwiązań ograniczających ich dopływ do wód powierzchniowych.

Stężenie fosforanów i fosforu ogólnego w wodach rzeki Ner zmniejszyło się, co może świadczyć o sukcesywnym porządkowaniu gospodarki wodno-ściekowej na terenie zlewni, szczególnie w łódzkiej aglomeracji miejskiej.

## LITERATURA

- Buck O., Niyogi D.K., Townsend C.R. 2004. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. *Environmental Pollution*, 130, 287–299.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2000/60/EC z dnia 23 października 2000 roku, ustalająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dz.U.UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.).
- Hejduk L., Banasik K. 2008. Zmienność stężenia fosforu w górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 4(42), 57–64.
- Ilnicki P., Banaszkiwicz H., Bukowski Ł. 2003. Źródła, stężenie i ładunki azotu i fosforu w wodach rzeki Ner w latach hydrologicznych 1992–1997. *Acta Sci. Pol., Form. Circ.*, 2 (1), 23–34.
- Kiryłuk A., Rauba M. 2011. Wpływ rolnictwa na stężenie fosforu ogólnego w wodach powierzchniowych zlewni rzeki Śliny. *Inżynieria Ekologiczna*, 26, 122–132.
- Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej 2002. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Kondracki J. 2002. *Geografia regionalna Polski*. PWN.
- Kupiec J., Zbierska J. 2010. Nadwyżki fosforu w wybranych gospodarstwach rolnych zlokalizowanych na obszarach narażonych na zanieczyszczenia azotanami. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 10, 59–71.
- Marcinkowski T. 2014. Produkcja rolnicza a jakość wód na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 14, 1(45), 41–52.
- Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A., Suska A. 2007. Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta. *Acta Sci. Pol., Form. Circ.*, 6(2), 19–30.
- Raport dla obszaru dorzecza Odry z realizacji art. 5 i 6, zał. II, III, IV Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych.
- Sapek A. 2010. Rolnictwo polskie a ochrona jakości wody, zwłaszcza wody Bałtyku. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 10, 1(29), 175–200.
- Shrestha S., Kazama F. 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*, 22(4), 464–475.
- Sojka M. 2009. Ocena ładunków związków biogenych wymywanych ze zlewni ciekłu Dębina. *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska*, 11, 1225–1234.
- Sojka M., Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2007. Ocena metod obliczania ładunków zanieczyszczeń wymywanych ze zlewni. *Acta Sci. Pol., Form. Circ.*, 6 (1), 3–13.
- Sojka M., Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2008. Wymywanie związków azotu i fosforu ze zlewni rolniczej w zróżnicowanych okresach hydrometeorologicznych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 526, 443–450.
- Wiatkowski M., Rosik-Dulewska Cz., Gruss Ł. 2012. Profil zmian wskaźników jakości wody w rzece Stobrawie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4(3), 21–35.
- Wiatkowski M., Wiatkowska B. 2006. Ochrona jakości zasobów wodnych w aspekcie programów rolno-środowiskowych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3(4), 179–288.