

# ZMIANY STĘŻENIA ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W POSZCZEGÓLNYCH FAZACH OBIEGU WODY W ZLEWNI CIEKU SPOD LASZCZEK

**Michał FIC, Waldemar MIODUSZEWSKI, Ludmiła ROSSA**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

*Słowa kluczowe: zlewnia rzeczna, monitoring wód, mineralne formy azotu i fosforany w wodach*

## Streszczenie

Klasyczny cykl obiegu wody w zlewni rzecznej polega na przejściu opadu atmosferycznego poprzez infiltrację efektywną do wód gruntowych, za pośrednictwem których definitywnie odpływa ze zlewni. Badania nad obiegiem wody i substancji chemicznych są wykonywane także w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach. Prace koncentrują się głównie nad obiegiem substancji biogennej, których udział w różnych fazach obiegu wody w zlewni pozostaje w bezpośrednim związku z produkcją rolniczą, hodowlaną i przeobrażeniami wiejskich jednostek osadniczych.

Obiekt doświadczalny w Falentach jest położony w bezpośrednim sąsiedztwie Instytutu w zlewni Raszynki. Prace są wykonywane w mikrozwlewni tzw. Ciek Wschodniego spod Laszcek. Opróbowaniu poddano główne fazy cyklu obiegu wody, od opadu atmosferycznego poprzez wody infiltracyjne w strefie saturacji do wód podziemnych. Dzięki opróbowaniu wód infiltracyjnych oraz wód ze strefy saturacji na zróżnicowanych głębokościach uzyskano pełen obraz zmian chemicznego składu wód w profilu pionowym.

Wykonane badania potwierdzają zasadność kompleksowego i jednoczesnego rozpoznania jakości wody w poszczególnych fazach krążenia w zlewni rzecznej.

## WSTĘP

Podstawowy cykl obiegu wody w zlewni rzecznej polega na przejściu opadu atmosferycznego, poprzez infiltrację efektywną, do wód gruntowych. Woda przemieszcza się przez ośrodek wodno-gruntowy do drenujących cieków powierzch-

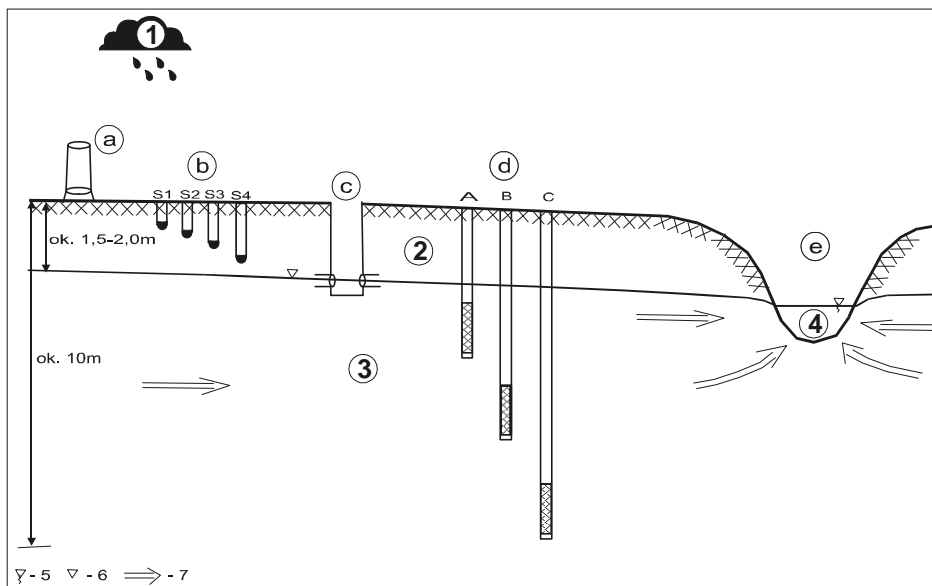
niowych, za pośrednictwem których ostatecznie odpływa ze zlewni. W warunkach rzeczywistych obieg wody w zlewni jest modyfikowany przez całą gamę zjawisk naturalnych i będących bezpośrednim następstwem działań człowieka. Do zjawisk naturalnych można zaliczyć np. występowania spływu powierzchniowego, udział wód z dalekich systemów krążenia czy zmiany wywołane oddziaływaniem określonych siedlisk roślinnych. Czynniki antropogenicznymi, modyfikującymi obieg wody w zlewni, są np. pobór wód podziemnych czy piętrzenie wód powierzchniowych. Następstwem zmian krążenia oraz określonych działań człowieka, związanych z szeroko pojętym zagospodarowywaniem i przekształcaniem środowiska, są także zmiany jakościowe wody. Dotyczy to praktycznie wszystkich faz obiegu wody w zlewni. Dlatego też w wielu ośrodkach badawczych intensyfikuje się prace, mające na celu udokumentowanie i modelowanie zmian jakości wody na drodze jej naturalnego przepływu, tj. od opadu atmosferycznego do finalnego odpływu ze zlewni rzecznej.

## OBIEKT DOŚWIADCZALNY I METODY BADAŃ

Badania nad obiegiem wody w małej zlewni są realizowane w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach od wielu lat. Koncentrują się one głównie nad obiegiem substancji biogennej, których udział w różnych fazach obiegu wody w zlewni pozostaje w bezpośrednim związku z produkcją rolniczą, hodowlaną i przeobrażeniami wiejskich jednostek osadniczych.

Obiekt doświadczalny w Falentach położony jest położony w bezpośrednim sąsiedztwie Instytutu w zlewni Raszynki. Prace są prowadzone w mikrozewni tzw. Ciek Wschodniego spod Laszczek. Ten niewielki ciek, zaledwie czterokilometrowej długości, odgrywa jednak niebagatelną rolę środowiskową, gdyż stanowi główne źródło poboru wody na potrzeby kompleksu stawów o powierzchni 90 ha (część jest objęta ochroną w obrębie rezerwatu „Stawy Raszyńskie”). Wody ciek od kilku lat są regularnie monitorowane. Zainstalowano urządzenia do okresowego i ciągłego pomiaru przepływu (wodowskazy, koryta Parshalla, limnigrafy). Zastosowanie automatycznego przyrządu (autosamplera) do poboru prób w zakładanych odstępach czasu umożliwia szczegółową ocenę ładunku wynoszonego w poszczególnych fazach spływu fali wezbraniowej [ROSSA, 2000]. W obrębie zlewni funkcjonują ponadto ujęcia wód podziemnych należące do Instytutu, które zaopatrują lokalne osiedle w wodę pitną.

Schemat opróbowania chemicznego wykonanego na potrzeby badań monitoringowych zobrazowano na rysunku 1. Zaprezentowany schemat obejmuje pojedynczą warstwę wodonośną, która jest zasilana zarówno infiltracyjnie, jak i wodami z dalszych stref krążenia wód w zlewni [FIC, MIODUSZEWSKI, 2003]. Badano główne fazy obiegu wody, tj. od opadu atmosferycznego poprzez wody infiltracyjne w strefie saturacji do wód podziemnych. Dzięki instalacji punktów poboru wody



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia punktów poboru prób w poszczególnych fazach obiegu wody w zlewni doświadczalnej: *a* – opad atmosferyczny/deszczomierz, *b* – wody infiltracyjne/sączki podciśnieniowe, *c* – wody drenarskie/studnia, *d* – wody podziemne/piezometry multilevel, *e* – wody powierzchniowe/koryto Parschalla, *1* – opad atmosferyczny, *2* – woda infiltracyjna w strefie aeracji, *3* – woda podziemna w strefie saturacji, *4* – woda w cieku, *5* – zwierciadło wody powierzchniowej, *6* – zwierciadło wody podziemnej, *7* – kierunek przepływu wody podziemnej

Fig. 1. Arrangement of sampling points in particular phases of water cycle in experimental catchment: *a* – atmospheric precipitation/pluviometer, *b* – infiltration waters/suction filters, *c* – drainage waters/well, *d* – ground waters/multilevel piesometers, *e* – surface waters/Parschall's channel, *1* – atmospheric precipitation, *2* – infiltration water in the aeration zone, *3* – ground water in the saturation zone, *4* – water in the stream, *5* – surface water table, *6* – ground water table, *7* – ground water discharge direction

na zróżnicowanej głębokości opróbowano cały ośrodek gruntowo-wodny w pionie [FIC, ROSSA, w druku]. Lokalizację punktów poboru próbek wód w terenie przedstawiono na zbiorczej mapce zamieszczonej na wklejce.

## ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Wybrane wyniki prac badań stężenia substancji biogenych w poszczególnych fazach obiegu wody z uwzględnieniem zakresu ich zmienności w ciągu dwuletniego okresu obserwacyjnego zamieszczono w tabeli 1.

W okresie badań zakres zmienności stężeń azotanów i jonu amonowego w poszczególnych fazach krążenia wody w zlewni jest stosunkowo duży, natomiast stężenie azotynów było dużo stabilniejsze, przyjmując wartości poniżej  $0,1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

**Tabela 1.** Stężenie związków azotu i fosforanów w poszczególnych fazach obiegu wody ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

**Table 1.** Concentration of nitrogen and phosphorus compounds in particular phases of water cycle ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

Miejsce poboru Sampling site	Oznaczenie miejsca Site descriptor	NO <sub>3</sub>		NO <sub>2</sub>		NH <sub>4</sub>		PO <sub>4</sub>	
		<u>średnia</u> odchylenie standardowe <u>mean</u> <u>SD</u>	<u>min.</u> max.	<u>średnia</u> odchylenie standardowe <u>mean</u> <u>SD</u>	<u>min.</u> max.	<u>średnia</u> odchylenie standardowe <u>mean</u> <u>SD</u>	<u>min.</u> max.	<u>średnia</u> odchylenie standardowe <u>mean</u> <u>SD</u>	<u>min.</u> max.
Deszczomierz Pluviometer	opad precipitation	<u>7,15</u> 4,54	<u>0,89</u> 26,58	<u>0,095</u> 0,052	<u>0,03</u> 0,26	<u>0,95</u> 0,69	<u>0,01</u> 2,71	<u>0,36</u> 0,39	<u>0,00</u> 2,64
Strefa aeracji – próbniki Aeration zone – probes	S1	<u>0,71</u> 1,71	<u>0,00</u> 5,20	<u>0,06</u> 0,02	<u>0,039</u> 0,091	<u>0,08</u> 0,07	<u>0,00</u> 0,21	<u>0,94</u> 0,46	<u>0,39</u> 1,70
	S2	<u>10,77</u> 9,45	<u>0,60</u> 37,00	<u>0,04</u> 0,03	<u>0,014</u> 0,100	<u>0,11</u> 0,12	<u>0,02</u> 0,41	<u>0,20</u> 0,05	<u>0,15</u> 0,3
	S3	<u>10,49</u> 11,2	<u>0,00</u> 31,00	<u>0,02</u> 0,01	<u>0,005</u> 0,060	<u>0,06</u> 0,06	<u>0,00</u> 0,17	<u>0,23</u> 0,08	<u>0,06</u> 0,33
Studnia drenarska Drainage well	Dr	<u>4,65</u> 3,56	<u>0,00</u> 10,80	<u>0,02</u> 0,01	<u>0,002</u> 0,042	<u>0,07</u> 0,07	<u>0,00</u> 0,24	<u>0,18</u> 0,08	<u>0,05</u> 0,35
		<u>12,00</u> 6,23	<u>0,40</u> 22,00	<u>0,08</u> 0,05	<u>0,002</u> 0,184	<u>0,08</u> 0,07	<u>0,00</u> 0,23	<u>0,10</u> 0,14	<u>0,00</u> 0,58
Strefa saturacji – piezometry Saturation zone – piesometers	P2A	<u>13,65</u> 8,52	<u>3,10</u> 33,50	<u>0,13</u> 0,06	<u>0,03</u> 0,24	<u>0,09</u> 0,07	<u>0,00</u> 0,22	<u>0,06</u> 0,04	<u>0,00</u> 0,13
	P2B	<u>1,31</u> 1,82	<u>0,00</u> 5,00	<u>0,03</u> 0,02	<u>0,01</u> 0,06	<u>0,06</u> 0,05	<u>0,02</u> 0,18	<u>0,01</u> 0,02	<u>0,00</u> 0,05
	P2C	<u>0,16</u> 0,32	<u>0,00</u> 1,20	<u>0,01</u> 0,01	<u>0,00</u> 0,02	<u>0,09</u> 0,04	<u>0,00</u> 0,19	<u>0,35</u> 0,14	<u>0,03</u> 0,54
Przelew Overflow	ciek KIII stream KIII	<u>20,83</u> 10,33	<u>0,58</u> 53,16	<u>0,26</u> 0,17	<u>0,07</u> 1,02	<u>0,32</u> 0,34	<u>0,04</u> 1,57	<u>1,46</u> 2,07	<u>0,03</u> 9,50

Wyraźnie największe stężenie wszystkich badanych form azotu i fosforanów występuje w wodach powierzchniowych. Na taki stan składu chemicznego wód powierzchniowych wpływał także cykl poboru próbek. Próby wód powierzchniowych pobierano głównie w okresie wezbrań poprzedzonych opadem atmosferycznym o natężeniu ponad  $10 \text{ dm} \cdot \text{m}^{-2}$ . Jest to też bezpośrednia przyczyna występowania biogenów w stężeniach dających podstawy do stwierdzenia pozaklasowości wód Cieku Wschodniego spod Laszczek.

W bezpośrednim sąsiedztwie posterunków obserwacyjnych IMUZ, tj. obszaru ekstensywnie użytkowanej łąki, do wód podziemnych wnoszone są małe ilości związków azotowych oraz fosforanów, które nie dyskwalifikują przydatności tych wód do spożycia. Interesujące jest natomiast zwiększanie stężenia fosforanów wraz z głębokością opróbowania. Stężenie fosforanów zmienia się w dużo mniejszym zakresie. Jak podaje za Szwarcewem MACIOSZCZYK [1987] stężenie fosforanów w wodach podziemnych jest na ogół większe niż w wodach powierzchniowych i może się zmieniać w szerokich granicach – od tysięcznych części miligramu do miligramów w decymetrze sześciennym. Średnia zawartość fosforanów w wodach podziemnych wynosi ok.  $0,07 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ , dlatego zwiększenie stężenia tego związku w wodach podziemnych stwierdzone w granicach obiektu doświadczalnego należy tłumaczyć przyczynami geogenicznymi. Z punktu widzenia ochrony wód stężenie fosforanów należy uznać za małe, gdyż stwierdzone maksymalne wartości oscylują na granicy pierwszej i drugiej klasy czystości wód podziemnych (wg klasyfikacji PİOŚ „dla potrzeb monitoringu wód podziemnych”).

Najwyższe wartości stężenia fosforanów stwierdzone w wodach powierzchniowych wynikają zapewne z wnoszenia tego związku z górnej części zlewni cieką, gdzie w rejonie Laszczek drenowane są wody z terenów intensywnie użytkowanych rolniczo. Potwierdza to udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi [SAPEK, 1996]. Znaczny udział w kształtowaniu niekorzystnego obrazu hydrochemicznego wód powierzchniowych w analizowanym przypadku ma również brak docelowych rozwiązań lokalnej gospodarki wodno-ściekowej. W obrębie Laszczek i Falent Dużych ścieki są miejscowo zrzucane do wód powierzchniowych. O bliskości tych ognisk zanieczyszczeń dobitnie świadczy także większe stężenie amoniaku w cieką, aniżeli w innych fazach obiegu wody. Podkreśla się, że stężenie fosforanów jest podstawową przyczyną okresowej pozaklasowości wód powierzchniowych w Cieką Wschodnim spod Laszczek.

## WNİOSKI

1. W pionowym profilu warstwy wodonośnej stwierdzono bardzo duże zróżnicowanie stężenia azotanów – potwierdza to zasadność opróbowania w systemie „multi-level”. W wodach podziemnych, poniżej głębokości 4-5 m p.p.t., stężenie

poszczególnych form azotu jest bardzo małe i na ogół nie przekracza łącznie  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

2. Największe stężenie fosforanów występuje w wodach powierzchniowych, zmienia się jednak w bardzo szerokich granicach.

3. Taką sytuację, podczas gdy jednocześnie stężenie tego składnika w wodach podziemnych jest małe, należy tłumaczyć wynoszeniem tego związku za pośrednictwem spływów powierzchniowych z terenów użytkowanych rolniczo.

4. Małe stężenie poszczególnych form azotu w wodach pierwszej warstwy wodonosnej, w warunkach intensywnego rolniczego użytkowania lokalnych gruntów w rejonie Falent Dużych oraz Laszczek, potwierdza udział czystych wód podziemnych, pochodzących z tzw. stref dalszego krążenia, w zasilaniu doliny i cieku, a zatem także w całkowitym odpływie ze zlewni.

## LITERATURA

- FIC M., ROSSA L., w druku. Zmiany stężeń związków azotu w poszczególnych fazach obiegu wody w małej zlewni rzecznej. W: Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. Łódź: Wydaw. UŁ.
- FIC M. MIODUSZEWSKI W., 2003. Pionowa strefowość wód podziemnych w rejonie Falent. Woda Środ. Obsz. Wiej. w niniejszym Zeszycie s. 39–50.
- MACIOSZCZYK A., 1987. Hydrogeochemia. Warszawa: Wydaw. Geol. ss. 475.
- ROSSA L., 2000. Zanieczyszczenia wód deszczowych spływających z zabudowanych obszarów wsi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 477 s. 151-159.
- SAPEK A., 1996. Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi. Zesz. Edukac. 1/96. Falenty Wydaw. IMUZ s. 9–35.

*Michał FIC, Waldemar MIODUSZEWSKI, Ludmila ROSSA*

### CHANGES IN NUTRIENT CONCENTRATIONS DURING PARTICULAR PHASES OF WATER CYCLE IN A SMALL RIVER CATCHMENT "STREAM FROM LASZCZKI"

*Key words: river catchment, water monitoring, nitrates and phosphates in waters*

#### S u m m a r y

A typical water cycle in a river catchment consists in moving atmospheric precipitation through effective infiltration to ground waters, which carry the waters out of the catchment. Studies on the turnover of water and chemical substances are carried out at the Institute for Land Reclamation and Grassland Farming in Falenty. The studies focus mostly on the turnover of nutrients, concentrations of which are closely related to agricultural production, breeding and transformations of rural settlements.

---

Experimental plot of the Institute is situated in its close vicinity in the catchment of the Raszynka river. Studies were carried out in a micro-catchment of the so-called "stream from Laszczki". Main components of the water cycle, i.e. atmospheric precipitation, infiltration waters in a saturation zone and ground waters were sampled. The effect of entire vertical sampling of the ground-water stratum was achieved thanks to the sampling sites installed at various depths.

The studies confirmed a rationale for the complex and simultaneous recognition of water quality in particular phases of cycling in the river catchment.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Aleksandra Macioszczyk*

*prof. dr hab. Henryk Pawłat*

Praca wpłynęła do Redakcji 1.10.2002 r.