

## **SEZONOWE ZMIANY ZAWARTOŚCI MAKROELEMENTÓW W WODZIE Z RZEKI RAWKI W LATACH 2003-2009**

### **Seasonal changes in the macroelement content in the water of the Rawka river in 2003-2009**

Waldemar Treder<sup>1</sup>, Waldemar Kowalczyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa im. Szczepana Pieniążka  
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice

<sup>2</sup>Instytut Warzywnictwa im. Emila Chroboczka  
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice  
e-mail: Waldemar.Treder@insad.pl

#### ABSTRACT

Monitoring the quality of water for a long period of time is the only way to objectively assess the influence of human activity on the natural environment. Evaluation of water quality is not only of cognitive value but also of economic value, e.g. for industrial or agricultural purposes. Both environmental and human factors may significantly change the quality parameters of river waters.

The aim of the experiments was to assess the variation in some chemical parameters describing the quality of the water of the Rawka river over a period of the last seven years (2003-2009) from the point of view of its suitability for irrigation.

The analyses showed a relatively low salinity of the water but with a steadily rising trend. The increase in water salinity was caused by the rising levels of Mg, Na and Cl. No increase in N, P and K content in the water does not confirm the common opinion of the devastating influence of agriculture on the river's water quality. Moreover, the results of this seven-year-long experiment showed that the Rawka's water is still of high value for irrigation purposes.

**Key words:** salinity, pH, nutrients, water, river

## WPROWADZENIE

Rzeka Rawka to prawy dopływ Bzury płynący przez Wzniesienia Południowomazowieckie i Niż Środkowomazowiecki, długości około 90 km i powierzchni dorzecza 1192 km<sup>2</sup>. Rawka wypływa ok. 5 km na wschód od Koluszek, a uchodzi poniżej Kęszyc. Średni przepływ przez ujście to 5,3 m<sup>3</sup>/s, rozpiętość stanów wody 2,8 m. Główne dopływy to Rylka, Białka, Korbielówka (Nowa Encyklopedia Powszechna PWN 1995). Rawka jest zachowaną w naturalnym stanie typową rzeką niziną i dlatego od 1983 roku jej koryto od źródeł aż po ujście zostało objęte ochroną rezerwatową. Rzeka od Starej Rawy do Bolimowa płynie przez Bolimowski Park Krajobrazowy. Dolina Rawki o pow. 2525,4 ha decyzją Komisji Europejskiej została wpisana jako obszar ochrony siedlisk programu Natura 2000 (Katalog Obszarów Natura 2000).

Zbiorniki wodne zalicza się do najbardziej wrażliwych na działanie człowieka. Negatywne i pozytywne skutki działalności człowieka (antropopresja) w dorzeczach wyrażają się przede wszystkim zmianami właściwości fizyko-chemicznych wód rzecznych (Michałkiewicz i Osses 2008). Monitorowanie w dłuższym okresie czasu jakości wody pozwala na obiektywną ocenę wpływu działalności człowieka na środowisko naturalne. Ocena jakości wody ma nie tylko znaczenie poznawcze z punktu widzenia ekologii, ale ma także istotne znaczenie gospodarcze (Dąbrowska i in. 2007). Woda z Rawki jest pobierana m.in. do nawadniania. Korzystają z niej Instytut Warzywnictwa, Pole Doświadczalne SGGW oraz Sad Pomologiczny ISK. Przed użyciem do nawadniania roślin woda powinna być poddana analizie chemicznej określającej jej odczyn, zasolenie oraz zawartości rozpuszczonych pierwiastków. Na podstawie wyników analiz określa się nie tylko przydatność wody do użycia, lecz także opracowuje skład podawanych wraz z wodą pożywek nawozowych (Komosa 1997; Kowalczyk i in. 2001a,b). Parametry wód pobieranych ze zbiorników otwartych, a szczególnie rzek, mogą się znacznie zmieniać nawet w krótkim okresie czasu. Zależą one od ilości opadów, rodzaju zlewni i działalności gospodarczej człowieka. Panuje powszechna opinia, że poza przemysłem istotną przyczyną zanieczyszczenia wód powierzchniowych jest nawożenie organiczne i mineralne, które powoduje eutrofizację wód

powierzchniowych (Trybała 1996). Dlatego w przypadku wykorzystania do nawadniania wody z rzek powinniśmy regularnie oceniać jej jakość.

Celem prowadzonych badań była ocena zmienności w latach 2003-2009 niektórych parametrów chemicznych pozwalających na ocenę jakości wody w rzece Rawka w aspekcie zmian środowiskowych i przydatności do nawadniania.

## MATERIAŁ I METODY

Próbki wody pobierano z rzeki Rawki na wysokości osiedla Rawka w Skierniewicach. Próbki o objętości 1,5 litra pobierano 50 cm od brzegu przez kolejne miesiące w latach 2003-2009. Analizy przeprowadzono bezpośrednio po pobraniu próbki. Oznaczenia pH wykonano pehametrem firmy ORION model 920A, EC – konduktometrem CC-551 firmy ELMETRON. Kationy oznaczono spektrometrem plazmowym model Optima 2000DV firmy Perkin-Elmer, używając wielopierwistkowego wzorca firmy MERCK (Kowalczyk i in. 1994; Kowalczyk i in. 2001a). Zawartość anionów oznaczono autoanalizatorem przepływowym firmy Skalar San<sup>Plus</sup> (Kowalczyk 1995). Wyniki analiz chemicznych poddano analizie, wyznaczając podstawowe parametry statystyczne. Obliczono także współczynniki korelacji pomiędzy zawartością składników mineralnych a datą pobrania próby. Istotność różnic pomiędzy średnimi zawartościami azotanów w wodzie dla poszczególnych miesięcy oceniano testem t-Duncana.

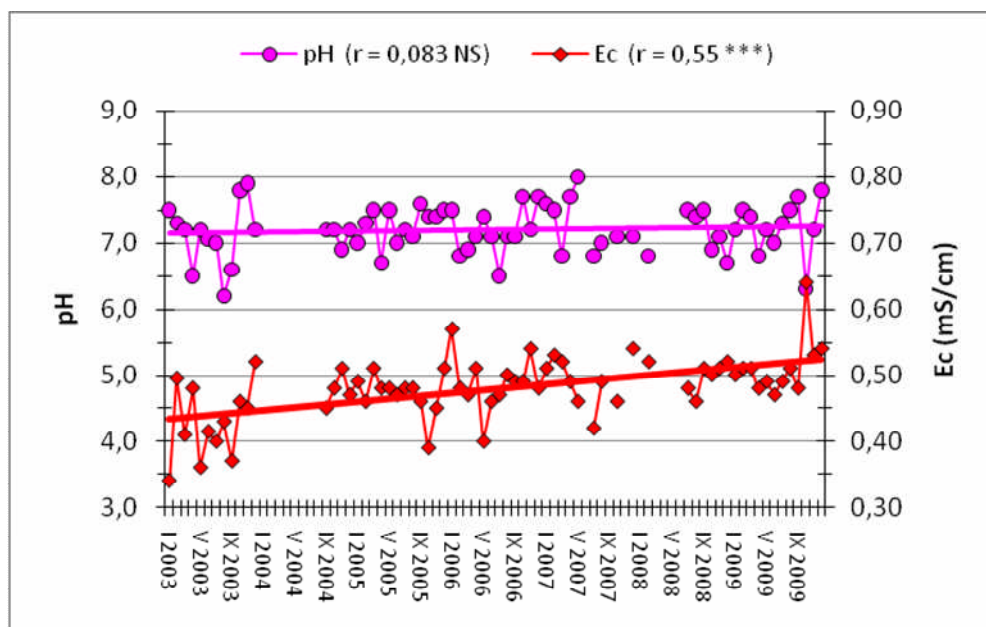
## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Przeprowadzone analizy wykazały zmienność pH wody, zarówno w cyklu rocznym, jak i za cały okres badań. Nie stwierdzono żadnej stałej tendencji obniżania lub podwyższania się jej odczynu (rys. 1). Woda w Rawce miała odczyn od obojętnego po lekko zasadowy. Średnie pH wody to 7,2 (tab. 1), zmierzona wartość minimalna – 6,2 (VIII 2003 r.), a maksymalna 8,0 (V 2007 r.). Różnica pomiędzy odczytem minimalnym a maksymalnym wynosiła aż 1,8 jednostki pH. Analiza wariancji nie wykazała specyficznego wpływu pory roku na odczyn wody w Rawce.

Tabela 1

Parametry statystyczne analiz chemicznych wody z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-2009, (n = 68) – Statistical parameters of the chemical analyses of the water of the Rawka river (Skierniewice) during the years 2003-2009, (n = 68)

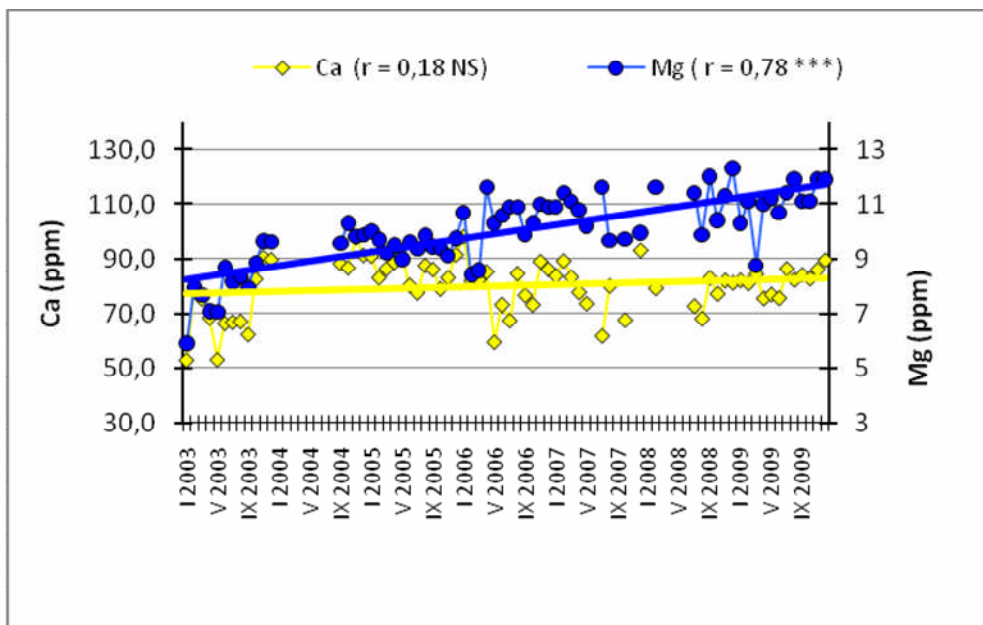
Parametr Parameter	Średnia Mean	Mediana Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Rozstęp Range	CV [%]
pH	7,20	7,20	6,20	8,00	1,80	5,18
EC[mS/cm]	0,48	0,48	0,34	0,64	0,30	10,03
N-NO <sub>3</sub> [ppm]	0,96	0,74	0,05	3,02	2,97	75,76
N-NH <sub>4</sub> [ppm]	0,13	0,05	0,05	0,81	0,76	117,04
P [ppm]	0,12	0,10	0,05	0,33	0,28	42,77
K [ppm]	2,97	3,05	1,60	4,84	3,24	19,12
Ca [ppm]	79,91	82,05	53,00	97,90	44,90	12,01
Mg [ppm]	10,01	9,97	5,91	12,30	6,39	13,22
Na [ppm]	11,66	11,55	7,71	17,80	10,09	14,71
Cl <sup>-</sup> [ppm]	18,38	17,70	12,90	49,50	36,60	24,52
SO <sub>4</sub> [ppm]	43,23	42,95	11,50	71,90	60,40	25,81



\*\*\* istotność na poziomie 0,001 – significant at 0.001; NS – brak istotności – not significant

Rysunek 1. Zmienność EC i pH wody z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-2009 – Variation in EC and pH of the water of the Rawka river (Skierniewice) during the years 2003-2009

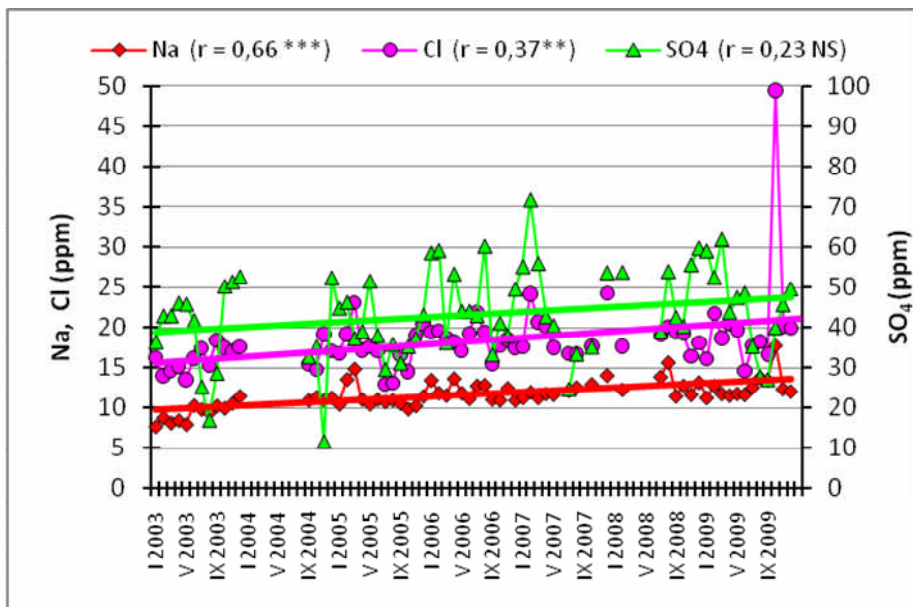
Woda w rzece Rawka jest stosunkowo mało zasolona jednak ze stałą tendencją wzrostową (rys. 1). Analiza statystyczna wykazała istotną dodatnią korelację pomiędzy przewodnością elektryczną (EC) wody pobranej z Rawki a upływającym czasem. Wraz z upływem lat EC wody w Rawce wzrasta (2003 r. średnie EC = 0,43 mS/cm, a w 2009 r. średnie EC = 0,51 mS/cm). Nie jest to wzrost wysoki, ale udowodniono statystycznie, że jest to tendencja trwała, co oznacza pogarszanie się parametrów wody. Biorąc pod uwagę, że źródłem wody w rzece są opady, których naturalne zasolenie jest bardzo niskie (Kowalczyk 1995), wzrastające EC wody w Rawce świadczy o istotnym wpływie działalności człowieka na jej jakość. Analizując wyniki średnie dla poszczególnych miesięcy można zaobserwować obniżanie się EC w miesiącach letnich i jego wzrost zimą. Najniższe średnie (dla miesięcy) EC wody wystąpiło w maju – 0,44 mS/cm, a najwyższe w grudniu 0,51 mS/cm. Test Duncana potwierdził statystyczną istotność pomiędzy tymi wartościami.



\*\*\* istotność na poziomie 0,001 – significant at 0.001; NS – brak istotności – not significant

Rysunek 2. Zmienność zawartości Mg i Ca w wodzie z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-009 – Variation in the levels of Mg and Ca in the water of the Rawka river (Skierniewice) during the years 2003-2009

Wzrost zasolenia wody wynika z istotnej tendencji wzrostowej zawartości w niej Mg, Na i Cl (rys. 2 i 3). Średnia zawartość magnezu w próbkach wody pobranych w 2003 roku wynosiła 8,08 mg/l, a w 2009 roku 11,03 mg/l. Co prawda jest to wzrost niewielki, ale tendencja została potwierdzona statystycznie. Zawartość magnezu nie była skorelowana z porą roku, w której pobierano próbki. Źródłem magnezu w wodzie była przypuszczalnie gleba oraz nawozy magnezowe, ponieważ jest to pierwiastek stosunkowo łatwo wymywalny (Nielsen i Stevenson 1983). Poziom zawartości magnezu w wodzie rzeki Rawki był zbliżony do wyników analiz wody pobranej z rowu śródpolnego (7,20-11,9 mg/l), (Koc i in. 1998). W wodach drenarskich koncentracja magnezu jest zazwyczaj znacznie wyższa. Według Durkowskiego (1998), który prowadził badania na Pomorzu Zachodnim, zawartość magnezu w wodach drenarskich wynosiła od 11,0 do 45,6 mg/l. Z gleby bardzo łatwo jest wymywany także wapń, jednak nie stwierdzono, aby w miarę upływu lat jego poziom wzrastał (rys. 2).



\*\* istotność na poziomie 0,01 – significant at 0.01; \*\*\* istotność na poziomie 0,001 – significant at 0.001; NS – brak istotności – not significant

Rysunek 3. Zmienność zawartości Na, Cl, SO<sub>4</sub> w wodzie z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-2009 – Variation in the levels of Na, Cl, SO<sub>4</sub> in the water of the Rawka River (Skierniewice) during the years 2003-2009

Stwierdzono sezonowe (w cyklu rocznym) zmiany zawartości wapnia w wodzie. W maju (70,7 mg/l), czerwcu (73,9 mg/l) i lipcu (72,1 mg/l) woda zawierała istotnie mniej wapnia w porównaniu z listopadem (87,9 mg/l) i grudniem (98,7 mg/l).

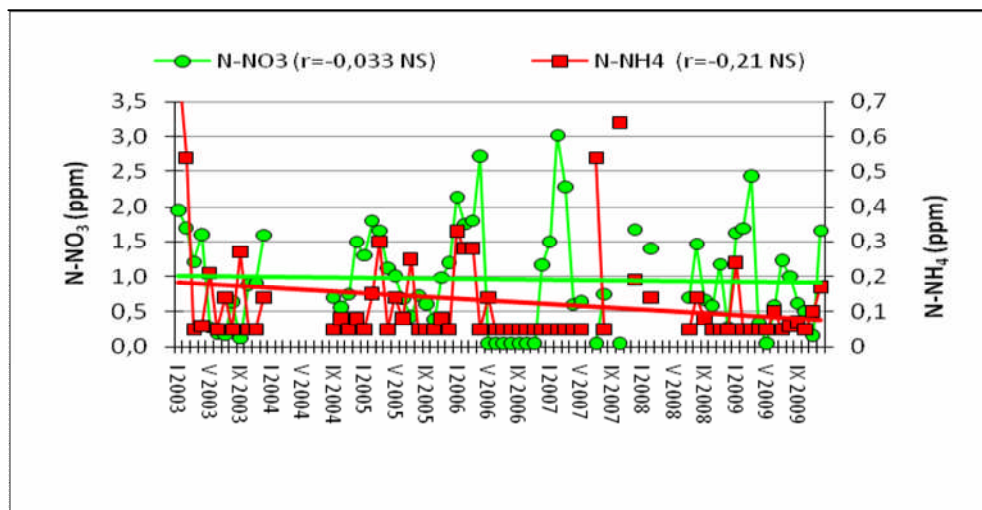
Średnia zawartość sodu w próbkach wody pobranych w 2003 roku wynosiła 9,43 mg/l, a w 2009 roku 12,77 mg/l. Nie udowodniono, aby zawartość sodu w wodzie była skorelowana z porą roku. Zawartości te są zbliżone do uzyskanych przez Koca i współautorów (1998) w wodach pobieranych z rowów śródpolnych i drenów.

Średnia zawartość chloru w próbkach wody pobranych w 2003 roku wynosiła 16,09 mg/l, a w 2009 roku 21,14 mg/l. Najwyższą zawartość chloru w wodzie (49,5 mg/l) stwierdzono w październiku 2009 roku. Jego zawartość nieznacznie obniżała się latem, a wzrastała jesienią i zimą. Tendencji tej nie udało się udowodnić statystycznie. Źródłem chlorków w wodzie może być chlor pochodzący z nawozów mineralnych i soli wysypywanej na drogi w okresie zimowym. Badania Koca i innych (1998) wykazały, że wody pobrane z rowów śródpolnych zawierały do 68 mg/l chloru, a z drenów nawet 80 mg/l.

Stosunkowo dużą zmiennością charakteryzowała się zawartość siarczanów (rys. 3). Wyższą ich zawartość stwierdzono w latach 2006, 2007 i 2009. Jednak analiza statystyczna nie wykazała korelacji pomiędzy zawartością siarczanów w wodzie a upływem lat. Średnia ich zawartość za cały okres badań (tab. 1) wynosiła 44,91 mg/l, a minimalną tj. 27,0 mg/l – odnotowano we wrześniu 2009 r. Zawartość maksymalna to poziom ponad dwukrotnie wyższy – 62,0 mg/l, który odnotowano także w 2009 roku, ale na przełomie zimy i wiosny (w marcu). Zawartość siarczanów obniżała się latem, średnio najmniej odnotowywano ich w okresie od lipca do września.

Nie stwierdzono tendencji wzrostowych w przypadku zawartości w wodzie N, P i K, głównych makroelementów podawanych wraz z nawozami mineralnymi (rys. 4 i 6). Wydaje się, że działalność rolnicza nie wpływa na jakość wody w Rawce. W okresie badań zawartość jonów azotanowych i amonowych była stosunkowo niska. Średnia zawartość azotu azotanowego za okres badań to 0,96 mg/l, zawartość minimalna to 0,05 mg/l, a maksymalna 3,02 mg/l (luty 2007 r.). Istotnie mniej azotanów w wodzie było w okresie wegetacji. Najwyższą ich zawartość obserwowano w styczniu, lutym i marcu (rys. 5). Podobne tendencje obserwowano

w przypadku jonów amonowych, jednak nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie. Średnia zawartość jonów amonowych za okres badań wynosiła 0,13 mg/l, wartość minimalna – 0,05 mg/l, a maksymalna – 0,81 mg/l.

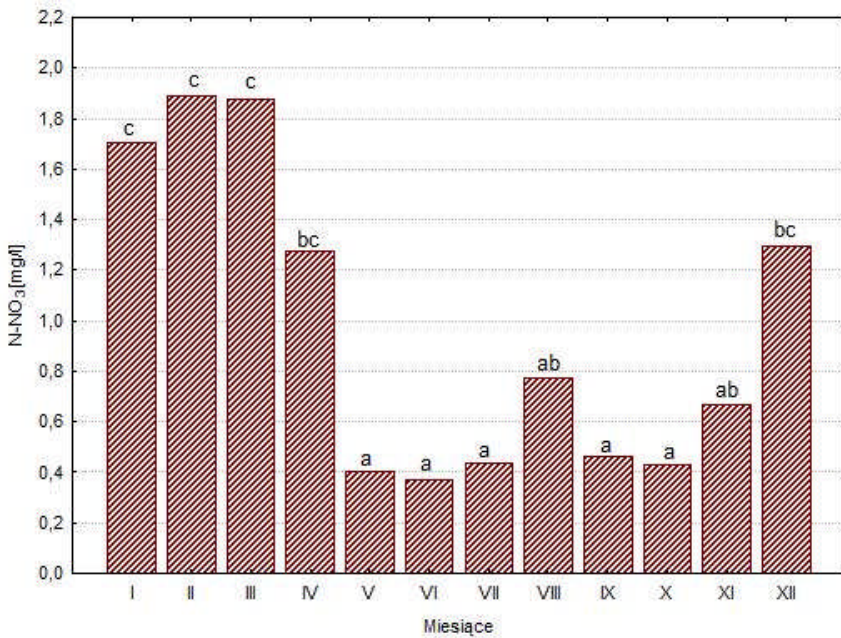


NS – brak istotności – not significant

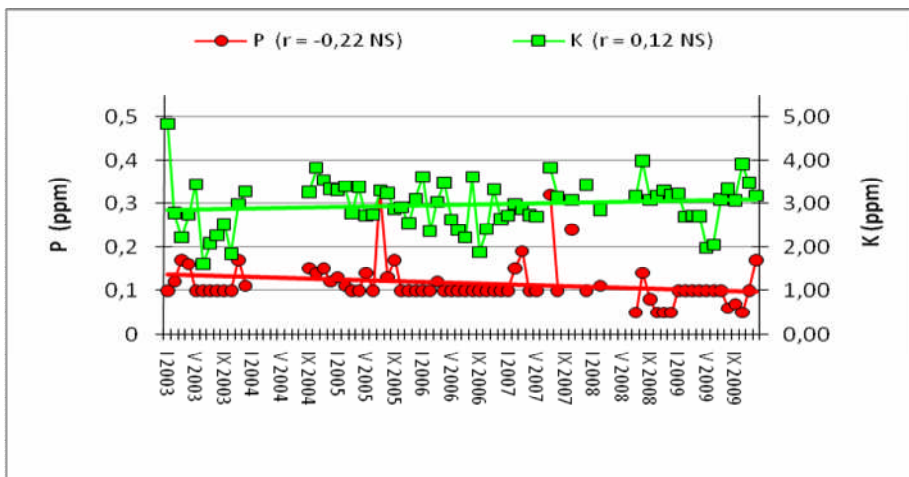
Rysunek 4. Zmienność zawartości N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> w wodzie z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-2009 – Variation in the levels of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> in the water of the Rawka river (Skierniewice) during the years 2003-2009

Analizy chemiczne wykazały także stosunkowo niską zawartość w wodzie fosforu i potasu. Wykazano tendencję obniżania się zawartości tych pierwiastków w wodzie w okresie letnim. W przypadku potasu jego średnia zawartość w czerwcu była istotnie niższa niż w styczniu. Sezonowe zmiany zasolenia, a więc i zawartości niektórych składników mineralnych wynikają przypuszczalnie z dużych różnic pomiędzy ilością opadów latem i zimą oraz z sezonowości prac polowych, m.in. stosowania nawożenia mineralnego oraz innej działalności człowieka, na przykład stosowania soli na drogach. Niepokojąca jest tendencja wzrostu zasolenia wody i wzrostu w niej zawartości sodu, chloru i siarki. Źródłem tych pierwiastków może być zarówno sól sypana na drogi, jak i nawozy mineralne. Bardzo pozytywnym zjawiskiem jest brak tendencji wzrostowej zawartości N, P i K, co świadczy, że obecnie stosowane dawki makroelementów nie pogarszają stanu czystości rzeki.





Rysunek 5. Średnie dla poszczególnych miesięcy zawartości azotanów w wodzie z rzeki Rawki w latach 2003-2009 – Levels of nitrates in the water from the Rawka river. Average values for the individual months of the years 2003-2009



NS – brak istotności – not significant

Rysunek 6. Zmienność zawartości P i K w wodzie z rzeki Rawki (Skierniewice) w latach 2003-2009 – Variation in the levels of P and K in the water of the Rawka river (Skierniewice) during the years 2003-2009

## WNIOSKI

1. W czasie siedmioletniego okresu prowadzenia analiz chemicznych stwierdzono stałą tendencję wzrostu zasolenia wody w rzece Rawka. Przyczyną tego zjawiska był wzrost zawartości Mg, Na i Cl. Nie stwierdzono wzrostu zawartości N, P i K w wodzie.
2. Woda w rzece Rawka nadaje się do nawadniania roślin.

## LITERATURA

- Dąbrowska J., Kowalski J., Molski T., Sieniecki C. 2007. Jakość wody w małych zbiornikach zaporowych na przykładzie zbiornika Gołuchów. *Nauka Przyroda Technologie*, 1(2): 1-12.
- Durkowski T. Chemizm wód drenarskich obiektów Pomorza Zachodniego. 1998. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 458: 349-356.
- Katalog obszarów Natura 2000. [http://www.ine.eko.org.pl/index\\_areas.php?rek=523](http://www.ine.eko.org.pl/index_areas.php?rek=523)
- Koc J., Cieško Cz., Janicka R., Rochwerg A., SolarSKI K. 1998. Wpływ wysokości opadu na wymywanie substancji organicznych i mineralnych z gleb uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 456: 305-310.
- Komosa A. 1997. Rola jakości wody w nawożeniu roślin ozdobnych. II Konf. dla producentów anturium. ISK Skierniewice, 9-10 kwietnia: 14-19.
- Kowalczyk W. 1995. Analiza chemiczna wody i pożywek w uprawie warzyw pod osłonami. *Nowości Warzywnicze* 27: 23-29.
- Kowalczyk W., Kaniszewski S., Felczyńska A. 2001a. Ocena jakości wody do nawadniania i fertygacji w uprawach warzyw pod osłonami. *Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Biologiczne i agrotechniczne kierunki rozwoju warzywnictwa”*. Skierniewice : 63-65.
- Kowalczyk W., Kaniszewski S., Felczyńska A. 2001b. Quality of water for fertigation vegetable growing under covers. *Veget. Crops Res. Bull.* 54: 75.
- Kowalczyk W., Nowosielski O., Górecki R. 1994. Indukcyjnie wzbudzona plazma – ICP w chemicznej analizie ogrodniczej. *Mat. Symp. z okazji 30-lecia Instytutu Warzywnictwa*. Skierniewice: 109-112.
- Michałkiewicz M., Osses A. 2008. Wpływ antropopresji na stopień zanieczyszczenia Jeziora Kórnickiego. *Materiały: XX Jub. Kraj. Konf.*,

VIII Międz. Konf. "Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód" Poznań-Gniezno, 2: 337-352.

Neilsen G.H., Stevenson D.S. 1983. Leaching of soil calcium, magnesium and potassium in irrigated orchard lysimeters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **47**: 692-696.

Nowa Encyklopedia Powszechna PWN 1995. PWN Warszawa..

Trybała M. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. PWRiL Warszawa, s. 256.