

Dawid ŁAPIŃSKI, Piotr OFMAN, Monika PUCHLIK, Urszula WYDRO\*

## **ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY SKŁADNIKAMI MINERALNYMI ZLEWNI RZEKI SUPRAŚL**

W pracy przedstawiono wyniki badań parametrów wód powierzchniowych zlewni rzeki Supraśl a następnie podjęto próbę określenia zależności pomiędzy poszczególnymi jej składnikami. Dane statystyczne uzyskano z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Białymstoku z okresu 7 lat (2003–2009). Badania składników w wodach zlewni rzeki Supraśl były wykonywane raz w miesiącu. Przeprowadzona w pracy analiza wykazała istotne korelacje między poszczególnymi składnikami.

### **1. WSTĘP**

Zlewnię rzeki Supraśl podobnie jak zlewnie innych rzek na Podlasiu stanowią głównie tereny słabo uprzemysłowione o typowo rolniczym charakterze oraz tereny leśne [11]. Rzeka Supraśl ma długość 93,8 km a powierzchnia jej zlewni wynosi 1844,4 km<sup>2</sup>. Źródło rzeki zlokalizowane jest na północ od wsi Topolany na obszarach torfowych. Jest prawobrzeżnym dopływem Narwi i uchodzi do niej na 299,8 km przyjmując po drodze 18 dopływów, z czego prawobrzeżnych jest 11 a lewobrzeżnych 7. Dopływy prawobrzeżne odwadniają około 70% przyległych obszarów, podczas gdy lewostronne tylko 30% [10]. Do największych dopływów rzeki Supraśli można zaliczyć rzeki takie jak Sokołda, Biała, Czarna, Płaska i Słoja [4]. W zlewni rzeki, w miejscowościach Supraśl oraz Wasilków znajdują się przepływowo zbiorniki rekreacyjne, a na wysokości Wasilkowa zlokalizowane jest powierzchniowe ujęcie wody dla aglomeracji białostockiej [8]. Na terenach zlewni znajduje się również Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej i jest to jeden z najlepiej zachowanych kompleksów leśnych w Polsce [7].

Głównymi źródłami zanieczyszczeń rzeki Supraśl są wprowadzane do niej ścieki bytowo gospodarcze i przemysłowe będące źródłami punktowymi oraz zanieczyszczenia

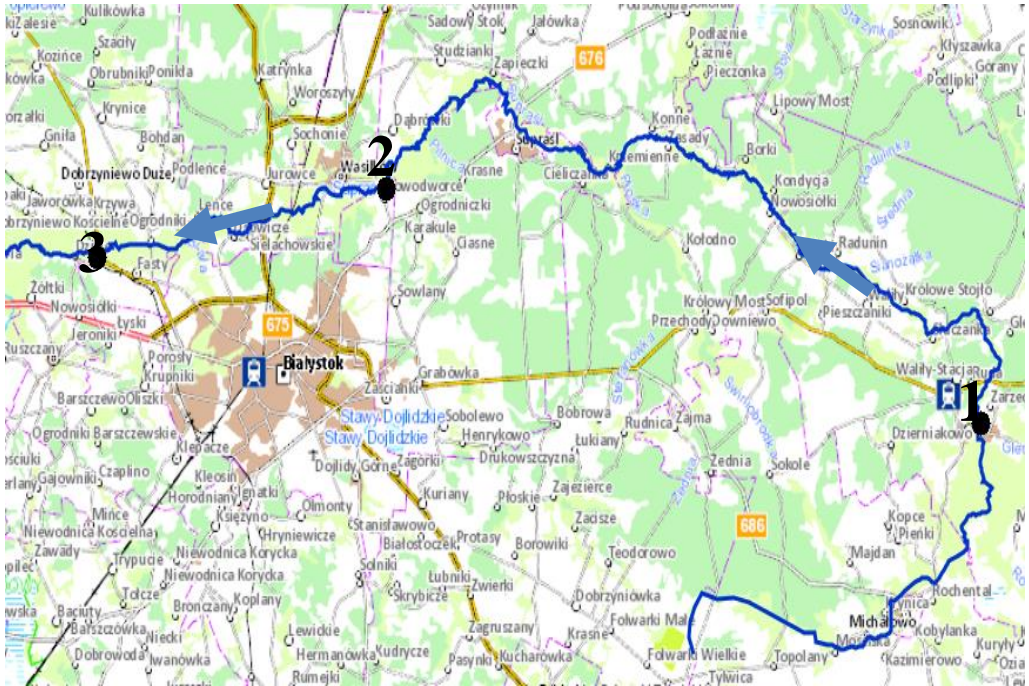
---

\* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, dawidlap@gmail.com.

rolnicze ze spływów z pól będące źródłami rozproszonymi, jak i zanieczyszczenia przedostające się z szlaków komunikacyjnych [1, 4]. Według Pijanowskiego i Kanownika [9] głównym źródłem zanieczyszczeń występujących w wodach powierzchniowych płynących przez tereny wiejskie są zanieczyszczenia powstające na terenach osiedlowych. Duży problem stanowią również niekontrolowane zrzuty nieoczyszczonych ścieków przemysłowych i rolnych [12, 14]. Do głównych, kontrolowanych, punktowych źródeł zanieczyszczeń można zaliczyć niemalże wszystkie oczyszczalnie ścieków zlokalizowane na terenie zlewni rzeki Supraśl z których największymi są oczyszczalnie w miejscowościach Sokółka, Supraśl i Białystok. Mimo iż nie wszystkie oczyszczalnie odprowadzają ścieki bezpośrednio do rzeki Supraśl to zanieczyszczenia przez nie generowane, jak na przykład związki biogenne, mogą swobodnie migrować dopływami do głównego cieku [8, 6]. Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku stanowi podstawę prawną do realizacji Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie badań wód powierzchniowych. Zarówno badania i ocena wód w zakresie elementów fizycznych, chemicznych i biologicznych spoczywa na wojewódzkich inspektoratach ochrony środowiska [11]. Zasadniczym celem badań wód powierzchniowych jest tworzenie podstaw do podejmowania działań na rzecz poprawy stanu wód oraz ich ochrona przed zanieczyszczeniem, w tym ochrona przed eutrofizacją powodowaną wpływem sektora bytowo komunalnego i rolnictwa, ochrona przed zanieczyszczeniami przemysłowymi, zasoleniem i substancjami szczególnie szkodliwymi dla środowiska wodnego [5, 3]. Supraśl stanowi źródło zaopatrzenia w wodę do picia aglomeracji białostockiej.

## 2. MATERIAŁY I METODY

Badania parametrów wód zostały przeprowadzone w okresie 7 lat od 2003 do 2009 roku w trzech punktach pomiarowo kontrolnych zlokalizowanych nieopodal wsi Gródek, Nowodworce i Dzikie. Punkty pomiarowo-kontrolne zostały przedstawione na rysunku 1. Próbkę wody poddane analizie były pobierane jedne raz w miesiącu a w każdej pobranej próbce badano wartość odczynu, zawartość tlenu rozpuszczonego, barwę, przewodność, wartości BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub> oraz zawartość siarczanów, fosforanów, azotynów i jonu amonowego. Wyniki uśredniono dla każdego punktu pomiarowo-kontrolnego i przedstawiono w tabelach 1–3. Z uzyskanego zbioru wyników obliczono średnie arytmetyczne ( $\bar{SRA}$ ), mediany i odchylenia standardowe ( $SD$ ).



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowo-kontrolnych

Tabela 1. Uśrednione wyniki badań z punktu pomiarowo-kontrolnego 1

Gródek						
Wskaźnik	Jednostka	ŚRA	Mediana	MIN	MAX	SD
Jon amonowy	mg $\text{NH}_4^+$ /dm <sup>3</sup>	0,55	0,45	0,08	2,00	0,37
Azotyny	mg $\text{NO}_2^-$ /dm <sup>3</sup>	0,12	0,10	0,01	0,42	0,08
Siarczany	mg $\text{SO}_4^{2-}$ /dm <sup>3</sup>	31,83	29,00	17,00	61,00	8,98
Fosforany	mg $\text{PO}_4^{3-}$ /dm <sup>3</sup>	0,59	0,42	0,16	3,64	0,51
BZT <sub>5</sub>	mg $\text{O}_2$ /dm <sup>3</sup>	3,27	2,75	1,20	14,30	2,06
ChZT <sub>Cr</sub>	mg $\text{O}_2$ /dm <sup>3</sup>	85,66	89,55	20,50	243,00	36,82
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	84,19	60,00	20,00	407,00	66,86
Przewodność	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	393,63	393,00	206,00	479,00	40,55
Odczyn	-	7,56	7,60	6,90	7,90	0,17
Tlen rozpuszczony	mg $\text{O}_2$ /dm <sup>3</sup>	7,01	6,90	0,60	13,70	2,52

Tabela 2. Uśrednione wyniki badań z punktu pomiarowo-kontrolnego 2

Nowodworce						
Wskaźnik	Jednostka	ŚRA	Mediana	MIN	MAX	SD
Jon amonowy	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /dm <sup>3</sup>	0,16	0,10	0,05	0,50	0,10
Azotyny	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,01	0,08	0,02
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /dm <sup>3</sup>	23,13	22,00	2,00	41,00	5,62
Fosforany	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /dm <sup>3</sup>	0,22	0,20	0,10	0,56	0,08
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,11	2,00	0,70	5,80	0,98
ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	47,34	47,60	17,00	93,00	19,15
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	49,94	48,00	15,00	133,00	26,28
Przewodność	μS/cm <sup>-1</sup>	385,28	387,00	249,00	447,00	29,56
Odczyn	-	7,94	8,00	7,40	8,20	0,14
Tlen rozpuszczony	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	9,62	9,70	4,50	16,30	2,20

Tabela 3. Uśrednione wyniki badań z punktu pomiarowo-kontrolnego 3

Dzikie						
Wskaźnik	Jednostka	ŚRA	Mediana	MIN	MAX	SD
Jon amonowy	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /dm <sup>3</sup>	0,31	0,22	0,05	1,70	0,32
Azotyny	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>	0,12	0,08	0,02	0,93	0,13
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /dm <sup>3</sup>	31,33	30,00	20,00	57,00	6,21
Fosforany	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /dm <sup>3</sup>	0,29	0,22	0,10	3,04	0,33
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,72	2,40	0,90	10,00	1,44
ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	54,03	55,20	19,10	96,30	16,89
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	48,96	46,00	15,00	133,00	23,58
Przewodność	μS/cm <sup>-1</sup>	461,18	453,00	254,00	886,00	76,98
Odczyn	-	9,22	8,00	5,20	54,00	6,22
Tlen rozpuszczony	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	9,67	9,70	6,00	17,60	2,03

Korzystając z oprogramowania STATISTICA 10 obliczono współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi składnikami w badanych próbach wody rzeki Supraśl. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli numer 4.

Tabela 4. Korelacje

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	BZT <sub>5</sub>	ChZT <sub>Cr</sub>	Barwa	Przewodność	pH	O <sub>2</sub> rozp.
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,00	0,44	0,30	0,61	0,19	0,02	0,39	0,38	-0,16
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,44	1,00	0,03	0,33	0,18	-0,18	0,56	0,38	0,08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,30	0,03	1,00	0,20	0,19	0,25	0,01	-0,07	-0,44
BZT <sub>5</sub>	0,61	0,33	0,20	1,00	0,33	0,28	0,38	0,58	-0,15
ChZT <sub>Cr</sub>	0,19	0,18	0,19	0,33	1,00	0,67	-0,20	0,05	-0,29
Barwa	0,02	-0,18	0,25	0,28	0,67	1,00	-0,35	-0,09	-0,41
Przewodność	0,39	0,56	0,01	0,38	-0,20	-0,35	1,00	0,66	0,07
pH	0,38	0,38	-0,07	0,58	0,05	-0,09	0,66	1,00	-0,02
O <sub>2</sub> rozp.	-0,16	0,08	-0,44	-0,15	-0,29	-0,41	0,07	-0,02	1,00

Tabela 5. Klasyfikacja jakości wód powierzchniowych

Wskaźnik	Jednostka	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV	Klasa V
Jon amonowy	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,78	≤ 1,56	Wartości granicznych nie ustala się		
Azotyny	mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>	≤ 2,2	≤ 5,0			
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /dm <sup>3</sup>	≤ 150	≤ 250			
Fosforany	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /dm <sup>3</sup>	≤ 0,20	≤ 0,31			
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 3	≤ 6			
ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	≤ 25	≤ 30			
Przewodność	μS/cm <sup>-1</sup>	≤ 1000	≤ 1500			
Odczyn	-	6-8,5	6-9			
Tlen rozpuszczony	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	≥ 7	≥ 5			

### 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Po przeprowadzonej analizie parametrów jakościowych wód powierzchniowych zlewni rzeki Supraśli i odniesieniu się do 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

stwierdzono iż wody te można zaklasyfikować jako wody dobre należące do II klasy. W sporadycznych przypadkach odnotowano przekroczenia parametrów jakościowych takich jak stężenie jonów amonowych, azotanów, fosforanów, BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub>. Wyższe wartości tych parametrów można przypisać dwóm grupom czynników zanieczyszczających wody zlewni rzeki Supraśl, o których wspomiano w artykule, a mianowicie spływowi powierzchniowemu z pól uprawnych oraz oczyszczalniom ścieków. Istotną rolę odgrywała również pora roku w której były pobierane próby badawcze jak i możliwość wystąpienia awarii i zrzutu niedostatecznie podczyszczonych ścieków do rzeki. Na jakość wód mają również wpływ zanieczyszczenia organiczne zarówno pochodzenia naturalnego jak i antropogenicznego. Wynikają one z charakterystyki składu podłoża i sposobu zagospodarowania zlewni gdzie przeważają gleby torfowe i tereny zalosione. Płaskie ukształtowanie terenu w górnej części zlewni użytkowanego rolniczo, powoduje migrację, poprzez spływy powierzchniowe, znacznych ilości materii organicznej podlegającej rozkładowi w rzece.

Obliczone korelacje, uzyskane przy pomocy programu STATISTICA 10, wykazały powiązania pomiędzy badanymi parametrami wód zlewni rzeki Supraśl. Korelacje dodatnie uzyskano w większości badanych przypadków, natomiast korelacje ujemnie wystąpiły głównie między tlenem rozpuszczonym a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (-0,16), fosforami (-0,44), powodem ujemnej korelacji w tym przypadku jest fakt iż związki azotu i fosforu są substancjami biogennymi powodującymi eutrofizację wód powierzchniowych. W wyniku tego procesuje następuje zakwit glonów, pogorszenie warunków wodnych i obniżenie dostępności tlenu w wodzie. Ujemna korelacja tlenu rozpuszczonego z BZT<sub>5</sub> (-0,15) i ChZT<sub>Cr</sub> (-0,29) jest następstwem procesu zapotrzebowania na tlen potrzebnego do rozłożenia materii organicznej. Także barwa (-0,41) i pH (-0,02) wykazują ujemną korelację z tlenem rozpuszczonym ale podanie jednej konkretnej przyczyny wystąpienia tej zależności jest trudne do określenia. Ujemna korelacja występuje także między przewodnością a barwą (-0,35) i ChZT<sub>Cr</sub> (-0,20). Wynika to z faktu iż przewodność jest zależna od występujących w wodach jonów rozpuszczonych soli które mogą powodować lekkie obniżenie tych 2 wskaźników. Większość analizowanych parametrów jakościowych wód wykazywała korelację niską (0,2–0,4) scharakteryzowaną jako zależność wyraźna. Zależności istotne, od 0,4 do 0,6, uzyskano pomiędzy NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a siarczanami (0,44) które mogą przedostawać się wspólnie do wód poprzez stosowanie nawozów w rolnictwie a następnie migrować wraz ze spływem powierzchniowym.

Z siarczanami a przewodnością (0,56), między BZT<sub>5</sub> a odczynem pH (0,58) oraz korelację ujemną między barwą a tlenem rozpuszczonym (-0,41). Korelacje wysokie o znaczącej zależności uzyskano w trzech przypadkach a mianowicie pomiędzy NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a BZT<sub>5</sub> (0,61), przewodnością a odczynem pH (0,66) oraz między barwą a ChZT<sub>Cr</sub> (0,67). Wysoka korelacja między jonami amonowymi a biologicznym zapotrzebowaniem ma tlen, podobnie jak w przypadku ujemnej korelacji tych jonów z tlenem rozpuszczonym, wynika z występowania zjawiska eutrofizacji. Jony amonowe jako sub-

stancje biogenne powodują zwiększenie się w wodach substancji organicznej co prowadzi do zwiększenia się wskaźnika BZT<sub>5</sub>. Wzrost przewodności i pH może być spowodowany występowaniem w wodach rozpuszczonych zasadowych jonów. Zależność wzrostu barwy wraz z parametrem ChZT<sub>Cr</sub> wynika prawdopodobnie z wprowadzania do wody zanieczyszczeń antropogenicznych jak chodźmy metali ciężkich powodujących podwyższenie obu tych wskaźników.

Istotnych powiązań między sobą nie wykazały korelacje pomiędzy NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a barwą (0,02), siarczanami a fosforanami (0,03), ChZT<sub>Cr</sub> (0,18), barwą (-0,18), między fosforanami a przewodnością (0,01) i odczynem pH (-0,07), odczyn pH a ChZT<sub>Cr</sub> (0,05) i barwą (-0,09) oraz między tlenem rozpuszczonym a przewodnością (0,07) odczynem pH (-0,02), siarczanami (0,08), BZT<sub>5</sub> (-0,15) i NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (-0,16).

Podsumowując wyniki badań wód zlewni rzeki Supraśl z roku 2003-2009 można sformułować następujące wnioski:

1. Wody zlewni rzeki Supraśl można przypisać zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. do II klasy
2. Do najważniejszych źródeł zanieczyszczeń można zaliczyć spływ powierzchniowe z pól uprawnych oraz zrzuty ścieków.
3. Badane parametry wód zlewni rzeki Supraśl wykazują istotne korelację o charakterze niskim, umiarkowanym i wysokim.

#### LITERATURA

- [1] BANASZUK P., *Wodna migracja rolniczych zanieczyszczeń obszarowych do wód powierzchniowych w zlewni górnej Narwi*, Wyd. PB. Białystok 2007, 182.
- [2] DOJLIDO J.R., *Chemia wód powierzchniowych*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995, 342.
- [3] DURKOWSKI T., WORONIECKI T., *Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 476, 2001, 365–371.
- [4] IGNATOWICZ K., *Occurrence study of Agro-chemical pollutants in water of Supraśl catchment*, Archives of Environmental Protection, 2009, Vol. 35, No. 4, 69–77.
- [5] KOROL R., BOŻEK A., SZYJKOWSKA U., STROŃSKA M., *Stan jakości wód powierzchniowych wykorzystywanych do ujmowania wody przeznaczonej do spożycia*, Ochrona Środowiska 2003, Vol. 25, No. 3 vol. 25, 17–22.
- [6] NOWAK R., *Wybrane aspekty gospodarki ściekowej na terenach wiejskich*, [w:] (Materiały) VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. Kompleksowe i Szczegółowe Problemy Inżynierii Środowiska, Koszalin – Ustronie Morskie 2005.
- [7] *Ocena stanu czystości wód w zlewni rzeki Supraśl w 2008 r.* WIOŚ. Białystok 2009, 5–10.
- [8] PIEKUTIN J., *Ujęcie wody infiltracyjnej na rzecze Supraśl*, Ochr. Środ. Zasobów 2008 Nat, s.72–75
- [9] PIJANOWSKI Z., KANOWNIK W., *Zmienność stężenia wybranych substancji chemicznych w wodach powierzchniowych przepływających przez tereny wiejskie o różnym zagospodarowaniu*, Roczn. AR Poznań, Inż. Środ., 2004, Vol. 19, No. 2, 347–358.
- [10] 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.

- [11] SKORBIŁOWICZ E., *Ocena stanu zanieczyszczenia małych cieków w Puszczy Knyszyńskiej*, Acta Agrophysica, 2003, Vol. 1, No. 2, 311–320.
- [12] SKORBIŁOWICZ E., *Ocena jakości środowiska wodnego wybranych rzek powiatu Siemiatycze*, Wydawnictwo ITP, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, rocznik 2004, tom 4, 429–444.
- [13] SKORBIŁOWICZ E. SKORBIŁOWICZ M., *Quality of well waters in context of the content of nitrogen and phosphorus compounds in the upper Narew river valley*, Journal of Elementology, 2008, Vol. 13, No. 4, 625–635.
- [14] *Wskazówki metodyczne do projektowania regionalnego monitoringu wód powierzchniowych płynących*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2004, 1–23.

#### ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MINERAL APPLICATION COMPONENTS SUPRAŚL RIVER CATCHMENT

The paper presents the results of the parameters surface water river catchment and then the was made attempt to determine the relationship between individual its components. Statistical data were obtained from the Regional Inspectorate for Environmental Protection in Białystok from the period of seven years (2003-2009). Research Supraśl river catchments were made once a month. Work carried out analysis showed a significant correlation between individual components of the river water Supraśl.