

Przestrzenna i czasowa zmienność transportu zanieczyszczeń w wybranych ciekach Nadmorskiego Parku Krajobrazowego

ROBERT BOGDANOWICZ, ARTUR CYSEWSKI

Katedra Hydrologii, Uniwersytet Gdański, ul. R. Dmowskiego 16a, 80-952 Gdańsk,
georb@univ.gda.pl

Zarys treści: Celem pracy jest analiza zmienności dostawy zanieczyszczeń do Zalewu Puckiego oraz identyfikacja zlewni rzecznych o największych ładunkach jednostkowych wybranych wskaźników jakości wody. Badania przeprowadzono w latach hydrologicznych 2006–2007. Stwierdzono, że większość ładunku transportowanego przez cieki dopływała do morza w półroczu zimowym, zwłaszcza w marcu. Badane zlewnie charakteryzują się zróżnicowaniem wartości jednostkowych eksportu zanieczyszczeń, przy czym największe zróżnicowanie dotyczyło mineralizacji ogólnej, a najmniejsze – azotu ogólnego. Ładunki jednostkowe obliczone we wszystkich badanych zlewniach odpowiadały najniższym wartościom spośród charakterystycznych dla zlewni rzek Przymorza.

Słowa kluczowe: cieki, transport zanieczyszczeń, Nadmorski Park Krajobrazowy, Zatoka Pucka

Key words: streams, pollution load, Coastal Landscape Park, Puck Bay

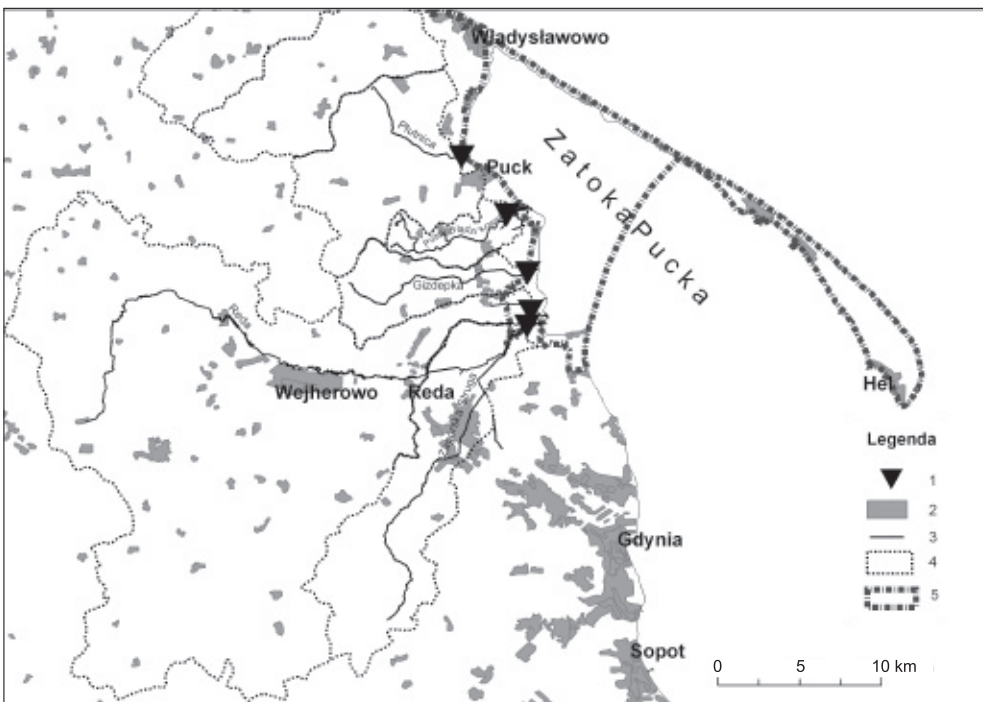
Wstęp

Wody Zatoki Puckiej znajdujące się w obrębie Nadmorskiego Parku Krajobrazowego (NPK) są jednym z najsilniej zeutrofizowanych akwenów przybrzeżnych Bałtyku. Głównym czynnikiem, wpływającym na podwyższoną zawartość soli odżywczych oraz niektórych innych substancji w wodach przybrzeżnych południowego Bałtyku jest oddziaływanie rzek, niosących ze sobą ładunki zanieczyszczeń. W pracy dokonano oceny wielkości ładunków wybranych wskaźników zanieczyszczeń prowadzonych przez największe cieki uchodzące do Zatoki Puckiej w obrębie Nadmorskiego Parku Krajobrazowego. Celem badań było określenie udziału poszczególnych cieków NPK w dostawie zanieczyszczeń do Zatoki Puckiej oraz wskazanie, które ze zlewni, w odniesieniu do wybranych wskaźników, cechują się największym ładunkiem jednostkowym. Ponadto, przeprowadzono analizę sezonowych zmian dopływu badanych substancji do odbiornika oraz zróżnicowania przestrzennego ich eksportu, w powiązaniu z czynnikami hydrologicznymi.

Metody badań

Analizy zmienności transportu zanieczyszczeń w ciekach NPK dokonano na podstawie przeprowadzonych w latach hydrologicznych 2006–2007 systematycznych pomiarów natężenia przepływu, przewodności właściwej, BZT₅ oraz stężeń azotu i fosforu ogólnego. Wybór wskaźników jakości wody związany był z potrzebą uwzględnienia zarówno substancji organicznych jak i biogenicznych, przyczyniających się do postępującej eutrofizacji odbiornika. Zdecydowano się także na uwzględnienie pomiarów przewodności właściwej, ze względu na łatwość w oznaczaniu tego wskaźnika, wykorzystywanego często do oceny poziomu zanieczyszczenia wód. Badaniami objęto największe ciek zlewiska Zatoki Puckiej: Zagórską Strugę, Redę, Gizdepkę oraz Płutnicę (ryc. 1). Ponadto, w listopadzie 2006 r. poszerzono zakres badań o pomiary w profilu ujściowym Bładzikowskiego Potoku. Uwzględnienie tego niewielkiego cieku było efektem wstępnych analiz wskazujących na wysoki poziom zanieczyszczenia jego wód.

Profile pomiarowe zlokalizowano w odległości nieprzekraczającej 1,5 km od ujścia badanych rzek do morza (tab. 1). Pomiar natężenia przepływu oraz pobór próbek



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań

1 – profile pomiarowe, 2 – obszary zabudowane, 3 – główne ciek, 4 – działy wodne, 5 – granica Nadmorskiego Parku Krajobrazowego

Fig. 1. Location of the research area

1 – sampling points, 2 – urban areas, 3 – main streams, 4 – watersheds, 5 – boundary of the Coastal Landscape Park

Tab. 1. Wybrane charakterystyki badanych cieków Nadmorskiego Parku Krajobrazowego w latach 2006–2007

Table 1. Selected characteristics of the analysed streams in the Coastal Landscape Park (CLP) in 2006–2007

Ciek Stream	Odległość profilu pomiarowego od ujścia do Zatoki Puckiej Distance of the sampling point from the outlet to the Puck Lagoon [km]	Powierzchnia zlewni Catchment area [km ²]	Średni przepływ Mean flow [m ³ ·s ⁻¹]	Średni odpływ Jednostkowy Mean specific runoff [dm ³ s ⁻¹ ·km ⁻²]
Zagórska Struga	1,05	105,2	0,940	8,9
Reda	1,00	485,5	4,820	9,9
Gizdepka	0,77	37,2	0,178	4,8
Potok Bładzikowski	1,40	23,0	0,035	1,5
Płutnica	0,35	84,0	0,718	8,5

wody wykonywane były regularnie raz w miesiącu. W przypadku Redy, oprócz badań własnych, wykorzystano także dane z IMGW oraz WIOŚ w Gdańsku, dzięki czemu dla tej rzeki dysponowano wynikami dwóch pomiarów w miesiącu. Próbkę wody pobierano z powierzchni nurtu. Analizy chemiczne przeprowadzono w laboratorium hydrochemicznym Katedry Hydrologii w ciągu 24 godzin od momentu poboru próbki, z uwzględnieniem specyfiki oznaczania wskaźnika BZT₅. Pomiary przepływu Redy, Zagórskiej Strugi i Płutnicy wykonywano przy użyciu akustycznego dopplerowskiego prądomierza profilującego StreamPro. Po analizie zebranych przez urządzenie danych, wykorzystano je do obliczenia natężenia przepływu (przy użyciu oprogramowania WinRiver). W przypadku najmniejszych cieków, tj. Gizdepki i Bładzikowskiego Potoku, do pomiaru prędkości przepływu wykorzystywano młynek elektromagnetyczny z płaskim czujnikiem model 801 produkcji Valeport, natomiast natężenie przepływu obliczano metodą rachunkową (Bajkiewicz-Grabowska i in. 1993). Do oznaczenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego wykorzystano spektrofotometr WTW PhotoLab Spektra, a do oznaczenia BZT₅ – miernik wieloparametrowy WTW Multi 340i z elektrodą Cellon 325–6. Pomiary przewodności właściwej wykonano w terenie przy pomocy przenośnego miernika wieloparametrowego WTW Multi 340 z naczynkiem. Przy określaniu wielkości ładunku, wartości przewodności właściwej posłużyły do oceny mineralizacji ogólnej, przy wykorzystaniu zależności (Macioszczyk, Dobrzyński 2007):

$$M = PEW \cdot k$$

gdzie:

M – mineralizacja ogólna [mg·dm⁻³],

PEW – przewodność elektrolityczna właściwa [μ S·cm⁻¹],

$k = 0,73$ – współczynnik liczbowy, wyznaczony empirycznie.

Wartość współczynnika k obliczono metodą regresji prostoliniowej na podstawie wyników jednoczesnych pomiarów przewodności właściwej i mineralizacji ogólnej, wykonanych w profilu ujściowym Redy w latach 2005–2006 przez WIOŚ w Gdańsku, w ramach regionalnego monitoringu jakości wód płynących.

Ładunki zanieczyszczeń obliczono posługując się wzorem:

$$L_i = C_i \cdot O_i$$

gdzie:

L_i – ładunek [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$],

C_i – stężenie badanej substancji (wskaźnika jakości wody) [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$],

O_i – natężenie przepływu w czasie poboru próbki [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$].

Ładunki jednostkowe zanieczyszczeń w zlewni rzecznej obliczono zgodnie ze wzorem:

$$E = \frac{L_a}{A \cdot 1000}$$

gdzie:

E – ładunek jednostkowy [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$],

L_a – roczny ładunek [$\text{tony}\cdot\text{rok}^{-1}$],

A – powierzchnia zlewni [km^2].

Analizę sezonowej zmienności ładunku zanieczyszczeń przeprowadzono wykorzystując metodę miesięcznych współczynników transportu (Bogdanowicz 2004).

Zagrożenia wód Nadmorskiego Parku Krajobrazowego

Nadmorski Park Krajobrazowy, utworzony w 1978 r., zajmuje powierzchnię 188,04 km^2 , w tym około 60% terytorium parku pokrywają wody zachodniej, wewnętrznej części Zatoki Puckiej, określanej mianem Zalewu Puckiego (Nowacki 1993). Wśród parków krajobrazowych użytkowanych turystycznie, NPK wyróżnia się bardzo wysokim stopniem przekształceń antropogenicznych środowiska i dużą dynamiką procesów urbanizacyjnych. W szczycie letniego sezonu urlopowego, na terenie Parku przebywa jednocześnie około 100 tys. osób, co powoduje wzrost gęstości zaludnienia do ponad 1,1 tys. osób na km^2 (Gerstmannowa, Janczewska 2000). Jest to jednocześnie obszar o bardzo wysokich walorach przyrodniczych, czego wyrazem jest m.in. fakt, że na terenie Parku znajduje się sześć wydzielonych obszarów Natura 2000 – zarówno ostoi ptasich, jak i siedliskowych.

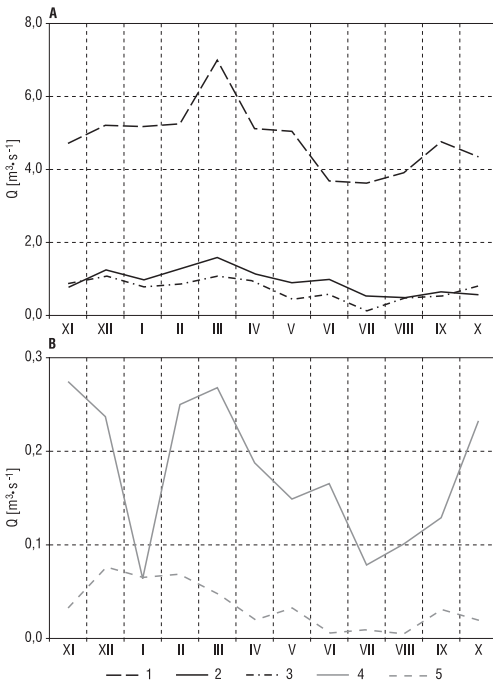
W obrębie Parku przebiega dział wodny rozgraniczający powierzchniowe spływy wód w kierunku Zatoki Puckiej i otwartego morza. Zatoka stanowi subregion w zachodniej części Basenu Gdańskiego, oddzielony od jego głębokowodnej części Półwyspem Helskim (Cyberski 1993). Głównymi punktowymi zrzutami zanieczyszczeń, znajdującymi się w NPK i jednocześnie w zlewisku Zatoki Puckiej, są oczyszczalnie odprowadzające ścieki z największych miast regionu bezpośrednio do morza (Bogdanowicz i in. 2007). Największą z nich jest grupowa oczyszczalnia ścieków w Dębogórzcu, o średniej objętości zrzucanych ścieków na dobę wynoszącej 55 000 m^3 (2006 r.), odprowadzająca zanieczyszczenia do Zatoki Puckiej Zewnętrznej. Oczyszczalnia ta zbiera ścieki

z systemu kanalizacyjnego obejmującego swym zasięgiem związek komunalny „Dolina Redy i Chylonki” skupiający miasta i gminy położone w północno-zachodniej części aglomeracji gdańskiej od Gdyni po Wejherowo. Część ścieków z miejscowości położonych nad Zatoką Pucką, w tym z samego miasta Pucka, dociera do oczyszczalni ścieków w Swarzewie, która od końca 1997 r. odprowadza oczyszczone ścieki do otwartego morza w rejonie Władysławowa (Bogdanowicz i in. 2007). W obrębie zlewni badanych cieków, w żadnej z nich nie występowały ewidencjonowane punktowe zrzuty zanieczyszczeń, z których odprowadzane byłyby ścieki w ilości przekraczającej $200 \text{ m}^3 \cdot \text{dobę}^{-1}$. Głównymi źródłami zanieczyszczeń obszarowych są natomiast przede wszystkim: gospodarka rolna (nawozy mineralne, niewłaściwe miejsca składowania obornika i gnojowicy), nieuporządkowana gospodarka ściekowa na obszarach wiejskich oraz odpływ zanieczyszczonych wód opadowych z obszarów zurbanizowanych (Zalewski 2000).

Charakterystyka hydrologiczna badanych zlewni

Teren badań obejmuje lądową część parku, przylegającą bezpośrednio do Zatoki Puckiej. Zlewisko zatoki zajmuje powierzchnię $908,8 \text{ km}^2$, z czego około 80% odwadniane jest przez badane cieki (Cyberski 1993). Największym dopływem, uchodzącym do morza na terenie parku krajobrazowego jest rzeka Reda, o powierzchni dorzecza wynoszącej 485 km^2 (tab. 1). Odpływ rzeczny z badanej części zlewiska zatoki wynosi około $0,21 \text{ km}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, co stanowi 60% objętości Zalewu Puckiego. Zlewnia Redy obejmuje głównie obszar północnego skłonu Pojezierza Kaszubskiego oraz część pradoliny Redy-Łeby. W mieście Reda główna część wód rzeki Redy kieruje się do ujścia do Zatoki Puckiej w rejonie Mrzezina, a niewielka część odpływa Kanałem Łyskim, (stanowiącym kanał ulgi) do drugiej pod względem wielkości rzek, jaką jest Zagórska Struga. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu Zagórska Struga uchodziła do Zatoki Puckiej Zewnętrznej w okolicach Mechelinek. Na skutek przebudowy systemu powierzchniowego odwadniania, jej ujście położone jest obecnie w obrębie Zalewu Puckiego, w niewielkiej odległości na południe od ujścia Redy (Cieśliński 2005). Na północy badanego obszaru znajduje się dorzecze Płutnicy, drenującej południowo-wschodnią część pradoliny o tej samej nazwie (ryc. 1). Najmniejsze z badanych cieków, Gizdepka oraz Bładzikowki Potok, odwadniają obszar Kępy Puckiej położony pomiędzy zlewniami Redy i Płutnicy. Poza obszarami odwadnianymi przez pozostałe niewielkie cieki (łącznie 10% powierzchni), około 10% obszaru zlewiska przypada na obszary areiczne, położone głównie na Półwyspie Helskim.

Zlewisko Zatoki Puckiej zaliczane jest do obszaru Przymorza, będącego jednostką hydrograficzną o wyraźnie odmiennych od reszty kraju uwarunkowaniach hydrologicznych. Cechą charakterystyczną największych rzek Przymorza jest mała zmienność odpływu, wysokie odpływy jednostkowe, duży udział zasilania podziemnego w strukturze odpływu oraz wezbrania występujące najczęściej wczesną wiosną, w marcu lub w kwietniu (Bogdanowicz 2004). Do Zatoki Puckiej uchodzą wody z badanych cieków, których łączna powierzchnia zlewni wynosi 735 km^2 (tab. 1). Średni roczny przepływ cieków zlewiska Zatoki w latach 2006–2007 wynosił $6,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, w tym przepływ Redy stanowił 72%. Najwyższe zasoby rzeczne charakteryzowały zlewnię Redy ($9,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$),



Ryc. 2. Roczny przebieg natężenia przepływu w ciekach NPK

A – Zagórska Struga (1), Reda (2), Płutnica (3); B – Gizdepka (4), Błądzikowski Potok (5)

Fig. 2. Annual changes in water discharge in Coastal Landscape Park stream

A – Zagórska Struga (1), Reda (2), Płutnica (3); B – Gizdepka (4), Błądzikowski Potok (5)

wynosił od 56% w przypadku zlewni Redy do 75% w przypadku zlewni Błądzikowskiego Potoku.

Transport zanieczyszczeń w badanych ciekach NPK

Ładunek zanieczyszczeń transportowany łącznie przez wszystkie badane cieki wykazywał wyraźny sezonowy rytm zmian, z najwyższymi średnimi miesięcznymi wartościami występującymi zimą oraz wczesną wiosną (najczęściej w marcu). Najniższe wartości miesięcznych współczynników transportu w przypadku azotu ogólnego i mineralizacji ogólnej stwierdzono w lipcu, a w przypadku fosforu ogólnego i BZT₅ w październiku (ryc. 3). Poszczególne wskaźniki różniły się bardzo wyraźnie zakresem zmienności, przy czym największymi wahaniami charakteryzowały się ładunki BZT₅, a najmniejszymi – mineralizacji.

natomiast najniższy odpływ jednostkowy stwierdzono w zlewni Błądzikowskiego Potoku (1,5 dm³·s⁻¹·km⁻²; 2007 r.). Zróżnicowanie zasobności wodnej badanych zlewni w dużym stopniu uwarunkowane jest wysokością opadów atmosferycznych, których sumy roczne w części zachodniej zlewiska Zatoki Puckiej przekraczają 750 mm, a w części wschodniej nie osiągają nawet 550 mm (Cieśliński 2005).

Przebiegi badanych cieków w latach 2006–2007 różniły się między sobą rocznym przebiegiem zmian (ryc. 2). W przypadku Redy i Zagórskiej Strugi kulminacja przepływu wystąpiła w marcu, natomiast na Płutnicy i Gizdepce – oprócz maksimum marcowego wystąpiło także drugie, późnojesienne (listopad i grudzień). Całkowicie odmiennym przebiegiem rocznym zmian przepływu cechował się Błądzikowski Potok, gdzie najwyższe wartości występowały od grudnia do lutego, z kulminacją w grudniu. Minimalne wartości przepływu we wszystkich ciekach, za wyjątkiem Gizdepki (minimum styczniowe), zanotowano w lipcu i sierpniu. Procentowy udział odpływu z półrocza zimowego w stosunku do odpływu całorocznego

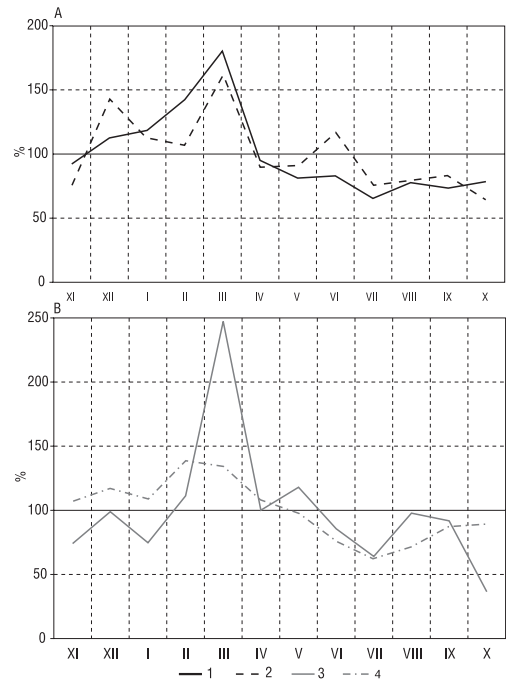
We wszystkich badanych ciekach ponad połowa ładunku zanieczyszczeń odprowadzana była w półroczu zimowym (tab. 2). Szczególnie dużą nierównomiernością transportowanego ładunku cechował się Bładzikowski Potok, który aż 84% ładunku BZT₅ prowadził w okresie od listopada do kwietnia.

Ze względu na wielkość odpływu rzecznej ze zlewni, Reda wyraźnie odbiegała wielkościami transportowanych ładunków zanieczyszczeń od wszystkich pozostałych cieków (tab. 3). Szczególnie duży był udział Redy w całkowitym ładunku BZT₅ transportowanym do Zatoki Puckiej. Drugą rzeką pod względem wielkości prowadzonego ładunku była Zagórska Struga, z wyjątkiem fosforu ogólnego, którego większy ładunek transportowała Płutnica. Najmniejsze ładunki zanieczyszczeń odprowadzane były do morza przez najmniejszy z badanych cieków – Potok Bładzikowski. Najwyższy ładunek jednostkowy azotu ogólnego cechował zlewnię Zagórskiej Strugi, fosforu i mineralizacji ogólnej – zlewnię Płutnicy, natomiast BZT₅ – zlewnię Redy (tab. 4). Najniższe ładunki jednostkowe cechowały zlewnię Gizdeпки (azot ogólny) oraz Potoku Bładzikowskiego (fosfor ogólny, BZT₅ i mineralizacja ogólna).

Tab. 2. Udział procentowy ładunku półroczu zimowego w całkowitym ładunku rocznym

Table 2. Percentage of the winter half-year in the overall annual load

Ciek Stream	Azot ogólny Total nitrogen	Fosfor ogólny Total phosphorus	BZT ₅ BOD ₅	Mineralizacja ogólna Total mineralization
Zagórska Struga	65	63	65	65
Reda	59	57	55	57
Gizdeпка	66	59	62	61
Potok Bładzikowski	78	71	84	77
Płutnica	69	55	77	67
Zlewisko Drainage basin	62	58	59	60



Ryc. 3. Roczny przebieg miesięcznych współczynników transportu wybranych wskaźników zanieczyszczeń wszystkich badanych cieków NPK łącznie

A – azot ogólny (1), fosfor ogólny (2); B – BZT₅ (3), mineralizacja ogólna (4)

Fig. 3. Annual changes in monthly transport coefficients for the selected pollution parameters in all Coastal Landscape Park streams altogether

A – total nitrogen (1), total phosphorus (2); B – BOD₅ (3), total mineralization (4)

Tab. 3. Udział procentowy poszczególnych cieków w ładunku całkowitym wybranych wskaźników zanieczyszczeń dopływających do Zalewu Puckiego latach 2006–2007

Table 3. Percentage of the particular streams in the nutrients load discharged into the Puck Lagoon in 2006–2007

Ciek Stream	Azot ogólny Total nitrogen	Fosfor ogólny Total phosphorus	BZT ₅ BOD ₅	Mineralizacja ogólna Total mineralization
Zagórska Struga	15	11	14	15
Reda	69	67	73	68
Gizdepka	3	5	4	3
Potok Błądzikowski	2	1	1	1
Płutnica	11	16	8	13
Zlewisko Drainage basin	100	100	100	100

Tab. 4. Średni roczny ładunek jednostkowy wybranych wskaźników zanieczyszczeń w badanych zlewniach w latach 2006–2007

Table 4. Mean annual area export coefficients for the selected pollution parameters in the analysed catchments in the years 2006–2007

Ciek Stream	Azot ogólny Total nitrogen [kg N · km ⁻² · rok ⁻¹]	Fosfor ogólny Total phosphorus [kg P · km ⁻² · rok ⁻¹]	BZT ₅ BOD ₅ [kg O ₂ · km ⁻² · rok ⁻¹]	Mineralizacja ogólna Total mineralization [kg · km ⁻² · rok ⁻¹]
Zagórska Struga	599	26	687	90 588
Reda	583	34	782	88 328
Gizdepka	337	30	522	42 918
Potok Błądzikowski	343	13	134	14 185
Płutnica	530	47	520	94 318
Zlewisko Drainage basin	559	34	705	84 714

Tab. 5. Macierz korelacji średnich rocznych odpływów i ładunków jednostkowych wybranych wskaźników zanieczyszczeń w badanych zlewniach rzecznych w latach 2006–2007 (kolorem szarym oznaczono wartości korelacji istotnej dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i liczby przypadków $n = 5$)

Table 5. Correlation coefficients between the mean annual specific runoff and area export coefficients for the selected pollution parameters in the analysed catchments in 2006–2007 (grey colour – significant correlation at $\alpha = 0,05$; number of cases $n = 5$)

Parametr Parameter	Odpływ jednostkowy Specific runoff	Azot ogólny Total nitrogen	Fosfor ogólny Total phosphorus	BZT ₅ BOD ₅	Mineralizacja ogólna Total mineralization
Odpływ jednostkowy Specific runoff	1,000	0,926	0,720	0,924	0,979
Azot ogólny Total nitrogen	0,926	1,000	0,502	0,781	0,924
Fosfor ogólny Total phosphorus	0,720	0,502	1,000	0,576	0,772
BZT ₅ BOD ₅	0,924	0,781	0,576	1,000	0,844
Mineralizacja ogólna Total mineralization	0,979	0,924	0,772	0,844	1,000

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istnienie zależności między wielkością zasobów rzecznych a ładunkami jednostkowymi wybranych wskaźników zanieczyszczeń (tab. 5). Istotną korelację między wielkością odpływu jednostkowego i ładunku jednostkowego stwierdzono w przypadku azotu ogólnego, BZT₅ i mineralizacji ogólnej. Spośród badanych parametrów najsilniejszy i istotny związek stwierdzono pomiędzy ładunkiem azotu ogólnego i mineralizacji ogólnej.

Podsumowanie i wnioski

Wielkość ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych przez badane cieki Nadmorskiego Parku Krajobrazowego do Zatoki Puckiej uzależniona była od wielkości ich odpływu, dlatego też największy udział w ogólnym eksporcie zanieczyszczeń wykazała rzeka Reda. Większość ładunku transportowanego przez cieki dopływała do Zalewu Puckiego w półroczu zimowym, zwłaszcza w marcu (w przypadku azotu ogólnego nawet ponad 60%). Szczególną nierównomiernością transportu cechował się najmniejszy z badanych cieków – Błądzikowski Potok, który odprowadzał ponad 70% ładunku wszystkich zanieczyszczeń w półroczu zimowym.

Pomiędzy badanymi zlewniami dają się zauważyć wyraźne różnice w wartościach jednostkowych eksportu zanieczyszczeń, przy czym największe zróżnicowanie dotyczyło mineralizacji ogólnej, zaś najmniejsze – azotu ogólnego. W zależności od wskaźnika zanieczyszczeń, najwyższe ładunki jednostkowe występowały w różnych zlewniach tj. Redy, Płutnicy lub Zagórskiej Strugi. Najwyższe ładunki jednostkowe cechowały zlewnie o największych zasobach rzecznych.

Ładunki jednostkowe, obliczone w odniesieniu do całego zlewiska Zalewu Puckiego, odpowiadały najniższym wartościom spośród charakterystycznych dla zlewni rzek Przymorza (Bogdanowicz 2004, *Warunki środowiskowe...* 2001). Badania wykazały, że zlewnie małych cieków NPK różnią się od w pełni wykształconych systemów hydrograficznych Przymorza zarówno pod względem zmienności czasowej odpływu, jak i wielkości odpływów jednostkowych. Mimo zatem wysokich stężeń badanych substancji stwierdzonych w najmniejszych ciekach NPK, ze względu na małą zasobność wodną, nie stanowiły one istotnego zagrożenia dla wód Zalewu Puckiego.

Podziękowania

W pracy wykorzystano wyniki badań prowadzonych ze środków Rektora Uniwersytetu Gdańskiego w ramach projektu BW/1530–5–0278–8 oraz projektu badawczego realizowanego przy wsparciu finansowym Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku.

Literatura

- Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z., 1993, *Hydrometria*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 313.
- Bogdanowicz R., 2004, *Hydrologiczne uwarunkowania transportu wybranych związków azotu i fosforu Odra i Wisła oraz rzekami Przymorza do Bałtyku*, Wyd. UG, Gdańsk, ss. 160.
- Bogdanowicz R., Cysewski A., Magierska S., 2007, *Analiza wielkości ładunku azotu i fosforu ogólnego dopływającego do Zatoki Puckiej rzekami oraz ze zrzutów punktowych*, [w:] Z Michalczyk (red.), *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym*, Wyd. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, 88–96.
- Cieśliński R., 2005, *Komentarz do Mapy Hydrograficznej Polski w skali 1:50 000*, Arkusz N-34-49-B Gdynia-Chylonia, GUGiK, Warszawa.
- Cyberski J., 1993, *Hydrologia zlewiska*, [w:] K. Korzeniewski (red.), *Zatoka Pucka*, FRUG, Gdańsk, 40–70.
- Gerstmannowa E., Janczewska A., 2000, *Obciążenie turystyczne obszaru*, [w:] E. Gerstmannowa (red.), *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*, t. 3, *Nadmorski Park Krajobrazowy*, Wyd. Marpress, Gdańsk, 112–114.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2007, *Hydrogeochemia. Strefa aktywnej wymiany wód podziemnych*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 448.
- Nowacki J., 1993, *Morfometria zatoki*, [w:] K. Korzeniewski (red.), *Zatoka Pucka*, FRUG, Gdańsk, 71–78.
- Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2000 roku*, 2001, Materiały Oddziału Morskiego IMGW, Gdynia, ss. 244.
- Zalewski W., 2000, *Stan i zagrożenie środowiska w rejonie Nadmorskiego Parku Krajobrazowego. Przegląd wybranych problemów*, [w:] E. Gerstmannowa (red.), *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*, t. 3, *Nadmorski Park Krajobrazowy*, Wyd. Marpress, Gdańsk, 92–119.

Robert Bogdanowicz, Artur Cysewski

Spatial and temporal changes in pollutant load in the streams of the Coastal Landscape Park

Summary

The study area is located in the northern part of Poland, in the drainage basin of the Puck Lagoon (Fig. 1). The main objective of the study was to quantify pollutant load transported by the streams to the marine waters of the Coastal Landscape Park. Water flow, specific conductivity, BOD₅, total phosphorus and total nitrogen concentrations in all main rivers flowing into the lagoon were measured once a month in the period of 2006–2007, at sampling points situated closest to the stream outlets (Table 1). Overall pollutant load transported by the streams to the sea showed the well-pronounced seasonal pattern with the highest values in the winter half-year, especially in March (Table 2, Fig. 3). The results of the research proved that the largest pollution source was the Reda River (Table 3), although area export coefficients in all the analysed catchments were strong differentiated (Table 4).