

SYLWESTER SMOROŃ, STANISŁAW TWARDY

DYNAMIKA SKŁADNIKÓW BIOGENNYCH W WODACH POWIERZCHNIOWYCH ZLEWNI GÓRNEGO DUNAJCA

W latach 1996—2000 wykonywano comiesięczne badania stężeń składników biogenych (N-NH₄, N-NO₃, PO₄) w wodach Białego Dunajca (Szaflary), Czarnego Dunajca (przekrój Ludźmierz) oraz Dunajca (przekrój Harkłowa). Biały Dunajec niesie wody z gęsto zaludnionego obszaru Podhala, najliczniej odwiedzanego przez turystów i wczasowiczów, m.in. z Zakopanego, Poronina, Białego Dunajca i okolic. Czarny Dunajec zbiera wody z rolniczych, słabiej zaludnionych terenów, w znacznie mniejszym stopniu odwiedzanych przez turystów. Rzeki te łączą się w Nowym Targu i płyną dalej przez wiejskie tereny rolnicze. Szczególnie w Białym Dunajcu, ale również i w Dunajcu, ujawnił się wyraźny wpływ działalności bytowej człowieka na zawartość biogenów. Najwyższe ich stężenia w wodach Białego Dunajca występowały w miesiącach zimowych (III klasa czystości), a w wiosennych i letnich były znacznie niższe (II klasa czystości). Wody Dunajca były lepszej jakości (II i I klasa). Woda Czarnego Dunajca była najlepszej jakości (I klasa), a wpływ czynników antropogennych był nieistotny.

Słowa kluczowe: wody powierzchniowe, biogeny, dynamika stężeń.

Key words: surface waters, biogenic components, dynamics of concentration.

I. WSTĘP

Środowisko przyrodnicze jest miejscem bytowania oraz pozyskiwania przeróżnych dóbr materialnych, niezbędnych do egzystencji człowieka. Jest także miejscem jego wypoczynku, przeżyć estetycznych. W trakcie pozyskiwania i przetwarzania przez człowieka dóbr przyrody, powstają różnorodne odpady, które pogarszają warunki jego bytowania. Wzrost gęstości zaludnienia oraz postępująca urbanizacja i uprzemysłowienie, a także nadmierny konsumpcjonizm są przyczyną coraz większego obciążenia środowiska różnymi substancjami chemicznymi (Bieszczad 1999). Można je podzielić na dwie grupy — występujące i niewystępujące w naturalnym środowisku przyrodniczym. Przenikanie do środowiska wodnego substancji z pierwszej grupy, a szczególnie składników biogenych, prowadzi

do jego nadmiernego użyźnienia. Efektem tego jest wtórne zanieczyszczenie wód powierzchniowych i zbiorników wodnych (Kowalski 1997, Mazurkiewicz-Boroń 2002). Substancje chemiczne z drugiej grupy, często o charakterze toksycznym, powstające w wyniku specyficznej działalności przemysłowej, mogą powodować miejscowe zatrucie środowiska przyrodniczego.

Celem przeprowadzonych badań było określenie dynamiki miesięcznych stężeń związków biogenych w głównych ciekach zlewni górnego Dunajca po przekrój w Harklowej, w pobliżu ujścia rzeki do zbiornika zaporowego Czorsztyń—Niedzica. Dunajec na tym odcinku zbiera wody z obszarów wiejskich i silnie zabudowanych oraz licznie odwiedzanych przez turystów i wczasowiczów (miasto Zakopane wraz z pobliskimi rolniczo-turystycznymi obszarami gmin Biały Dunajec, Szaflary, miasto Nowy Targ i rolnicze obszary gminy Nowy Targ), oraz typowo rolniczych (tereny gmin Kościelisko i Czarny Dunajec). Rejon badań jest wolny od szerszej działalności produkcyjno-przemysłowej. Opisywana część zlewni Dunajca gromadzi bogate zasoby wodne, wykorzystywane poniżej dla celów konsumpcyjnych i gospodarczych. Z tego względu jakość wód odpływających z omawianego rejonu nabiera szczególnego znaczenia.

II. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Zlewnia Dunajca po przekrój w Harklowej zbiera wody wypływające z Tatr (Biały i Czarny Dunajec) oraz z pasma Gorców. Biały Dunajec tworzą wody Olczego Potoku, Bystrego, Cichej Wody, Zakopianki, Porońca oraz kilku innych, mniejszych cieków. Czarny Dunajec niesie wody potoków mających źródła w Dolinie Kościeliskiej i Chochołowskiej. Obie rzeki łączą się w Nowym Targu, tworząc Dunajec. Zlewnia Białego Dunajca po przekrój w Szaflarach zajmuje obszar 210,1 km², Czarnego Dunajca po przekrój w Nowym Targu 431,8 km², a Dunajca w przekroju Harkłowa 783,8 km² (Atlas... 1995—1996, Krakowski, Niedbała 1997).

Średnia roczna temperatura z wielolecia w piętrze umiarkowanie chłodnym, w którym leży omawiany obszar, mieści się w granicach 6—4°C, a w najwyższych partiach Tatr (piętro zimne), od -4 do -2°C (Niedźwiedź, Obrębska-Starkłowa 1991).

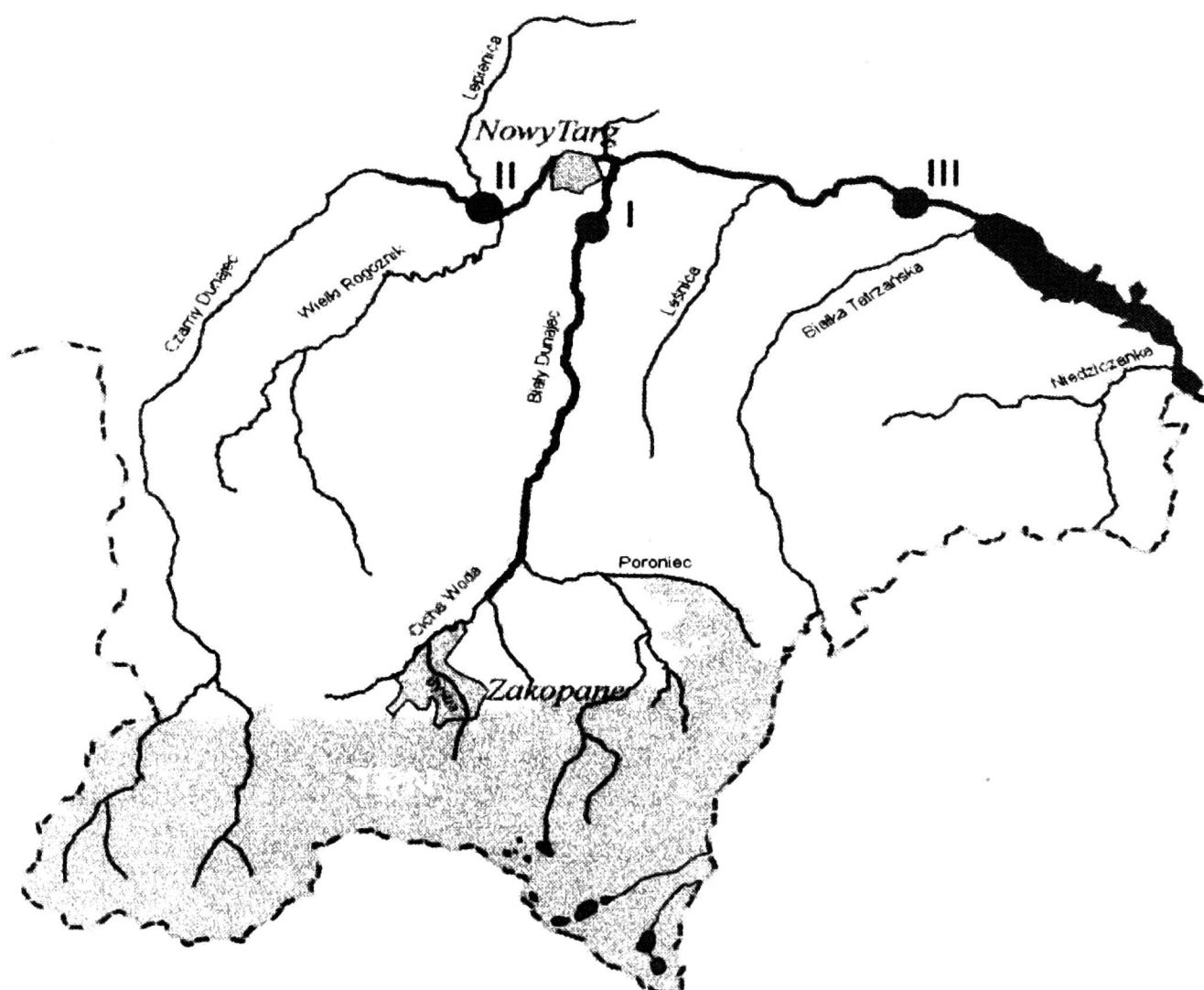
Obszar badań cechują wysokie opady atmosferyczne, które średnio w ciągu roku wynoszą od około 800 mm (Kotlina Nowotarsko-Orawska), do 1800—2000 mm w szczytowych partiach Tatr (Atlas... 1985, Niedźwiedź, Obrębska-Starkłowa 1991). Konsekwencją takich opadów jest bardzo wysoki odpływ jednostkowy, przekraczający w rejonie tatrzańskim nawet 50 l · s · km².

W zlewni Białego Dunajca gęstość zaludnienia jest kilkakrotnie większa niż w zlewni Czarnego Dunajca i wynosi średnio 234 osób na km². W Zakopanem np. przekracza 350 osób na km², a w Białym Dunajcu i Szaflarach 170 osób na km².

Natomiast w zlewni Czarnego Dunajca średnie zaludnienie wynosi 74 osoby na km², w gminie Kościelisko wynosi 56 osób na km², a Czarnym Dunajcu 92 osoby na km². Miasto Nowy Targ cechuje się najwyższym zaludnieniem (średnio 682 osoby na km²). Na terenach wiejskich poniżej miasta (po miejscowość Harkłowa), administrowanych przez gminę Nowy Targ, zaludnienie sięga 98 osób na km². Średnio na całym omawianym obszarze gęstość zaludnienia przekracza 158 osób na km² (Rocznik... 1997).

III. METODY BADAŃ

Zmienność stężeń substancji biogennych określano w oparciu o wyniki comiesięcznych analiz próbek wody z lat 1996—2000. Zostały one udostępnione autorom przez WIOŚ z Nowego Sącza i pochodziły z przekrojów w Szafarach (Biały Dunajec 7,1 km biegu — punkt I), Ludźmierzu (Czarny Dunajec 205 km biegu — punkt II), oraz Harkłowej (Dunajec 187,2 km biegu — III punkt, ryc. 1).



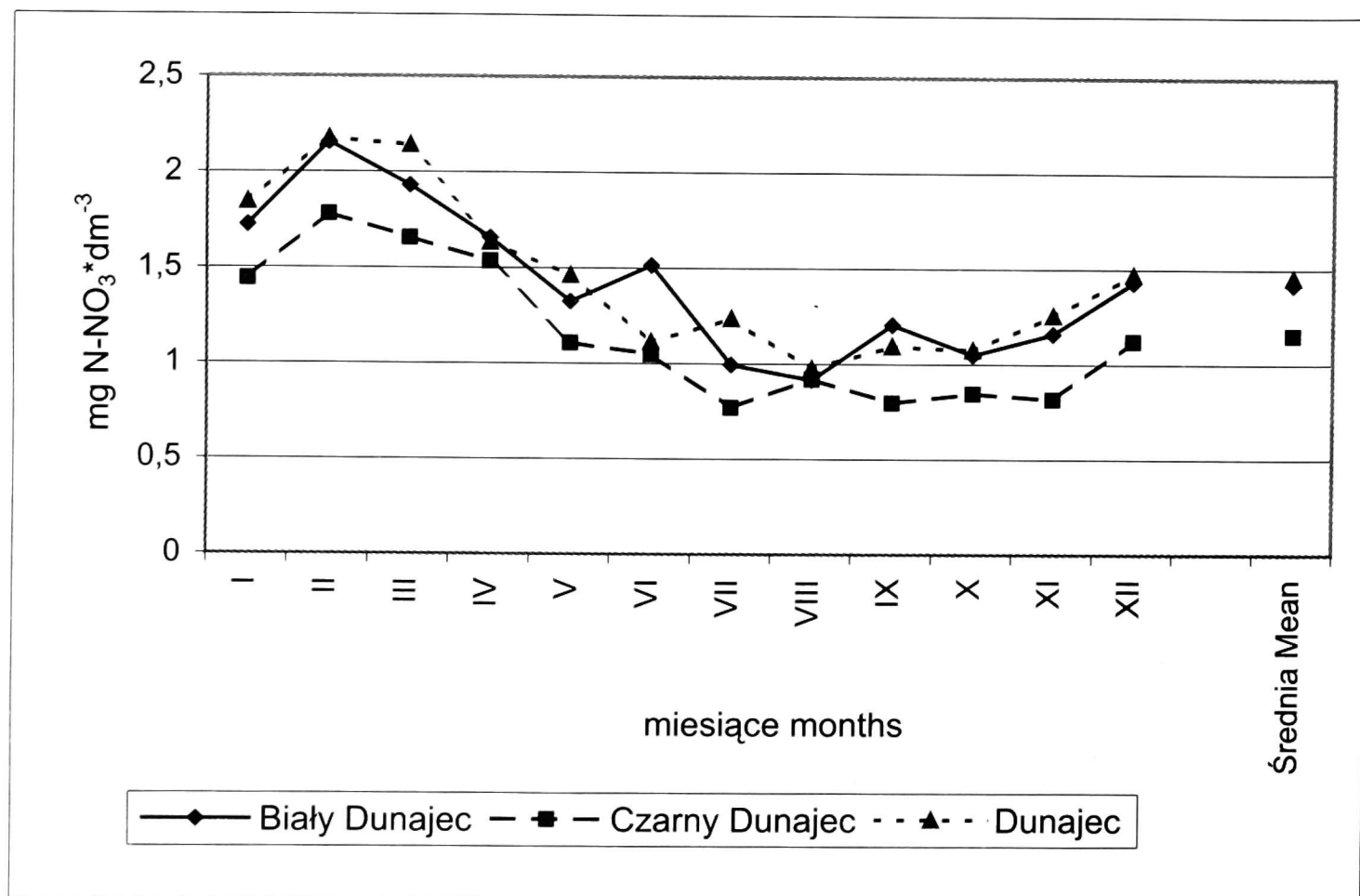
Ryc. 1. Lokalizacja punktów poboru próbek wody do analiz chemicznych

Fig. 1. Location of sampling points for the chemical analyses

W pobranych próbkach wody oznaczano N-NO_3 , N-NH_4 , PO_4 , zgodnie z metodyką stosowaną w Państwowym Monitoringu Ochrony Środowiska. Wyniki badań zestawiano jako średnie miesięczne z całego okresu badań. Obliczono również wskaźniki korelacji pomiędzy stężeniami badanych składników dla poszczególnych rzek.

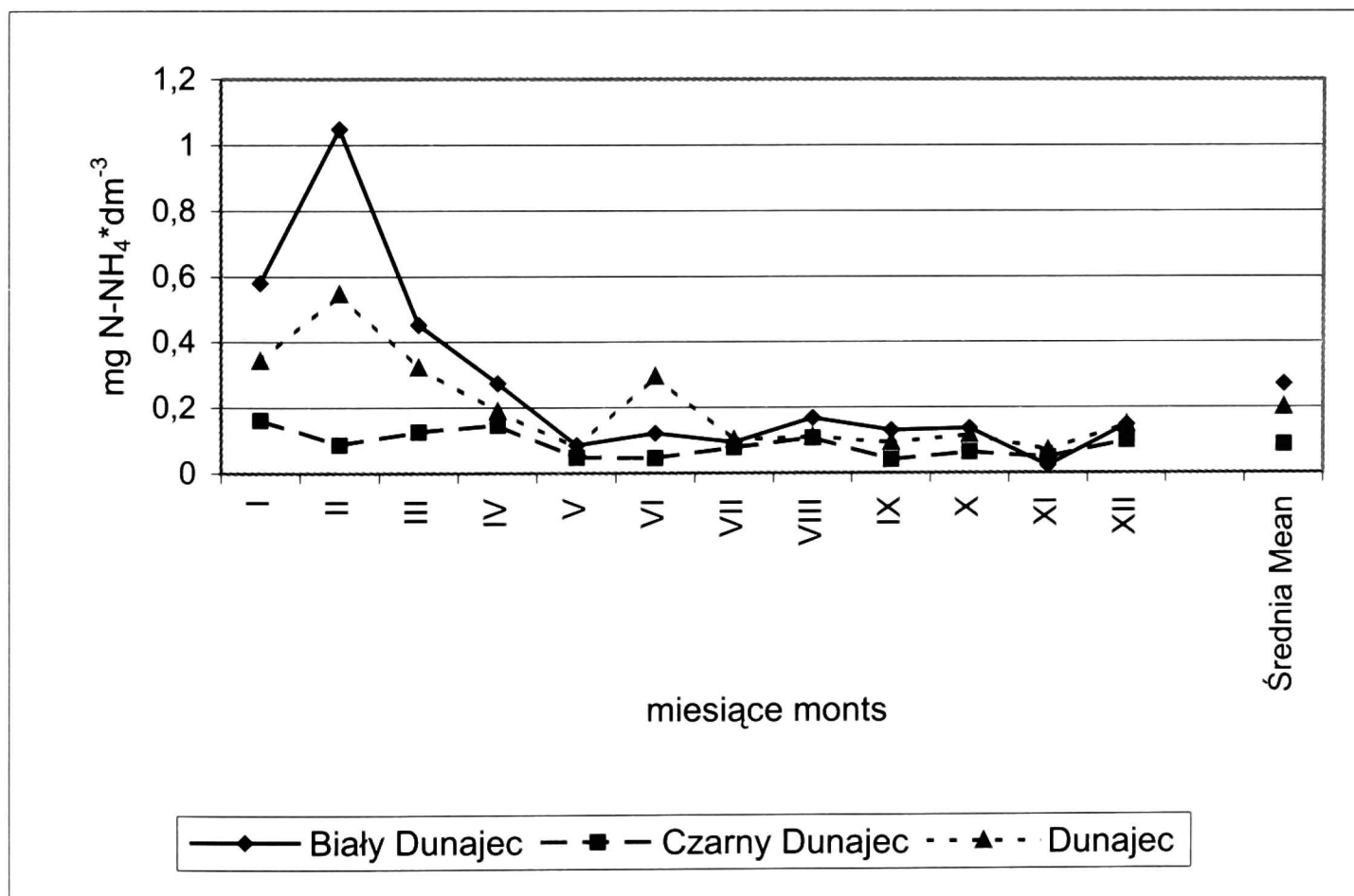
IV. WYNIKI BADAŃ

Średnie stężenie N-NO_3 z okresu 1996—2000 w wodach Białego Dunajca i Dunajca było zbliżone i wynosiło odpowiednio 1,42 (przy odchyleniu standardowym SD — 0,63) i 1,46 (SD — 0,46) $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (ryc. 2). Wody Białego Dunajca charakteryzowały się jednak większym rozrzutem stężeń omawianego składnika. W porównaniu do wyżej wymienionych rzek, średnie stężenie N-NO_3 w Czarnym Dunajcu było o około 20% niższe i wynosiło 1,15 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (SD — 0,44). W omawianych rzekach zaobserwowano podobne kierunki zmian średnich miesięcznych stężeń N-NO_3 . Świadczą o tym bardzo wysokie wartości współczynników korelacji, wynoszące: $r = 0,91$ (Biały Dunajec—Dunajec), $0,93$ (Czarny



Ryc. 2. Średnie miesięczne stężenia N-NO_3 w wodach Białego i Czarnego Dunajca oraz Dunajca za lata 1996—2000 (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

Fig. 2. Mean monthly concentration of N-NO_3 in the waters of the Biały, Czarny Dunajec and the Dunajec river from the period of 1996—2000 (in $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

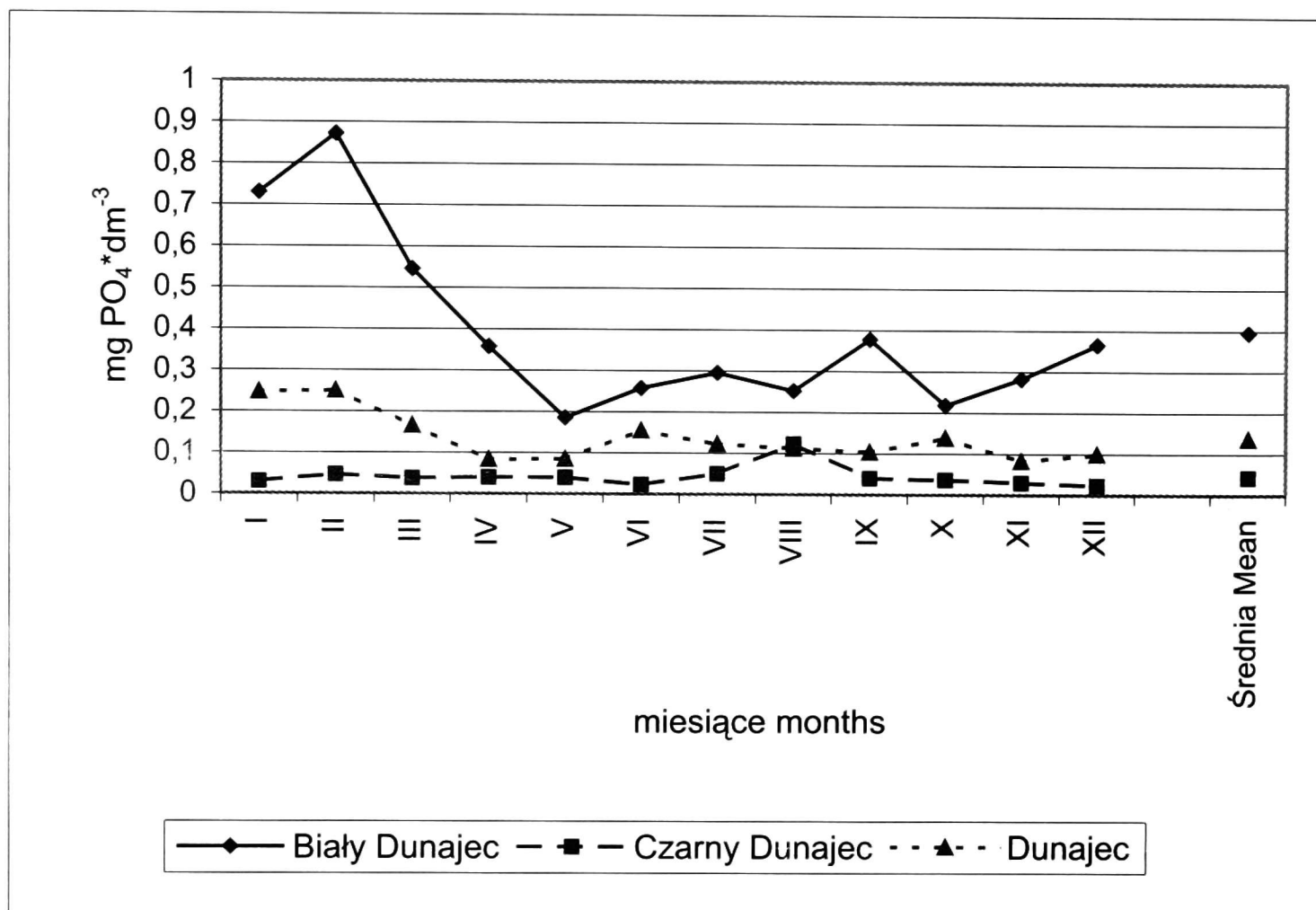


Ryc. 3. Średnie miesięczne stężenia N-NH₄ w wodach Białego i Czarnego Dunajca oraz Dunajca za lata 1996—2000 (w mg · dm⁻³)

Fig. 3. Mean monthly concentration of N-NH₄ in the waters of the Biały, Czarny Dunajec and the Dunajec river from the period of 1996—2000 (in mg per dm⁻³)

Dunajec—Dunajec) i 0,94 (Biały Dunajec—Czarny Dunajec). Najwyższe średnie stężenie N-NO₃ obserwowano w wodach pobieranych w zimie, a zwłaszcza z lutego (1,78 w Czarnym Dunajcu, 2,16 w Białym Dunajcu i 2,17 mg · dm⁻³ w Dunajcu). W kolejnych miesiącach aż do sierpnia, wystąpiło obniżenie stężeń tego składnika. W tym też miesiącu średnie stężenia N-NO₃ we wszystkich rzekach były do siebie zbliżone i mieściły się w granicach 0,92—0,97 mg N-NO₃ · dm⁻³. Poczynając od października obserwuje się tendencję wzrostową stężeń tej formy azotu.

W przypadku N-NH₄ średnie stężenie z okresu badań było wielokrotnie niższe i wynosiło w Białym Dunajcu 0,27 (SD — 0,26), Dunajcu 0,20 (SD — 0,20) i Czarnym Dunajcu 0,09 (SD — 0,05) mg · dm⁻³ (ryc. 3). Analogicznie jak w przypadku azotu azotanowego, największy rozrzut stężeń N-NH₄ wystąpił w Białym Dunajcu i Dunajcu. Również kierunki miesięcznych zmian stężeń N-NH₄ w tych rzekach były zbliżone do obserwowanego w przypadku azotu azotanowego, przy czym najsilniej skorelowane są Biały Dunajec i Dunajec ($r=0,92$). Pomiedzy Białym i Czarnym Dunajcem korelacja była znacznie słabsza ($r=0,45$), a najsłabsza pomiedzy Czarnym Dunajcem i Dunajcem ($r=0,39$).



Ryc. 4. Średnie miesięczne stężenia PO_4 w wodach Białego i Czarnego Dunajca oraz Dunajca za lata 1996—2000 (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

Fig. 4. Mean monthly concentration of PO_4 in the waters of the Biały, Czarny Dunajec and the Dunajec river from the period of 1996—2000 (in mg per dm^{-3})

W przypadku Białego Dunajca i Dunajca najwyższe stężenie N-NH_4 wystąpiło w lutym ($1,05$ i $0,55 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), a Czarnego Dunajca w grudniu ($0,16 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W dwóch pierwszych rzekach obserwuje się trwający do maja, zdecydowany spadek stężeń N-NH_4 . W kolejnych miesiącach do października, stężenia N-NH_4 utrzymują się na nieco wyższym poziomie, a w listopadzie w każdej z omawianej rzek przyjmują wartości najniższe ($0,2$ do $0,07 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W następnych miesiącach, szczególnie w Białym Dunajcu i Dunajcu obserwuje się postępujący wzrost stężeń tego składnika.

Średnie stężenie PO_4 w wodach Białego Dunajca wynosiło $0,40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, (SD — $0,27$), a Dunajca $0,14 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, (SD — $0,08$, ryc. 4). Luty był miesiącem w którym stężenie PO_4 osiągało najwyższe wartości ($0,87$ i $0,25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W następnych okresach poboru próbek aż do maja obserwowano systematyczny spadek wartości stężeń (do $0,19$ i $0,08 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ PO}_4$).

W kolejnych miesiącach (VI—IX) stężenie PO_4 w wodach Białego Dunajca było wyższe przeciętnie o $0,11 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, a Dunajca o $0,04 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$. Od jesiennych miesięcy stężenie PO_4 w obu rzekach, a szczególnie Białym Dunajcu, ulegało zwiększeniu.

Na przestrzeni całego okresu badawczego średnie stężenie tego składnika w wodach Czarnego Dunajca było dziesięciokrotnie mniejsze niż Białego Dunajca, i ponadtrzykrotnie mniejsze niż w Dunajcu ($0,04 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, SD — $0,04$). W sierpniowych terminach poboru wód stężenie PO_4 osiągało wartość najwyższą ($0,12 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ PO}_4$), a w pozostałych miesiącach było wyraźnie niższe i nie przekraczało $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wody Białego Dunajca i Dunajca charakteryzowały się podobnymi kierunkami zmian miesięcznych stężeń tego składnika ($r=0,85$). W przypadku wód Czarnego Dunajca miesięczne stężenia PO_4 w stosunku do pozostałych rzek układały się w odmienny sposób, o czym świadczą ujemne wartości wskaźnika korelacji, wynoszące odpowiednio $-0,14$ i $-0,10$.

V. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzone badania wykazały duże zróżnicowanie stężeń N-NH_4 i PO_4 badanych składników w wodach omawianych rzek. Wody Białego Dunajca charakteryzowały się najwyższymi stężeniami tych substancji biogennych. Znacznie mniej było ich w Dunajcu, a najmniej w Czarnym Dunajcu. Podwyższone zawartości azotu amonowego i fosforanów w Białym Dunajcu, charakterystyczne dla miesięcy zimowych, są spowodowane dopływem zanieczyszczeń pochodzenia komunalnego z licznie odwiedzanych przez turystów i wczasowiczów rejonów Zakopanego, a w Dunajcu dodatkowo z Nowego Targu (Dojlido 1987, Sikorski 1998, Smoroń, Twardy 1999).

Wraz z wiosennym rozwojem roślinności wodnej, a także zmniejszającym się ruchem wczasowo-turystycznym, obserwuje się obniżanie stężeń tych składników (Opuszyński 1997). W maju stężenia N-NH_4 i PO_4 w Białym Dunajcu i Dunajcu przyjmują najniższy poziom. W następnych miesiącach, pomimo zwiększającej się masy roślinności wodnej, ich stężenia (aż do października i listopada) ulegają zwiększeniu (ryc. 3 i 4). Dowodzi to zwiększonego dopływu zanieczyszczeń pochodzących od ludności czasowo przebywających w zlewniach tych rzek w celach turystycznych. W miesiącach zimowych, ze względu na zmniejszające się możliwości samooczyszczania, stężenia biogenów w wodach ulegają zwiększeniu.

Stężenia N-NO_3 w wodach badanych rzek podlegały podobnym sezonowym wahaniom (ryc. 2). Oprócz bezpośredniego ich dopływu wraz z zanieczyszczeniami komunalnymi, powstają również w wyniku biochemicznego utleniania amonowych form azotu. Jony amonowe, podobnie jak i azotanowe, są pobierane przez roślinność, co w okresach intensywnego rozwoju flory wodnej i nadbrzeżnej powoduje znaczne obniżenie stężeń azotu.

Z kolei wody Czarnego Dunajca przepływające przez słabo zaludnione i ekstensywnie użytkowane obszary wiejskie, cechujące się małym nasileniem ruchu turystyczno-wczasowego i słabo rozwiniętą infrastrukturą techniczną,

wykazują znacznie mniejszy wpływ działalności antropogenicznej. Świadczą o tym niskie i w miarę wyrównane średnie miesięczne stężenia $N-NH_4$ i PO_4 . Nie obserwuje się tu również dużych sezonowych wahań stężeń tych składników, a zwłaszcza fosforanów, charakterystycznych dla poprzednich rzek. Przy aktualnym poziomie rolniczego wykorzystania ziemi nie należy obawiać się też, aby rolnictwo było zakwalifikowane jako główny dostarciciel biogenów do środowiska wodnego (Kopeć, Habovstiak 1995). Dowodzą tego wstępne analizy, przeprowadzone metodami stosowanymi w krajach unijnych, dla całego dorzecza górnej Wisły (Twardy i inni 2003). Miesięczne zmiany stężenia PO_4 w wodach Czarnego Dunajca kształtowały się w odwrotny sposób (ujemny wskaźnik korelacji) niż w Białym Dunajcu i Dunajcu. Dowodzi to, że czynniki kształtujące stężenia PO_4 w Białym Dunajcu i Dunajcu występowały w mniejszym zakresie i nie miały istotnego wpływu na jakość wody Czarnego Dunajca.

Porównując badane rzeki według kryteriów klasyfikacyjnych obowiązujących w tym okresie dla wód powierzchniowych (Rozporządzenie... 1991), należy stwierdzić, że przeciętnie za okres 1996—2000, pod względem zawartości $N-NO_3$ i $N-NH_4$ omawiane rzeki mieściły się w I klasie czystości. W stosunku do $N-NH_4$, (w miesięcznym układzie obliczania średnich stężeń) obserwuje się jednak chwilowe pogorszenie jakości wód Białego Dunajca. Wystąpiło ono tylko w lutowych terminach poboru, z których woda mieściła się w II klasie czystości. Najbardziej niekorzystnie na czystość wód Białego Dunajca wpływały fosforany, pochodzące najprawdopodobniej ze środków pralniczych. Średnio pod względem zawartości PO_4 w całym okresie badawczym wody tej rzeki należały do II klasy czystości, a w miesiącach zimowych (styczeń—luty) do III klasy. W Czarnym Dunajcu przeciętne stężenie PO_4 było stosunkowo niskie, co kwalifikowało wody tej rzeki do I klasy czystości. Podobnie jak w Białym Dunajcu, również w Dunajcu (w styczniowych i lutowych terminach badań) stężenie fosforanów zwiększało się, czego efektem było jednoklasowe obniżenie jakości wody. Wody Czarnego Dunajca były pod tym względem zdecydowanie czystsze, i w każdym miesiącu z całego okresu badawczego mieściły się w I klasie jakości.

WNIOSKI

Zebrane w latach 1996—2000 wyniki badań z zakresu jakości wód występujących na Podhalu w rejonach o zróżnicowanym nasileniu ruchu turystycznego prowadzą do sformułowania następujących wniosków:

1. Wody Białego Dunajca charakteryzowały się wyższymi stężeniami substancji biogennych, co było spowodowane najprawdopodobniej intensywniejszym oddziaływaniem czynników związanych z działalnością bytową stałych mieszkańców i osób przebywających czasowo w tym rejonie.

2. W układzie miesięcznym, najwyższe stężenia biogenów w wodach badanych rzek stwierdzono w miesiącach zimowych, z tendencją zniżkową w okresach wiosennych i letnich.
3. Wody Czarnego Dunajca nie wykazywały cech świadczących o znaczącym oddziaływaniu na ich jakość czynników antropogenicznych. Związane jest to prawdopodobnie też zarówno z ekstensywnym rolnictwem, jak i ograniczoną penetracją turystyczną całej zlewni.
4. Wody Dunajca w przekroju Harkłowa charakteryzowały się najczęściej pośrednimi zawartościami substancji biogenych. Jest to najprawdopodobniej następstwem połączenia zanieczyszczonych wód Białego Dunajca z czystszyimi wodami Czarnego Dunajca, a także zachodzącymi procesami samooczyszczania wód.

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

LITERATURA

- Atlas Posterunków Wodowskazowych, 1995—1996, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, 210.
- Bieszczad S., 1999, *Człowiek a środowisko przyrodnicze* [w:] *Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego*, opr. zbior., red. S. Bieszczad, J. Sobota, Wyd. AR we Wrocławiu, 9—14.
- Dojlido J., 1987, *Chemia wody*, Arkady, Warszawa, 352.
- Kopeć S., Habovstiak J., 1995, *Zależność pomiędzy działalnością rolniczą a stanem środowiska wodnego w rejonie tatrzańskim Polski i Słowacji*, Probl. Zagosp. Ziem Gór., z. 39, 21—30.
- Kowalski T., 1997, *Wpływ zanieczyszczeń organicznych na skład wód*, Ochrona Środowiska, nr 2(65), 33—35.
- Krakowski W. M., Niedbała J., 1997, *Efekty redukcji fali powodziowej przez ZZW Czorsztyn—Niedzica i Sromowce Wyżne*, Gospod. Wod., nr 12, 402—404.
- Twardy S. i inni, 2003, *Kryteria wyznaczania wód i obszarów wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych (na terenie RZGW w Krakowie)*, Opracowanie Monograficzne, RZGW Kraków, 93.
- Mazurkiewicz-Boroń G., 2002, *Czynniki kształtujące procesy eutrofizacyjne w podgórskich zbiornikach zaporowych*, Supplementa ad Acta Hydrobiologica, Kraków, vol. 2, 68.
- Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1991, *Klimat* [w:] *Dorzecze Górnej Wisły*. Cz. 1. Opr. zbior. Red. I. Dynowska, M. Maciejewski, PWN, Warszawa—Kraków, 68—84.
- Opuszyński K., 1997, *Wpływ gospodarki rybackiej, szczególnie ryb roślinożernych, na jakość wody w jeziorach*, WIOŚ, Zielona Góra, 156.
- Rocznik Statystyczny woj. nowosądeckiego 1997, Urząd Statystyczny Nowy Sącz, 382.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi, Dz. U. Nr 116, 16 XII, poz. 503, 1579—1584.
- Sikorski M., 1998, *Gospodarka ściekami bytowymi na wsi jako czynnik ochrony środowiska*, Rozpr. Hab. Wydaw. IMUZ, Falenty, 133.
- Smoroń S., Twardy S., 2001, *Wstępna ocena gospodarki wodno-ściekowej w rolniczo-turystycznych rejonach górnej zlewni Dunajca*, Inż. Rol. nr 8, 223—237.

SYLWESTER SMOROŃ, STANISŁAW TWARDY

DYNAMIC OF BIOGENIC COMPONENTS IN THE SURFACE WATERS
OF THE UPPER DUNAJEC BASIN

Summary

In the each months of the period of 1996—2000 investigations were made on concentration of the biogenic components (N-NH_4 , N-NO_3 , PO_4) in the waters of the Biały Dunajec (Szaflary), Czarny Dunajec (Ludźmierz section) and in the Dunajec river (Harkłowa section).

The Biały Dunajec river is carrying waters from the densely populated areas of the Podhale, most frequently visited by the tourist and holidaymakers including from Zakopane ski resort, Poronin, Biały Dunajec and a vicinity. The Czarny Dunajec is collecting waters from agricultural, less populated areas, and less frequently visited by the tourists. The above two rivers are joining together in town of Nowy Targ and continue to flow further through rural agricultural areas. The distinctive impact of a human live existence on the concentration of biogenic components was revealed, particularly at the Biały Dunajec as well as at the Dunajec river. Their highest concentration in the waters of the Biały Dunajec occurred in winter months (III class of river cleanliness), however, in spring and summer concentration was much lower (II cleanliness class). The water cleanliness of the Dunajec River was much better (II and I class). The water quality of the Czarny Dunajec was the best (I class of river cleanliness) and an impact of antropogenic factors was not significant.

Institute for Land Reclamation and Grassland Farming at Falenty
Małopolska Research Centre, Kraków