

MARIUSZ PTAK

Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań, e-mail: marp114@wp.pl

**ZMIANY TEMPERATURY WODY I ZJAWISK LODOWYCH
RZEKI NER (CENTRALNA POLSKA) W LATACH 1965-2014**

W pracy przedstawiono długookresowe zmiany temperatury wody i warunków zlodzenia rzeki Ner położonej w centralnej Polsce. Stwierdzono, że w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat nastąpił znaczny wzrost temperatury wody, który wynosił $0,24 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$. Wzrost ten był statystycznie istotny na poziomie $p=0,05$. W układzie miesięcznym najwyższy wzrost temperatury odnotowano w lipcu ($0,37 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$), kwietniu ($0,35 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$) oraz grudniu i styczniu ($0,34 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$). W dwóch przypadkach (wrzesień i październik) odnotowano niewielką tendencję ujemną, lecz były one statystycznie nieistotne. W odniesieniu do terminów powstawania zjawisk lodowych można stwierdzić, że analizowanym okresie nastąpiło ich opóźnienie o $1,9 \text{ dnia} \cdot \text{dek}^{-1}$. Z kolei zakończenia zjawisk lodowych cechowały się tendencją ujemną- nastąpiło przyspieszenie terminu ich końca o $2,5 \text{ dnia} \cdot \text{dek}^{-1}$. W związku z tym, skróceniu uległ czas trwania zjawisk lodowych. Odnotowane zmiany są pochodną współdziałania czynników naturalnych oraz antropopresji.

Słowa kluczowe: temperatura wody, zjawiska lodowe, rzeki, zmiany klimatyczne, warunki lokalne, antropopresja

I. WSTĘP

Otoczenie wokół nas podlega permanentnym zmianom. Poszczególne elementy środowiska przyrodniczego zmieniają swoje cechy w wyniku oddziaływania czynników naturalnych i antropogenicznych. Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci szczególnej roli nabrały te ostatnie. Skala i intensywność przeobrażeń powodowanych przez człowieka jest niekiedy tak duża, że w skrajnych przypadkach może doprowadzić do klęski ekologicznej. Najlepszym potwierdzeniem tego stwierdzenia jest chociażby deforestacja lasów w Sudetach pod koniec lat 70. XX wieku, w wyniku oddziaływania tzw. „Czarnego Trójkąta”.

Jednym z najbardziej podatnych komponentów na wszelkie przekształcenia jest woda. Jej cechy sprawiają, że stosunkowo łatwo może dojść do zmian ilości (zasobów wodnych) jakości i jakości. Do podstawowych charakterystyk wody należy zaliczyć jej temperaturę. Czynniki ten decyduje nie tylko o zróżnicowaniu ilościowym i gatunkowym flory i fauny, ale także o przebiegu procesów związanych z funkcjonowaniem całego ekosystemu wodnego (np. ilość rozpuszczonych gazów w wodzie, formowaniu i przebiegu zjawisk lodowych, itd.). Znaczenie zmian termicznych zachodzących w rzekach posiada szerokie spektrum zainteresowań, które jest przedmiotem badań różnych dyscyplin naukowych [Sinokrot i Gulliver 2000, Torgersen i in. 2001, Taeubert i in. 2014, Gray i in. 2016].

Złożoność procesów wymiany ciepła pomiędzy wodą a otoczeniem sprawia, że nie zawsze w sposób jednoznaczny możliwe jest określenie przyczyn obserwowanych zmian. W przypadku rzek zadanie to jest o tyle trudne, że niektóre z nich mają charakter tranzytowy, a więc na zmiany temperatury wody mogą mieć wpływ czynniki znacznie oddalone od miejsca pomiaru. Na współczesne procesy nakładają się te o charakterze cyklicznym, występujące co kilkadziesiąt lub kilkaset lat na co uwagę zwracają m.in. Paluch i in. (2011).

W pracy dokonano analizy zmian temperatury wody i zjawisk lodowych rzeki Ner, położonej w środkowej Polsce (rys. 1) w latach 1965-2014. Celem pracy jest przedstawienie długoletnich tendencji tych zmian oraz określenie ich przyczyn.



Rys. 1. Lokalizacja obiektu badań

Fig. 1. Location of the study object

Ner jest rzeką III rzędu, prawobrzeżnym dopływem Warty. Przepływa przez dwie krainy geograficzne: Wysoczyznę Łaską i Kotlinę Kolską. Długość rzeki wynosi ok. 130 km a powierzchnia dorzecza jest równa ok. 1800 km². Źródła Neru leżą w pobliżu Wiśniowej Góry (208 m n.p.m.), na południowy-wschód od Łodzi, natomiast ujście do Warty znajduje się w pobliżu wsi Majdany (94 m n.p.m). Średni przepływ Neru powyżej ujścia wynosi 10 m³·s⁻¹ [www.rzekipolski.info]. Ner częściowo przepływa przez Pradolinę Bzury- Neru, stanowiącej część większej jednostki geomorfologicznej- Pradoliny Warszawsko- Berlińskiej. Obszar ten był obiektem licznych hydrotechnicznych i eksploatacji torów [Rdzany 2014].

II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano dane uzyskane z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Obejmowały one pomiary temperatury wody na posterunku Dąbie. Pomiar wykonywany był codziennie punktowo, zgodnie z wytycznymi odnoszącymi się tego typu obserwacji. W tym samym profilu prowadzone były obserwacje zjawisk lodowych. Obejmowały one określenie daty początku i końca pojawienia się zjawisk lodowych. Zjawisko lodowe jest definiowane jako dowolna forma lodu w wodzie (lód brzegowy, śryż, pokryw lodowa, itd.). Różnica pomiędzy skrajnymi terminami wystąpienia lodu w wodzie, daje informacje o czasie trwania zjawisk lodowych. Wszystkie dane hydrologiczne przedstawiono w układzie roku hydrologicznego.

W odniesieniu do danych klimatycznych wykorzystano dane dotyczące temperatury powietrza na posterunku Koło w okresie analogicznym dla którego prowadzone były obserwacje hydrologiczne. Do analizy trendów w pomiarach średnich rocznych temperatur posłużono się testem Manna- Kendalla. Opiera się on na określeniu nieparametrycznego współczynnika

korelacji rangowej τ_b -Kendalla dla danej serii danych oraz serii kolejnych kroków czasowych t_i , $i = 1, \dots, n$. Współczynnik τ_b określa siłę monotonicznego związku między dwiema zmiennymi. Jego wartość określa, o ile większy jest odsetek wszystkich możliwych par obserwacji, dla których kierunek różnicy między nimi jest taki sam dla obu zmiennych, od odsetka par obserwacji, które takiej zgodności nie wykazują. Obliczany jest na podstawie statystyki S , która określa liczbę par obserwacji, które charakteryzują się zgodnymi kierunkami różnic dla obu analizowanych zmiennych. Wyznacza się ją w oparciu o następujący wzór:

$$S = \sum_{i>j} \text{sign}(X_j - X_i) \text{sign}(Y_j - Y_i) \quad (1)$$

Wariancja statystyki S wyznaczana jest, przy uwzględnieniu możliwości występowania rang wiązanych, według następującego wzoru:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (2)$$

Znajomość wariancji umożliwia przybliżenie rozkładu statystyki S rozkładem normalnym, dzięki przekształceniu jej na standardowy wynik Z . Przekształcenie odbywa się według następującego wzoru:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Opisana powyżej procedura umożliwia przetestowanie hipotezy mówiącej o występowaniu monotonicznego trendu. Hipoteza zerowa zakłada brak takiego trendu, a dokładniej losowe rozmieszczenie wartości pomiarów w czasie.

III. WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zestawiono podstawowe charakterystyki statystyczne dla analizowanych serii danych. Z kolei na rysunku 2 przedstawiono zmiany temperatury wody Neru oraz zmiany temperatury powietrza w Kole w latach 1965-2014. Rycina 2 z kolei wskazuje, że w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat nastąpił znaczny wzrost temperatury wody, który wynosił $0,24 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$. Wzrost ten był statystycznie istotny na poziomie $p=0,05$ a nawet $p=0,01$. W układzie miesięcznym najwyższy wzrost temperatury odnotowano w lipcu ($0,37 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$), kwietniu ($0,35 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$) oraz grudniu i styczniu ($0,34 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$). Zmiany te były statystycznie istotne na poziomie $p=0,05$. W dwóch przypadkach (wrzesień i październik) odnotowano niewielką tendencję ujemną, lecz były one statystycznie nieistotne (na poziomie $p=0,05$).

Stwierdzono, że współczynnik korelacji pomiędzy średnią roczną temperaturą wody i powietrza wyniósł $0,49$ z 95-procentowym przedziałem ufności równym $[0,25 - 0,68]$, $p < 0,001$. Oznacza to, że średnie roczne temperatury powietrza i wody współdziała około 24,4% zmienności z 95-procentowym przedziałem ufności $[6,2\% - 46,1\%]$. Sugeruje, to że niewiele ponad połowa zmienności analizowanych średnich rocznych temperatur jest związana z innymi zmiennymi.

W odniesieniu do terminów powstawania zjawisk lodowych można stwierdzić, że na przestrzeni ostatnich pięciu dekad nastąpiło ich opóźnienie o $1,9 \text{ dnia} \cdot \text{dek}^{-1}$ (rys. 3). Z kolei terminy zakończenia zjawisk lodowych cechowały się tendencją ujemną- nastąpiło przyspieszenie terminu zakończenia zjawisk lodowych o $2,5 \text{ dnia} \cdot \text{dek}^{-1}$ (rys. 3). W związku z tym, skróceniu

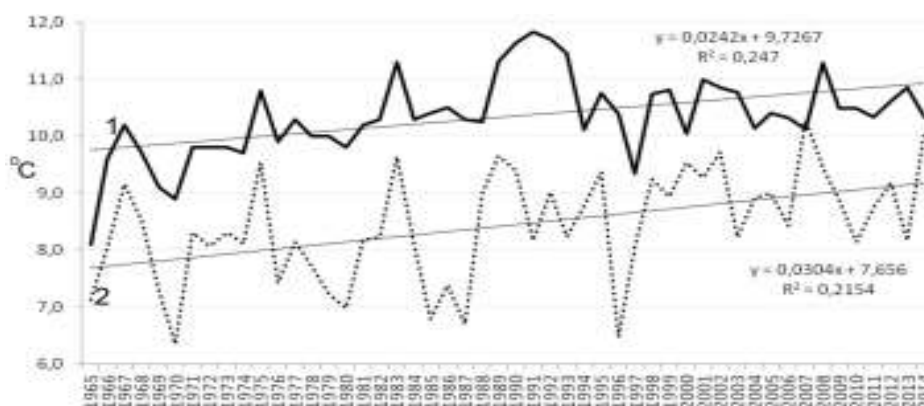
uległ czas trwania zjawisk lodowych (rys. 4). Zmiany dotyczące przebiegu wszystkich charakterystyk lodowych omawianej rzeki nie były jednak istotne statystycznie ($p=0,05$).

Tabela 1- Table 1

Statystyki opisowe temperatury wody (Ner) i powietrza (Koło) analizowanych w latach 1965-2014
Descriptive statistics of water (Ner) and air temperature (Kolo) analysed in the years 1965-2014

Temperatura / Temperature	M	SD	Sk.	Kurt.	Min.	Me	Maks.	S-W	p	N
Ner	10,33	0,71	-0,35	4,02	8,10	10,30	11,80	0,97	0,171	50
Koło	8,43	0,96	-0,30	2,44	6,30	8,30	10,30	0,97	0,227	50

M – średnia; SD – odchylenie standardowe; Sk. – skośność; Kurt. – kurtoza; Min. – minimum; Maks. – maksimum; statystyka testu normalności rozkładu (test Shapiro-Wilka); p – istotność testu normalności rozkładu; N – liczebność / M – mean; SD – standard deviation; Sk. – skewness; Kurt. – kurtosis; Min. – minimum; Maks. – maximum, S-W – normal distribution test statistic (Shapiro-Wilk test); p – normal distribution test significance; N – abundance



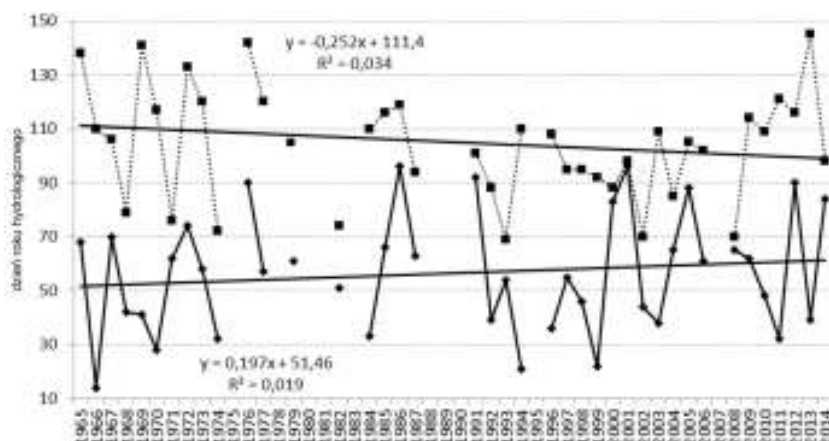
Rys. 2. Zmiany temperatury wody Neru (Dąbie) i temperatury powietrza (Koło) w latach 1965-2014-średnie roczne; 1- temperatura wody, 2- temperatura powietrza oraz ich trendy

Fig. 2. Changes in water temperature in the Ner River and air temperature in the years 1965-2014 – annual means; 1- water temperature, 2- air temperature and trends

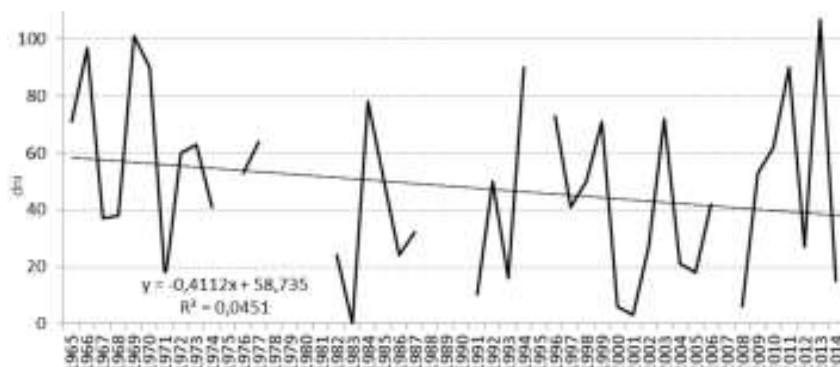
Uzyskane wyniki korespondują z licznymi pracami których przedmiotem były analizy zmian termicznych elementów sieci hydrograficznej i warunków zlodzenia [Magnuson i in. 2000, Bartholow 2005, Webb i Nobilis 2007, Pawłowski 2009, Kaushal i in. 2010, Marszelewski, Pius 2014]. W oparciu o zbiór danych pomiarowych można stwierdzić, że widoczny jest wzrost temperatury wody. Należy także podkreślić, że notowane są sytuacje gdzie odnotowano brak jakichkolwiek tendencji lub tendencje spadkowe. Ma to związek z cechami indywidualnymi rzek i jezior oraz warunkami lokalnymi i okresem w którym była dokonywana analiza. Na sytuację taką wskazują Jurgelenaite i in. [2012] rozpatrując reżim termiczny rzek na Litwie. Na stosunkowo niewielkim obszarze, który to państwo zajmuje odnotowali wszystkie trzy sytuacje, tj. trend wzrostowy i spadkowy oraz brak jakichkolwiek zmian temperatury wody.

Związek temperatur wód powierzchniowych i powietrza jest bezsprzeczny. Co warte podkreślenia nie tylko temperatura powietrza ma wpływ na temperaturę wody ale i odwrotnie - bliskość wody wpływa na mikroklimat [Paluch i in. 2009]. Jak podkreśla Wiejaczka [2007] temperatura powietrza jest zasadniczym regulatorem procesów termicznych odbywających się w ciekach. Wiejaczka (2006-2007) analizując związek pomiędzy temperaturą powietrza

a temperaturą wody w rzece Ropa ustalił, że pozostają one w bardzo silnym związku (współczynnik korelacji od 0,90 do 0,95). W świetle powyższych stwierdzeń interesującą sytuację odnotowano w przypadku analizowanej w pracy rzeki. Współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą wody i powietrza wynosi jedynie 0,49. Tak więc, wpływ na ustrój termiczny Neru był uzależniony nie tylko od warunków klimatycznych ale i od innych; mających charakter lokalny. Wśród nich można wymienić, m.in. naturalne (zasilenie podziemne) jak i te związane z działalnością człowieka. Jak wynika z opisu zawartego w Podziale... [1983] Ner na odcinku w okolicach Dąbia (posterunek obserwacyjny) płynie przez płaskie, zmeliorowane dno doliny wypełnione torfami (Pradolina Bzury-Neru, rys. 5). Powyższa sytuacja może mieć duże znaczenie, dla zmian temperatury wód rzecznych, w kontekście alimentacji rzeki przez wody podziemne. Wątek ten, wymaga podjęcia w przyszłości bardziej szczegółowych badań, dotyczących m.in. skali zasilania Neru wodami z torfowisk czy szczegółowego określenia temperatury tych wód.



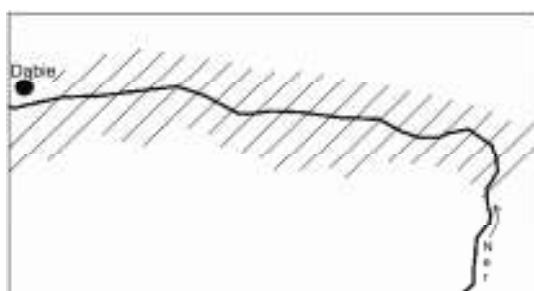
Rys. 3. Terminy początku i końca zjawisk lodowych na Nerze w latach 1965-2014 i linia trendu
Fig. 3. Terms of the commencement and cessation of ice phenomena in the Ner River in the years 1965-2014



Rys. 4. Czas trwania zjawisk lodowych na Nerze w latach 1965-2014
Fig. 4. Persistence of ice phenomena on the Ner River in the years 1965-2014

Istotnym dla zmian warunków termicznych rzeki, może być działalność gospodarcza człowieka i jej skutki. Fakt ten został podkreślony w wielu opracowaniach odnoszących się do reżimu termicznego rzek [Miyamoto i Kinouchi 2007, Danner i in. 2012]. Orr i in.

[2015] wśród sztucznych czynników mogących powodować zmiany temperatury rzek wymieniają m.in. pobór wody, piętrzenia, zrzuty zanieczyszczeń, itd. Ostatni z nich, należy wiązać z warunkami termicznymi omawianej w artykule rzeki. Sytuacja taka ma związek z położeniem Neru w sąsiedztwie Łodzi. Przez wiele lat, zanieczyszczenia pochodzące z tej aglomeracji były w sposób bezpośredni odprowadzana do jego wód. Jak podaje Kostrzewa [1999], jeszcze do niedawna Ner przyjmował ścieki w ilości aż 10- krotnie przekraczające ilość wody płynącej w górnym jej biegu. W latach 70. XX wieku, rzekę określano jako otwarty ściek [Penczak 1975]. Jak podkreśla Mosiej i in. [2007] parametry wody Neru uległy poprawie (w wyniku likwidacji wielu zakładów oraz budowy grupowej oczyszczalni ścieków) ale woda ta, ciągle nie spełnia wymaganych kryteriów jakościowych.



Rys. 5. Zasięg pradoliny Bzury-Neru przed posterunkiem pomiarowym Dąbie na Nerze
Fig. 5. Range of the Bzura-Ner marginal stream valley in front of the measurement site Dąbie on the Ner River

Najczęściej prowadzone badania związane z degradacją rzek odnoszą się do parametrów chemicznych a nie termiki. Jednakże rola zanieczyszczeń dla przebiegu temperatury rzeki jest niepodważalna. Xin i Kinouchi [2013] analizując termikę rzeki Tama w Japonii stwierdzili, że ścieki były jednym z głównych czynników modyfikujących jej ustrój termiczny. Biorąc pod uwagę powyższe informacje na temat skali zanieczyszczeń Neru można stwierdzić, że antropopresja była ważnym czynnikiem wpływającym na ten ekosystem. Ciekawą sytuację prezentują krzywe rozkładu temperatury wody i powietrza (rys. 2), które pomimo zachowania generalnie takiego samego przebiegu i tendencji zmian w wielu miejscach prezentują rozkład odmienny względem siebie (np. początek lat '90, rok 2000, 2006).

W skali globalnej transformacja termiki wód powierzchniowych wywołana jest zmianami klimatycznymi, które łączone są z procesami naturalnymi i z aktywnością człowieka (wzrostem produkcji gazów cieplarnianych). Bardziej dynamiczny przebieg dotyczy sytuacji, gdy ekosystemy wodne mają związek z obszarami zurbanizowanymi i w sposób bezpośredni poddane są wzmożonej antropopresji. Sytuację taką opisuje m.in. Ciupa [2006] odnosząc się do dwóch rzek o odmiennym użytkowaniu zlewni. W przypadku rzeki przepływającej przez obszar miejski (Kielce), widoczne było podwyższenie temperatury wody i wpływu na warunki lodowe.

Odnotowany wzrost temperatury wody Neru w okresie ostatnich pięćdziesięciu lat, będzie miał fundamentalne znaczenie dla procesów i zjawisk odbywających się w tej rzece. Potwierdzeniem tego jest chociażby rozpatrywany w pracy przebieg zjawisk lodowych, który na przestrzeni analizowanego okresu uległ znaczącemu skróceniu.

IV. PODSUMOWANIE

Zestawione w pracy dane dotyczą jednego z głównych problemów współczesnego świata, które związane są ze zmianami klimatu. Podłoże tych zmian jest zarówno naturalne jaki

i wywołane działalnością człowieka (które widoczne w dłuższym ujęciu chronologicznym). Innym równie istotnym zagadnieniem jest bezpośrednia ingerencja człowieka w środowisko naturalne, mająca niekiedy ekspansywny charakter. Oba zagadnienia widoczne są wyraźnie w przypadku zagadnień funkcjonowania hydrosfery. Szczególnie czułym na powyższe przekształcenia jest termika, która szybko reaguje na wszelkie zmiany. Jak wykazano w pracy dla analizowanej rzeki, temperatura wody i pozostające z nią w ścisłej zależności warunki lodowe w okresie ostatniego półwiecza podlegały znacznej transformacji. Podłoże tych zmian było uwarunkowane procesami o charakterze makroskalowym; zmiany klimatyczne, jak i lokalnymi- cechy doliny i antropopresja. Utrzymujące się w dalszej perspektywie na odnotowanym poziomie tendencje zmian temperatury wody (będącej jednym z podstawowych jej parametrów), będą kluczowe dla przekształceń warunków biotycznych i abiotycznych Neru.

BIBLIOGRAFIA

1. Bartholow J.M. 2005. Recent water temperature trends in the lower Klamath River, California. *North American Journal of Fisheries Management*. 25 (1). 152-162.
2. Ciupa T. 2006. Temperatura wód i występowanie zjawisk lodowych na rzekach odwadniających zlewnie o różnym sposobie użytkowania na przykładzie Silnicy i Sufragańca (Góry Świętokrzyskie). *Problemy Ekologii Krajobrazu*. 16 (1). 381-390.
3. Danner, E.M., Melton, F.S., Pike, A., Hashimoto, H., Michaelis, A., Rajagopalan, B., Caldwell, J., Dewitt, L., Lindley, S., Nemani, R.R. 2012. River temperature forecasting: A coupled-modeling framework for management of river habitat. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 5 (6). 1752-1760.
4. Gray B.R., Lyubchich V., Gel Y.R., Rogala J.T., Robertso D.M., Wei X. 2016. Estimation of river and stream temperature trends under haphazard sampling. *Statistical Methods and Applications*. 25 (1). 89-105.
5. Jurgelenaite A., Kriaučiuniene J., Šarauskienė D. 2012. Spatial and temporal variation in the watertemperature of Lithuanian rivers. *Baltica*. 25 (1). 65-76.
6. Kaushal S., Likens G., Jaworski N., Pace M., Sides A., Seekell D., Belt K., Secor D., Wingate R. 2010. Rising stream and river temperatures in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 8. 461-466.
7. Kostrzewa J. 1999. Szansa dla Neru. *Aura*. 12. 16-17.
8. Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingstone D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. *Science*. 289 (5485). 1743-1746.
9. Miyamoto M., Kinouchi T. 2007. Water and Heat Transport Characteristics and Wastewater Impact on Stream Temperature Under Tidal Validation. *Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources*. 20 (4). 291-302.
10. Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A., Suska A. 2007. Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*. 6 (2). 19-30.
11. Orr H.G., Simpson G.L., des Clers S., Watts G., Hughes M., Hannaford J., Dunbar M.J., Laizé C.L.R., Wilby R.L., Battarbee R.W., Evans R. 2015. Detecting changing river temperatures in England and Wales. *Hydrological Processes*. 29 (5). 752-766.
12. Paluch J., Małecki Z.J., Gołębiak P., 2009. Wpływ zbiornika zaporowego Gołuchów na mikroklimat w zlewni Ciemnej (Trzemnej), lewobrzeżnym dopływie Prosnicy. *Zeszyty Naukowe Inżynieria Łądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska*. 1. 26-34.

13. Paluch J., Małecki Z.J., Banaszak A., 2011. Woda a grodzisko na Zawodziu w Kaliszu, Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska. (3). 52-61.
14. Pawłowski B. 2009. Long-term variability in the course of ice phenomena on the Vistula river in Toruń, Bulletin of Geography, Physical Geography Series. (1). 91-102.
15. Penczak T. 1975. Ichthyofauna of the catchment area of the River Ner and perspectives of its restitution in connection with the erection of a collective sewage treatment plant for the Agglomeration of the City of Łódź. Acta Hydrobiol. 17. 1-20.
16. Podział hydrograficzny Polski. Część I. Zestawienie liczbowo- opisowe, 1983. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa.
17. Rdzany Z., 2014. Środowisko geograficzne. Budowa geologiczna i rzeźba terenu, [w:] Pradolina Bzury-Neru. Monografia przyrodnicza obszaru Natura 2000 (red. Kucharski L., Kopeć D.) Towarzystwo Przyrodnicze Ziemi Łódzkiej. Łódź.
18. Sinokrot B.A., Gulliver J.S. 2000. In-stream flow impact on river water temperatures, Journal of Hydraulic Research. 38 (5). 339-349.
19. Tæubert J.-E., El-Nobi G., Geist J. 2014. Effects of water temperature on the larval parasitic stage of the thick-shelled river mussel (*Unio crassus*). Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 24 (2). 231-237.
20. Torgersen C.E., Faux R.N., McIntosh B.A., Poage N.J., Norton D.J. 2001. Airborne thermal remote sensing for water temperature assessment in rivers and streams. Remote Sensing of Environment. 76 (3). 386-698.
21. Webb B.W., Nobilis F. 2007. Long-term changes in river temperature and the influence of climatic and hydrological factors. Hydrological Sciences Journal. 52 (1). 74-85.
22. Wiejaczka Ł. 2006-2007. Relacje pomiędzy temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza (na przykładzie rzeki Ropy). Folia Geographica. Series Geographica-Physica. 37-38. 95-105.
23. Wiejaczka Ł. 2007. Dobowy cykl temperatury wody w rzece Ropie poniżej zbiornika retencyjnego w Klimkówce. Monitoring Środowiska Przyrodniczego. 8. 91-98.
24. Xin Z., Kinouchi T. 2013. Analysis of stream temperature and heat budget in an urban river under strong anthropogenic influences. Journal of Hydrology. 489. 16-25.

CHANGES IN WATER TEMPERATURE AND ICE PHENOMENA IN THE NER RIVER (CENTRAL POLAND) IN THE YEARS 1965-2014

Summary

The paper presents long-term changes in water temperature and ice conditions in the Ner River located in Central Poland. A considerable increase in water temperature has been determined over the last fifty years, amounting to $0.24\text{ }^{\circ}\text{C dek}^{-1}$. The increase was statistically significant at a level of $p=0.05$. In the monthly scale, the highest increase in temperature was recorded in July ($0.37\text{ }^{\circ}\text{C dek}^{-1}$), April ($0.35\text{ }^{\circ}\text{C dek}^{-1}$), and December and January ($0.34\text{ }^{\circ}\text{C dek}^{-1}$). In two cases (September and October), a slight negative tendency was recorded, although it was not statistically significant. In reference to the terms of appearance of ice phenomena, a delay by 1.9 day-dek^{-1} was determined in the analysed period. The cessation of ice phenomena showed a negative tendency – they ceased earlier by 2.5 day-dek^{-1} . Due to this, the persistence of ice phenomena was reduced. The recorded changes are a result of an increase in air temperature and anthropopressure.

Key words: water temperature, ice phenomena, rivers, climate change, anthropopressure