

**Jan Łukaszewicz**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
Poznań  
janluk@amu.edu.pl

## **PRZEBIEG ZJAWISK LODOWYCH NA RZECE SŁUPI W LATACH 1960-2013**

### **THE PROCESS OF THE ICE PHENOMENON ON THE SŁUPIA RIVER IN 1960-2013**

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono przebieg oraz zmienność form zjawisk lodowych na rzece Słupi na podstawie danych ze stacji wodowskazowej w Słupsku w okresie od 1960 do 2013 roku. Praca ma na celu scharakteryzowanie i przeanalizowanie przebiegu zjawisk lodowych na tle zmian temperatury powietrza w pasie Pobrzeży Południowobałtyckich. Zostały w niej przedstawione i opisane czas pojawienia się zjawisk lodowych (daty zamarzania rzeki), czas trwania pokrywy lodowej na Słupi oraz daty topnienia (zanikania) pokrywy lodowej (data i czas trwania odwilży), a także struktura i rodzaj lodu, jaki występował w poszczególnych fazach, czyli w fazie zamarzania, trwania i topnienia lodu na badanej rzece. W analizowanym okresie najdłuższy czas (liczba dni) występowania zjawisk lodowych przypada na rok 1963 i wynosi 79 dni, a najkrótszy na rok 1999 i wynosi 2 dni. Najwcześniejszy termin pojawienia się zjawiska lodowego przypada na 1.12.1994, a zanik lodu na 15.03.1962. Pierwszą dominującą formą lodu pojawiającą się na badanej rzece jest śryż i lód brzegowy, czyli główną formę stanowi lód prądowy. W całym analizowanym okresie zimowym (53 lata) przez 14 zim nie zaobserwowano zjawisk lodowych.

**Słowa kluczowe:** rzeka Słupia, zjawiska lodowe, zmiany temperatury

**Key words:** Słupia River, ice phenomena, variability temperature

#### **Wprowadzenie**

W okresie zimowym w sprzyjających warunkach pogodowych na rzekach powstaje pokrywa lodowa. Intensywność występowania i rodzaj zjawiska lodowego pojawiającego się na rzece zależy szczególnie od warunków termicznych panujących w dolinie rzecznej, czyli od przebiegu temperatury powietrza, jak i od przebiegu temperatury wody, której rozkład jest kształtowany przez temperaturę powietrza.

Zasięg pokrywy lodowej na rzece nie ma ciągłego charakteru. Jest on zróżnicowany z powodu wielu czynników. W sezonie zimowym można zaobserwować krótsze lub dłuższe okresy występowania rozmaitych typów zjawisk lodowych, które mogą pojawiać się oddzielnie lub jednocześnie. Jest to związane nie tylko z panującymi warunkami pogodowymi, ale także z charakterem samej rzeki, jej położeniem geograficznym, geomorfologią doliny rzecznej, jak i budową samego koryta oraz z przekształceniami antropogenicznymi.

Niezbędny warunek dla powstania zjawisk lodowych na rzece stanowi spadek temperatury powietrza poniżej 0°C, co bezpośrednio powoduje utratę ciepła z mas wody. Ważne jest także zmniejszenie prędkości wody w rzece (utrata burzliwego przepływu) oraz występowanie chłodnych mas wody przy dużym udziale zawiesin (zwłaszcza zawiesin mineralnych), których cząstki stają się jądrami kondensacji (Lambor 1948, 1959). Początkowe formy lodu, pojawiające się zazwyczaj w pierwszej fazie zlodzenia rzeki, to lód denny i śryż, potocznie nazywany lodem prądowym (Dobrowolski 1923).

Lód denny w zależności od charakteru rzeki może występować w postaci powłoki o zbitej strukturze, pokrywającej dno nierównomiernie, lub w postaci gąbczasto-krzaczystych narośli, usytuowanych zazwyczaj w miejscach, w których ruch wody jest mniej burzliwy (Dobrowolski 1923, Gołek 1964). Należy jednak podkreślić, że pojawienie się lodu dennego nie stanowi powszechnego zjawiska i zależy ono od warunków atmosferycznych oraz charakteru litologicznego rzeki (Gołek 1964).

Z chwilą powstania lodu dennego na skutek emisji cieplnej, szczególnie intensywnej w czasie bezchmurnych nocy, następuje oblodzenie zawiesin w całej masie wód płynących, w efekcie czego tworzą się kryształki lodu o różnych rozmiarach i kształtach. Masa kryształków, bez względu na stopień jej zawartości, stanowi właściwy śryż, który jest początkowym stadium powstawania pokrywy lodowej. Gdy lód denny na skutek ruchu wody względnie jej wyporu zostaje oderwany od dna i płynie równocześnie ze śryżem, obserwuje się zjawisko zwane pochodem lodu prądowego (Gołek 1964). Bardzo często lód denny może zablokować przekrój poprzeczny koryta, tworząc lód denny zaporowy (Mikulski 1965).

Śryż i lód prądowy są genetycznie różnymi formami, potocznie jednak lód prądowy nazywany jest śryżem (Gołek 1964). Lód prądowy płynie w postaci krążków o różnej wielkości. W pierwszej fazie stanowią one luźną masę kryształków lodowych, jednak z czasem zaczynają tworzyć zbitą masę lodu. Proces ten rozwija się stopniowo w dwóch kierunkach: pionowym (pogrubienie warstwy lodu) i poziomym (w kierunku środka rzeki). W początkowej fazie zachodzi on wzdłuż brzegów stanowiących granicę lodu. Jest to spowodowane zmniejszoną prędkością przepływu wody, także tarciem mas wody o dno i brzegi koryta rzecznej (Mikulski 1965). Następujące z upływem czasu częściowe zamarznięcie rzeki wpływa na zmianę warunków przepływu.

Częściowe zamarznięcie rzeki pojawia się z następstwem lodu brzegowego, a kończy z chwilą całkowitego zamarznięcia rzeki (Gołek 1964). Wzrost pokrywy lodowej odbywa się przez krystalizację wody, która jest w bezpośrednim kontakcie z lodem. Ostatni etap stanowi zanik pokrywy lodowej związany z topnieniem i rozpadem pokrywy lodowej na skutek wzrostu temperatury powietrza i wody. Zjawisku temu

towarzyszy łamanie się lodu i powstawanie dryfującej kry. W miejscach zbiegu rzek lub tam, gdzie występuje jakaś przeszkoda typu naturalnego lub antropogenicznego, gromadzą się duże ilości lodu (kry, śryżu), co w konsekwencji może prowadzić do powstania zjawiska powodzi typu zatorowego (Mikulski 1965).

Różnice w występowaniu i czasie trwania zjawisk lodowych wynikają z położenia geograficznego rzeki oraz z warunków hydrologicznych i klimatycznych. W warunkach klimatycznych Polski intensywność zamarzania rzek i czas trwania pokrywy lodowej wykazują zazwyczaj dużą zmienność.

Zamarzanie rzeki wpływa na zmianę charakterystyki hydrologicznej (zmiana stanu wody i jej przepływu) oraz odpływu, który ma także znaczące oddziaływanie na ekosystem rzeki. Analiza długich ciągów obserwacji zjawisk lodowych wykazała, że są one nie do końca poznany indykatorem zachodzących zmian klimatu (Magnuson i in. 2000). Szeroki zakres oddziaływania zjawisk lodowych na ekosystem rzeki oraz infrastrukturę (techniczną i komunikacyjną), a także ich wpływ na zmianę reżimu hydrologicznego stał się przyczyną dużej liczby badań przeprowadzanych w tym zakresie, opisywanych w toku wieloaspektowych studiów poświęconych zagadnieniom występowania zjawisk na rzekach w Polsce: Słowikowski (1892), Dobrowolski (1923), Zubrzycki (1927), Łomniewski (1935), Paczoska (1938), Lambor (1948, 1959), Wokroj (1954), Gołek (1957, 1964), Kolberg (1861), Wiśniewski (1975), Karabon (1980), Majewski (1985, 1987, 2009), Grześ (1991, 1999), Grześ, Pawłowski (2006), Pawłowski (2008a, b), Pawłowski, Sobota (2012).

## **Cele i metodyka badań**

Podstawowym celem przeprowadzonych badań jest przedstawienie przebiegu i zmienności zjawisk lodowych na Słupi na tle zmian temperatury powietrza w okresie od 1960 do 2013 roku, a także wskazanie czynników, które mogą wpływać na pojawianie się na rzece tych zjawisk.

W analizach przebiegu oraz zmienności zjawisk lodowych na Słupi wykorzystano dane IMiGW-PIB dotyczące dat wystąpienia i rodzaju zjawisk lodowych na tej rzece zaobserwowanych na stacji wodowskazowej Słupsk w okresie 1960-2013. Zależność między zmianą temperatury powietrza a pojawieniem się zjawiska lodowego przedstawiono na podstawie danych ze stacji wodowskazowej w Słupsku i stacji meteorologicznej w Ustce.

Charakterystyka zjawisk lodowych obejmuje pierwszy i ostatni termin wystąpienia danej postaci lodu i czas trwania zjawiska lodowego konkretnego rodzaju: śryż, lód brzegowy i śryż, lód brzegowy, lód brzegowy i kra, śryż i kra, pokrywa lodowa, kra, zator śryżowy. Pozwoliło to na ustalenie częstości (liczba dni) zjawisk lodowych w każdym roku analizowanego okresu, najczęściej zanotowanego typu (formy) zjawiska lodowego oraz terminu zamarzania rzeki (pojawienia się zjawisk lodowych) i zaniku lodu na rzece. Dodatkowo w analizach wykorzystano wyniki pomiarów temperatury powietrza z 12 stacji meteorologicznych IMiGW-PIB, zlokalizowanych w pasie Pobrzeży Południowobałtyckich (w Ustce, Słupsku, Rozewiu, Resku, Łebie, Lęborku, Koszalinie, Kołobrzegu, Helu, Gdyni, Gdańsku i Darłowie).

Obserwacje zjawisk lodowych na rzekach w Polsce prowadzone są zwykle równocześnie z pomiarami stanów wody na posterunkach wodowskazowych. Do roku 1983 IMiGW-PIB stosował następujący podział na formy (rodzaje) zjawisk lodowych obserwowanych na rzekach: śryż, lód brzegowy, kra, pokrywa lodowa i częściowe zamarznięcie rzeki, do którego można wliczyć jednoczesne występowanie lodu brzegowego i śryżu lub lodu brzegowego i kry albo zatoru lodowego czy też zatoru śryżowego. Od 1983 roku IMiGW-PIB stosuje nowy, bardziej szczegółowy podział, który obejmuje następujące rodzaje zjawisk lodowych: 1 – śryż, 2 – kra, 3 – lód brzegowy, 4 – pokrywa lodowa, 5 – zator lodowy, 6 – lód brzegowy i śryż, 7 – lód brzegowy i kra, 8 – śryż i kra, 9 – zator śryżowy. Okres zimy w pracy jest przedstawiony w taki sposób, że np. rok 1963 to zima 1962/1963.

## **Obszar badań**

Słupia należy do rzek przymorskich. Od północy zlewnia Słupi graniczy ze zlewnią Bałtyku, od zachodu ze zlewnią Wieprzy, od południa ze zlewnią Brdy, a od wschodu ze zlewnią rzek Łeby i Łupawy (Gerstmannowa, Florek, Konarski 2001). Słupia jest rzeką I rzędu, uchodzi do Bałtyku w Ustce. Zalicza się ją do rzek małych, tzn. takich, których długość nie przekracza 200 km, a powierzchnia dorzecza 10 000 km<sup>2</sup>. Długość Słupi wynosi 138,6 km, a powierzchnia zlewni 1310 km<sup>2</sup>. Źródła tej rzeki znajdują się na Pojezierzu Kaszubskim, na wysokości 178 m n.p.m., w pobliżu Sierakowskiej Huty. Średni spadek Słupi wynosi ok. 1,3 promila. W swoim górnym biegu przepływa ona przez kilka jezior: Tuchlińskie, Pręgożyno, Skrzynia, Trzebocińskie, Gowidlińskie, Węgorzyno i Żukowskie. Środkowy bieg rzeki leży na obszarze Wysoczyzny Polanowskiej, bieg dolny na obszarze Wysoczyzny Damnickiej, Równinie Słupskiej oraz Wybrzeżu Słowińskim (Gerstmannowa, Florek, Konarski 2001). W podziale Polski na regiony fizycznogeograficzne badany obszar znajduje się w pasie Pobrzeży Południowobałtyckich. Stacja wodowskazowa w Słupsku i meteorologiczna w Ustce zlokalizowane są na obszarze Pobrzeża Koszalińskiego (Kondracki 2009). W podziale Polski na regiony klimatyczne badany obszar mieści się w strefie klimatu bałtyckiego (Romer 1949). Na przebieg temperatury powietrza w regionie silny wpływ ma Morze Bałtyckie (Okołowicz, Martin 1979). Obszar ten charakteryzuje się ciepłymi, łagodnymi zimami i chłodnym latem (Woś 1996).

Naturalny charakter doliny Słupi został znacznie przekształcony w wyniku działalności antropogenicznej związanej z regulacją koryta rzeki i pozyskaniem energii wodnej. Środkowy i dolny bieg rzeki poddany został silnej antropopresji. Doprowadziło to do zmiany nie tylko biegu Słupi, ale także jej długości i pierwotnego charakteru na wielu odcinkach. Koryto rzeki uległo przeniesieniu i skróceniu z 157,3 do 138,6 km.

Przekształcenia prowadzące do tak znacznego skrócenia koryta Słupi były wynikiem prac regulacyjnych i melioracyjnych przeprowadzonych przez inżynierów niemieckich oraz budowy systemu hydroenergetycznego ze zbiornikami zaporowymi. Prace regulacyjne w obrębie doliny rozpoczęto już w XVIII wieku. Od 1890 roku objęły one pogłębienie koryt rzecznych, usuwanie pni drzew i piaszczystych

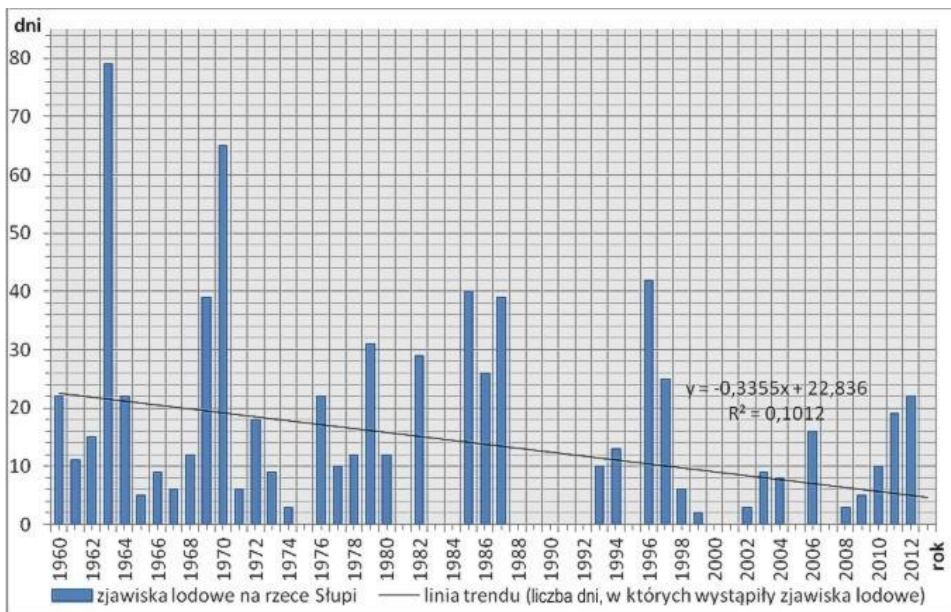
łach, a przede wszystkim likwidację zakoli, umacnianie brzegów oraz budowę kanałów, jazów i zbiorników wodnych. Najważniejsze prace regulacyjne i melioracyjne zaprojektowano na południe od Słupska. Wykonano je w latach 1915-1919 (Gerstmannowa, Zalewski 2001). Do najważniejszych zabiegów można wliczyć odcięcie 50 zakoli rzeki tworzących starorzecza. Następstwem tego działania było uruchomienie silnej erozji bocznej, w wyniku czego przesunięcia koryta w niektórych odcinkach wynoszą nawet 30 m (Gerstmannowa, Zalewski 2001). Te celowe działania przeprowadzone w obrębie doliny Słupi przyczyniły się do takiej modyfikacji, że odtworzenie pierwotnego charakteru rzeki i krajobrazu doliny jest obecnie właściwie niemożliwe. Przekształcenia te, jak każda ingerencja człowieka w środowisko, mają istotny wpływ na występowanie i przebieg zjawisk lodowych na Słupi, co potwierdzają liczne badania prowadzone także na innych rzekach Polski: Majewski (1985), Grześ (1991, 1999), Banach (1994, 2007), Sergeevich (2009), Wiejaczka (2011), Gorączko, Pawłowski (2014).

Zabudowa hydrotechniczna powstała na Słupi w latach 1898-1926 składa się z 5 zespołów, które w znacznym stopniu mogą modyfikować charakterystykę hydrologiczną rzeki. Zespoły te, w skład których wchodzi elektrownie wodne i zbiorniki retencyjne, mają szczególny wpływ na regulację przepływu rzecznoego. Efektem tego może być skrócenie czasu trwania zjawisk lodowych w dolnym biegu rzeki.

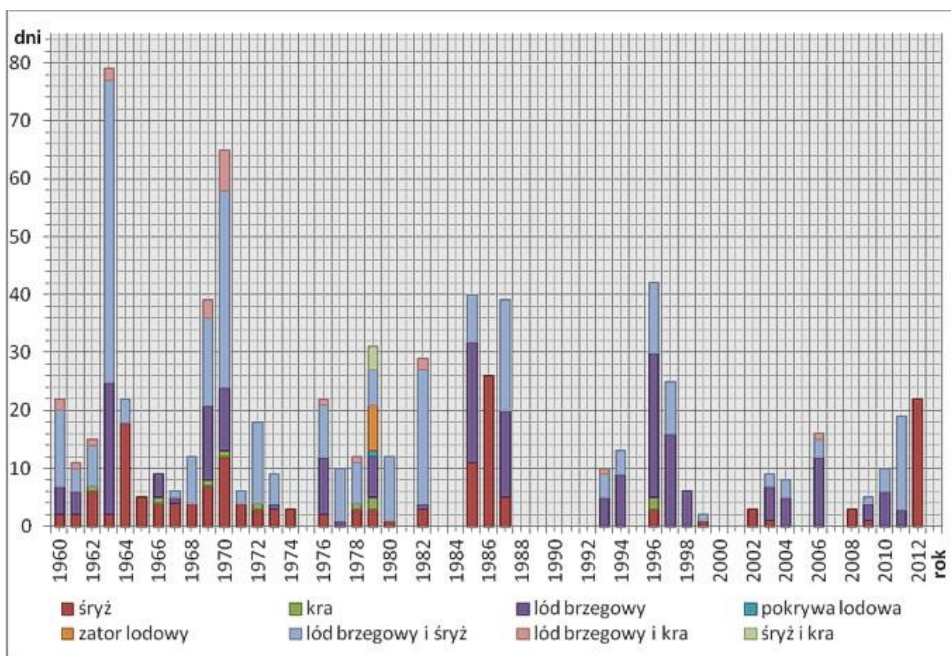
## Wyniki badań

Spośród wszystkich możliwych form lodu na rzece najczęściej pojawiał się lód brzegowy i śryż. Obie te formy występowały jednocześnie przez 310 dni, co stanowi 42% wszystkich zaobserwowanych form w okresie 53 lat. Drugą występującą formą był lód brzegowy – 213 dni (29%). Na trzecim miejscu odnotowywano śryż – 167 dni (23%). Kolejnym zjawiskiem lodowym pojawiającym się na rzece było jednoczesne wystąpienie lodu brzegowego i kry – 22 dni (3%). Sama kra lodowa pojawiała się przez 10 dni (1%). Zator lodowy występował przez 8 dni (1%), a śryż i kra lodowa jednocześnie przez 4 dni (1%). Ostatnim zjawiskiem lodowym odnotowanym na Słupi jest stała pokrywa lodowa, która w całym badanym okresie była zaobserwowana tylko jeden raz (1 dzień), co stanowi ułamek procenta. Pozostałych form zjawisk lodowych, takich jak zator śryżowy, nie zaobserwowano na tej rzece. Największa liczba dni ze zjawiskami lodowymi odnotowanymi na Słupi przypada na rok 1963 i wynosi 79 dni, zaś najmniejsza na rok 1999 i wynosi 2 dni. W całym badanym okresie (53 lata) przez 14 lat (26%) nie odnotowano żadnego zjawiska lodowego na tej rzece. W pozostałych latach (74%) zjawiska lodowe pojawiały się (ryc. 1, 2).

Największa liczba dni, w których zaobserwowano zjawiska lodowe w badanym okresie 53 lat, przypada na styczeń – 342 dni (47%). Kolejnym miesiącem jest luty – 224 dni (30%), po nim grudzień – 134 dni (18%) i marzec – 32 dni (4%), (ryc. 3). Warto odnotować, że zjawiska lodowe nie pojawiają się na rzece we wszystkich miesiącach chłodnej (zimnej) pory roku XI-IV. Przykładowo, zarejestrowano brak zjawisk w listopadzie i kwietniu, co mogło być spowodowane specyfiką warunków



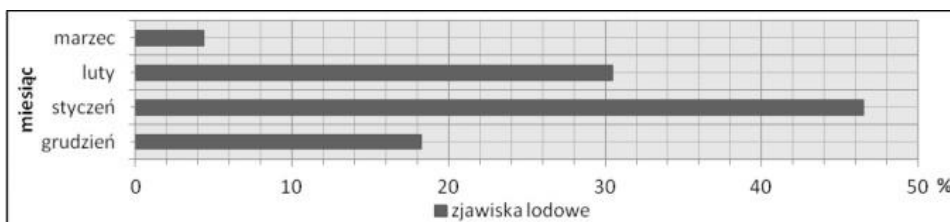
Ryc. 1. Liczba dni ze zjawiskami lodowymi na Słupii w latach 1960-2013  
 Ryc. 1. The number of the days with the ice phenomena on the Słupia River



Ryc. 2. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na Słupii w latach 1960-2013  
 Ryc. 2. The number of the days with the specific type of the ice phenomena on the Słupia River

termicznych panujących w obrębie badanego obszaru. Stacja, na której prowadzono obserwacje zjawisk lodowych, położona jest w strefie Pobrzeża Bałtyckiego, którego termiczne oddziaływanie ma istotny wpływ na wydłużenie oraz przesunięcie się okresów trwania przejściowych pór roku (później się zaczynają i później kończą), natomiast zarówno lato, jak i zima trwają stosunkowo krótko. Z tego powodu notuje się wolniejszy spadek temperatury powietrza w regionie niż na pozostałych stacjach meteorologicznych (Baranowski 2008a, b).

Obecność morza warunkuje mniejsze wartości dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza oraz mniejsze wahania rozkładu temperatury, głównie latem i zimą. Nad morzem zimy są mniej mroźne niż w pozostałej części kraju, a wiosny chłodniejsze niż jesienie (Woś 1996). Opisane tendencje przebiegu temperatury powietrza i wpływu Morza Bałtyckiego na region w znacznym stopniu mogą wpływać na przebieg i charakter oraz rozkład zjawisk lodowych na rzece. Wpływ ten odzwierciedla procentowy rozkład zjawisk w poszczególnych miesiącach okresu zimowego (ryc. 3). Średni roczny przebieg temperatury powietrza także może wpływać na liczbę dni, w których pojawiają się zjawiska lodowe na rzece oraz ich rodzaj (ryc. 2, 4).

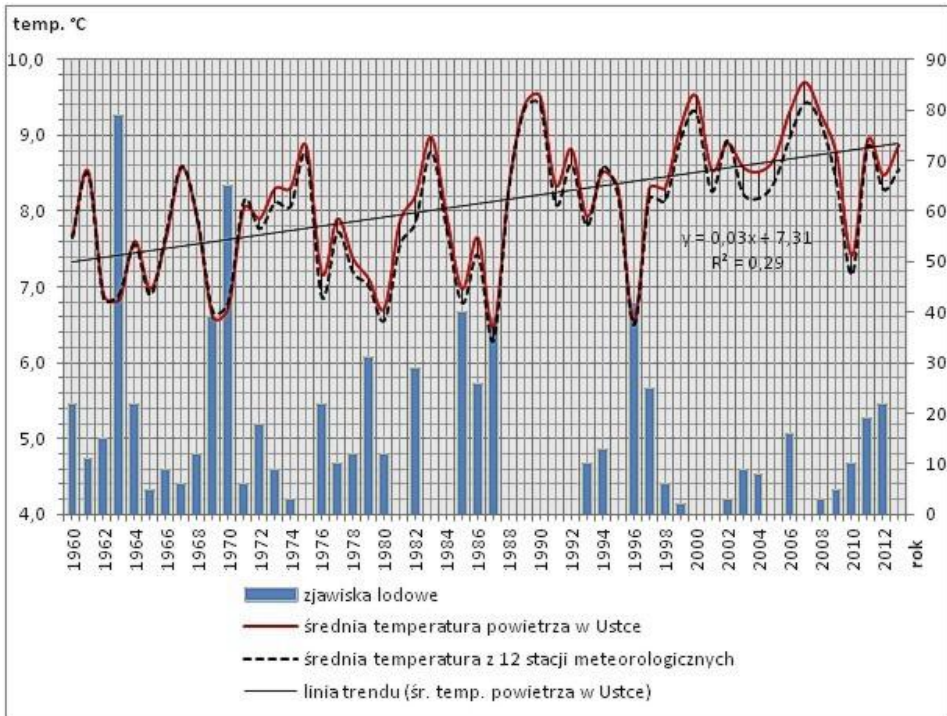


Ryc. 3. Intensywność zjawisk lodowych na Słupi w poszczególnych miesiącach okresu zimowego 1960-2013 [%]

Ryc. 3. The intensity of the ice phenomena on the Słupia River during the winters months in 1960-2013

W grudniu najczęściej odnotowywanymi formami zjawisk lodowych na rzece były: lód brzegowy i śryż – 73 dni (54%), po nim lód brzegowy – 39 dni (29%), a następnie sam śryż, utrzymujący się 17 dni (13%). Kolejnym zjawiskiem było jednoczesne pojawienie się lodu brzegowego i kry – 3 dni (2%) oraz samej kry, która występowała przez 1 dzień (1%). Grudzień był jedynym miesiącem, w którym można było zaobserwować na Słupi stałą pokrywę lodową. Wystąpiła ona tylko jeden raz (1 dzień) w 1979 roku.

W styczniu zaobserwowano najwięcej zjawisk lodowych na badanej rzece. Były one najbardziej zróżnicowane – zdołano odnotować aż siedem form (typów) lodu. Styczeń to jedyny miesiąc, w którym wystąpiło zjawisko zatoru lodowego. Rozkład zjawisk lodowych na Słupi w styczniu przedstawia się następująco: lód brzegowy i śryż 166 dni (48%), lód brzegowy 113 dni (33%), śryż 38 dni (11%), lód brzegowy i kra 11 dni (3%), zator lodowy 8 dni (2%), śryż i kra 4 dni (1%), kra 3 dni (1%) (ryc. 6). W 1963 roku zjawiska lodowe obserwowano przez cały styczeń i luty (ryc. 5, 6). Kolejne lata z tak dużą odnotowaną liczbą dni, w których wystąpiły zja-

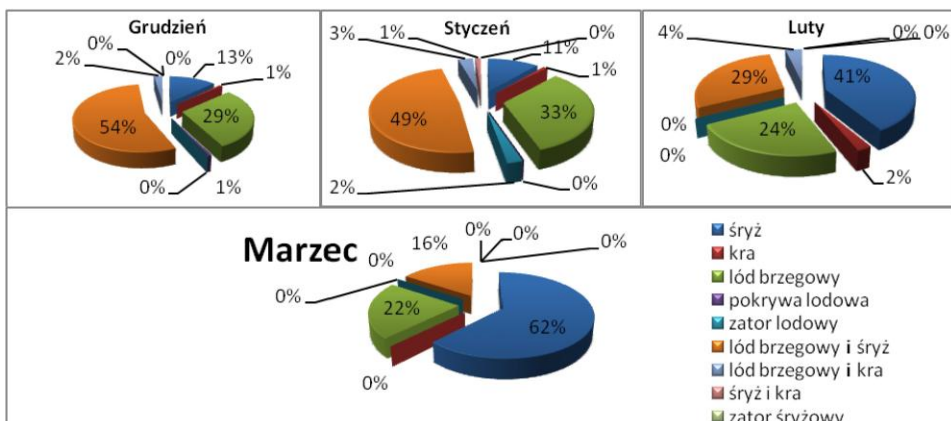


Ryc. 4. Liczba dni ze zjawiskami lodowymi na Słupi w latach 1960-2013 na tle zmian średniej rocznej temperatury powietrza w Ustce i na Pomorzu

Ryc. 4. The number of days with the ice phenomena on the Słupia River in 1960-2013 against changes in average annual air temp. in Ustka and Pomerania

wiska lodowe, to rok 1969, 1970, 1979, 1985, 1987, 1996 i 2006. Drugim najbardziej zróżnicowanym pod względem form lodowych miesiącem jest luty (5 typów lodu na rzece). Zaraz po styczniu odnotowano w nim najwięcej dni ze zjawiskami lodowymi na rzece. Rozkład tych zjawisk przedstawia się następująco: śrżyż 93 dni (41%), lód brzegowy i śrżyż 65 dni (29%), lód brzegowy 53 dni (24%), lód brzegowy i kra 8 dni (4%), kra 5 dni (2%). Zjawiska lodowe na Słupi odnotowywano także w marcu. Jest to miesiąc z najmniejszą liczbą dni, w których zaobserwowano zjawiska lodowe, a ich typy są najmniej zróżnicowane, choćby ze względu na to, że wystąpiły tylko 3 formy: śrżyż – 20 dni (61%), lód brzegowy – 7 dni (21%), lód brzegowy i śrżyż – 5 dni (15%).

Najszybciej pojawiającą się formą lodową na rzece było jednoczesne wystąpienie lodu brzegowego i śrżyżu. W latach 1960-1994 pojawiał się on już w pierwszej połowie grudnia. Przykładowo, w 1994 roku lód brzegowy i śrżyż wystąpił 1 grudnia, a w 1960 roku 6 grudnia. W latach 1995-2013 zjawiska lodowe pojawiały się dopiero w drugiej połowie grudnia, najwcześniej 17 dnia miesiąca (ryc. 6). W styczniu zjawiska bardzo często odnotowano już pierwszego dnia miesiąca (w latach 1962, 1963, 1969, 1970, 1973, 1977, 1979, 1993, 1996 i 1997). Było to konsekwencją po-



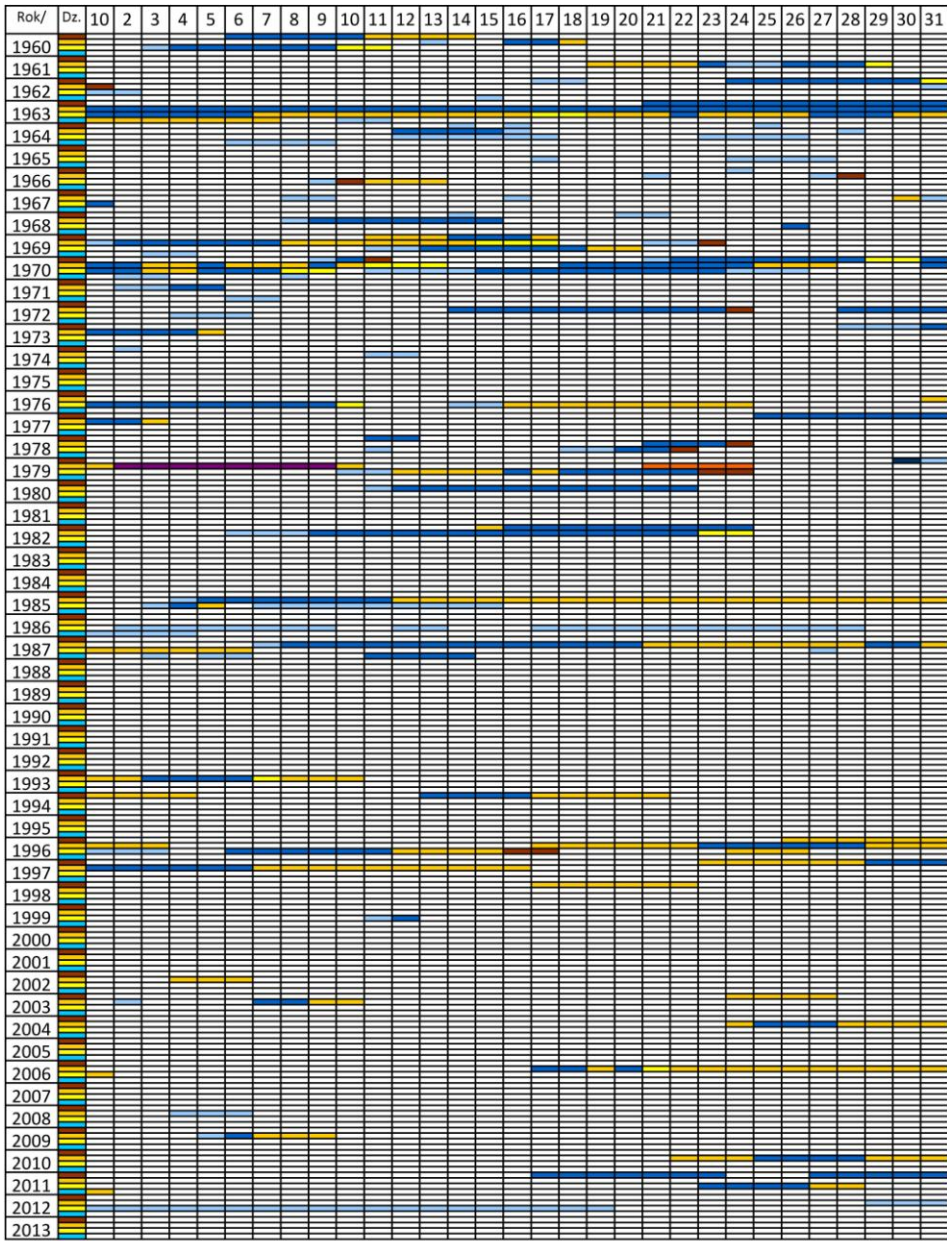
Ryc. 5. Rozkład zjawisk lodowych na Słupi w miesiącach [%]

Ryc. 5. The monthly collocation of the ice phenomena on the Słupia River

jawienia się zjawisk lodowych w grudniu i ich przedłużeniem. Luty jest miesiącem, w którym w przeważającej liczbie lat zjawiska lodowe się kończą. Lód ustępuje głównie w drugiej połowie tego miesiąca, bardzo często w ostatnim tygodniu. Taka sytuacja zaszła w latach 1963, 1964, 1965, 1968, 1970, 1986, 1996 i 2012. Dominującą formę zlodzenia w lutym stanowi śryż, ale pojawia się także lód brzegowy i kra. Spływ kry lodowej w lutym jest najdłuższy pod względem liczby dni w stosunku do pozostałych miesięcy. Drugi miesiąc, w którym obserwuje się spływ kry lodowej, stanowi styczeń. Zjawisko to występuje także w grudniu, ale jest znikome. Zjawiska lodowe obserwowane na rzece w latach, w których odnotowywano najniższe średnie roczne temperatury powietrza, ustępowały dopiero w marcu (w pierwszej połowie miesiąca), w latach 1963, 1964, 1969, 1970, 1986, 1987 i 2011 (ryc. 6).

Po roku 1995 zjawiska lodowe pojawiają się na rzece w coraz późniejszym okresie, a zanik różnych form lodu następuje szybciej niż w pierwszych dekadach badanego okresu (ryc. 6). Istotny wpływ na taki stan rzeczy ma znaczny wzrost temperatury powietrza odnotowywany w ostatnich dziesięcioleciach omawianego okresu. Największy wzrost temperatury powietrza przypada na rok 1988 (ryc. 4). Odnotowany wzrost temperatury powietrza może całkowicie lub w znacznym stopniu ograniczać powstawanie zjawisk lodowych na rzece, a także skracać czas ich występowania. Szczególnie widoczne to jest przy obecności stałej pokrywy lodowej na rzece i zatoru lodowego. Po roku 1988 nie odnotowuje się występowania tych form zlodzenia na Słupi. Wzrost temperatury powietrza, ograniczający przebieg zjawisk lodowych na rzece, potwierdzają liczne badania i opracowania klimatyczne. Szczególnie widoczne są zmiany termiczne w okresie zimy (Kirschenstein, Baranowski 2009).

Na przebieg i charakter zjawisk lodowych oddziałują nie tylko specyficzne warunki klimatyczne, zależne od rozkładu i przebiegu temperatury powietrza, choć należy podkreślić, że jest to jeden z głównych czynników, co znajduje odzwierciedlenie w przeprowadzonych badaniach. Znaczący wpływ ma także sposób zasilania



legenda

Grudzień	Śryż	Zator lodowy
Styczeń	Kra	Lód brzegowy i śryż
Luty	Lód brzegowy	Lód brzegowy i kra
marzec	Pokrywa lodowa	Śryż i kra

Ryc. 6. Rozkład i typy zjawisk lodowych na Słupii w Słupsku w dniach  
 Ryc. 6. The collocation and the types of the ice phenomena on the Słupia River in Słupsk during the days

rzeki i działalność antropogeniczna prowadzona w obszarze doliny rzecznej. Rzeki takie jak Słupia, położone w pasie Pobrzeży Południowobałtyckich, tzw. rzeki Przymorza, charakteryzują się zdecydowaną przewagą podziemnego typu zasilania (70-75%) nad zasilaniem powierzchniowym (Orsztynowicz 1973, Paszczyk 1975, Bogdanowicz 2009). W przypadku Słupi zasilanie odpływu całkowitego wodami podziemnymi wynosi nawet 80%. Istotne jest też zasilanie wodami podziemnymi z głębszych poziomów wodonośnych. Dla Słupi wynosi ono nawet 60% (Wrzesiński, Brychczyński 2014). Czynnikiem ten w znacznym stopniu może wpływać na pojawianie się i przebieg zjawisk lodowych w okresie zimowym. Zasilane wody w rzece względnie ciepłymi wodami podziemnymi może ograniczać powstawanie tych zjawisk.

## Dyskusja i podsumowanie

Głównym czynnikiem kształtującym przebieg oraz wpływającym na czas trwania i formę, a także intensywność występowania zjawisk lodowych na rzece jest temperatura powietrza, która warunkuje zmiany przebiegu temperatury wody i jej zamarzania.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost temperatury powietrza w strefie brzegowej Bałtyku, jak i w najbliższym rejonie Słupska. Badania J. Filipiaka (2004) potwierdzają, że w drugiej połowie XX wieku na obszarze Pomorza wystąpił dodatni trend temperatury powietrza, m.in. w sezonie zimowym. Podobne wyniki otrzymał też K. Kożuchowski (2011, *Pory roku w Polsce...*), który analizując przebieg temperatury powietrza na obszarze Polski w latach 1959-1968 i 1989-1998 wykazał, że nastąpiło złagodzenie zimy, świadczące o rozwoju oceanizmu klimatycznego. Badania przeprowadzone przez M. Kirschenstein i D. Baranowskiego (2009), a także M. Kirschenstein i J. Łukaszewicza (2014) również potwierdzają w latach 1950-2007 przyrost temperatury powietrza zimą o 2,1°C w Koszalinie, a więc w najbliższym sąsiedztwie badanego obszaru. Wyraźny wzrost temperatury powietrza odnotowano też na stacji meteorologicznej w Ustce (ryc. 4). Wzrost ten w znacznym stopniu przyczynia się do ograniczenia występowania oraz do skrócenia czasu trwania zjawisk lodowych na Słupi (ryc. 1, 2, 4). Wyniki uzyskane w pracy pokrywają się z wynikami innych autorów, którzy prowadzili podobne badania na obszarze Polski. M. Kornaś (2014) wykazała, że na Warcie w Poznaniu także obserwuje się tendencję spadkową w czasie trwania zjawisk lodowych wywołaną wzrostem temperatury powietrza w ostatnich dekadach. Podobne wyniki otrzymał M. Gorączko (2013) badając przebieg i zmienność zjawisk lodowych w rejonie Bydgoszczy oraz M. Gorączko i B. Pawłowski (2014) badając przebieg zjawisk lodowych na Warcie w rejonie Uniejowa.

Na Słupi także obserwuje się wyraźny trend spadkowy w liczbie dni, w których występują zjawiska lodowe, co również jest spowodowane wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza.

Stacja wodowskazowa, w okolicach której prowadzone są obserwacje zjawisk lodowych na Słupi, znajduje się w dolnym biegu rzeki poniżej zbiornika zaporowego. Badania przeprowadzone przez K. Sergeevicha (2009) wykazują, że budowa

zbiorników zaporowych na rzece w znacznym stopniu może wpływać na przebieg i intensywność występowania zjawisk lodowych. W dolnym biegu rzeki poniżej zbiornika zaporowego średniej wielkości zjawiska te pojawiają się 5 do 9 dni później, a ustępują 30 do 36 dni wcześniej niż w górnym biegu rzeki i na odcinkach nieuregulowanych. Małe zbiorniki wodne także mają wpływ na pojawianie się zjawisk lodowych. Poniżej tego typu zbiorników zjawiska te zanikają 18-30 dni wcześniej (Sergeevich 2009). Podobne rezultaty otrzymali M. Gorączko i B. Pawłowski (2014) badając przebieg zjawisk lodowych po wybudowaniu zbiornika zaporowego Jeziorsko w rejonie Uniejowa. Wykazali oni, że ów zbiornik zatrzymuje rumowisko i zawiesinę, zaburzając jej przepływ w obrębie koryta rzecznego. Rzeka, tracąc w dolnym biegu materiał rumowiskowy, nie ma naturalnych jąder kondensacji sprzyjających tworzeniu się lodu. Przy tak dużych zmianach koryta wprowadzonych na Słupi zjawiska te powinny być jeszcze bardziej widoczne. Wpływ działalności antropogenicznej na występowanie zjawisk lodowych na tej rzece nie został jeszcze dostatecznie rozpoznany. Wymaga to przeprowadzenia kolejnych badań.

W analizowanym wieloleciu 1960-2013 odnotowano istotne zmiany w przebiegu zjawisk lodowych na Słupi. Przebieg zlodzenia w regionie Słupska jest uzależniony w głównej mierze od czynników meteorologicznych. Zmiany klimatyczne zachodzące w strefie brzegowej Bałtyku, przejawiające się wzrostem temperatury powietrza, w znacznym stopniu przyczyniają się do skrócenia czasu trwania zjawisk lodowych na rzece. Szczególnie widoczne jest to w dwóch ostatnich dekadach. Współcześnie zjawiska lodowe pojawiają się coraz później, a kończą się coraz wcześniej i trwają krócej, średnio o ponad miesiąc niż w przeszłości, przed rokiem 1987. Po roku 1987 nie odnotowuje się zjawisk lodowych w marcu. Wyjątkiem jest rok 2011, w którym przez 1 dzień wystąpił śryż. W procesie zlodzenia rzeki faza wykształcenia pokrywy lodowej stała się zjawiskiem niespotykanym. Wraz ze wzrostem temperatury rodzaj zjawisk lodowych obserwowanych na rzece także ulega zmianie. W późniejszym okresie obserwacji nie odnotowuje się na rzece nie tylko pokrywy lodowej, lecz również kry czy też zatoru lodowego. Pojawiają się jedynie łagodniejsze formy w postaci śryżu i lodu brzegowego. Przeprowadzona analiza dotycząca przebiegu zjawisk lodowych na Słupi wykazała, że w badanym okresie 1960-2013 nie zarejestrowano zjawisk lodowych w latach, w których średnia roczna temperatura powietrza przekroczyła 8,6°C, a w niektórych wypadkach 8,0°C. Wniosek ten może stanowić podstawę do dalszych badań w zakresie wieloletniej tendencji zjawisk lodowych na rzekach w różnych regionach klimatycznych. Potwierdzają to m.in. badania przeprowadzone przez Magnusona i in. (2000). Krótki czas zlodzenia rzeki może być uzależniony także od silnego przekształcenia koryta i znacznego skrócenia jej biegu.

## Literatura

- Banach M., 1994, *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*, Warszawa  
Banach M., 2007, *O zachwianiu procesu ewolucji brzegów zbiornika Włocławek*, Słupskie Prace Geograficzne, 3, s. 95-106

- Baranowski D., 2008a, *Cechy dynamiczne klimatu Polski i ich wpływ na pole temperatury*, Słupsk
- Baranowski D., 2008b, *Warunki klimatyczne Ustki*, Słupskie Prace Geograficzne, 5, s. 101-111
- Bogdanowicz R., 2009, *Zasoby rzek Przymorza i ich zmienność*. W: *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, red. R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda, Gdańsk
- Dobrowolski A.B., 1923, *Historia naturalna lodu*, Warszawa
- Filipiak J., 2004, *Zmienność temperatury powietrza na Wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim w drugiej połowie XX w.*, Warszawa
- Gerstmannowa E., Zalewski W., 2001, *Plan ochrony Parku Krajobrazowego „Dolina Słupi” (PKDS) – synteza ustaleń*. W: *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*, t. 5: *Park Krajobrazowy Dolina Słupi*, red. E. Gerstmannowa, Gdańsk
- Gerstmannowa E., Florek E., Konarski P., 2001, *Walory i zagospodarowanie turystyczne parku*. W: *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*, t. 5: *Park Krajobrazowy Dolina Słupi*, red. E. Gerstmannowa, Gdańsk
- Gołek J., 1957, *Zjawiska lodowe na rzekach polskich*, Warszawa
- Gołek J., 1964, *Złodzenie rzek polskich*, Warszawa
- Gończko M., 2013, *Zmienność przebiegu zjawisk lodowych na Wiśle w rejonie Bydgoszczy*. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.*, 62, s. 382-388
- Gończko M., Pawłowski B., 2014, *Przebieg zjawisk lodowych na Warcie w rejonie Uniejowa*, *Biuletyn Uniejowski*, 3, s. 23-33
- Grześ M., 1991, *Zatory i powódzie zatorowe na dolnej Wiśle – mechanizmy i warunki*, Warszawa
- Grześ M., 1999, *Rola zjawisk lodowych w kształtowaniu koryta dolnej Wisły*, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, Geografia*, 103, s. 113-128
- Grześ M., Pawłowski B., 2006, *Metody identyfikacji zatorowych odcinków rzek*. W: *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii: geografia fizyczna*, red. P. Gierszewski, M.T. Karasiewicz, Warszawa, s. 94-98
- Karabon J., 1980, *Morfogenetyczna działalność wód wezbraniowych związana z zatorami lodowymi w dolinie Wisły Środkowej*, *Przegląd Geologiczny*, 9 (329), s. 512-515
- Kirschenstein M., Baranowski D., 2009, *Wahania roczne i tendencje zmian temperatury powietrza w Koszalinie*, *Słupskie Prace Geograficzne*, 6, s. 167-178
- Кирсхенштейн М.С., Лукашевич Я.Т., 2014, *Экологические проблемы особо охраняемых природных территорий. Характеристика температуры воздуха и атмосферных осадков, а также аномалий температуры и осадков в Кошалине*. W: *Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции Часть II 23-25 апреля 2014 г.*, Брест, s. 119-128
- Kolberg W., 1861, *Wisła, jej bieg, własności i splawność*, t. 2, Warszawa
- Kondracki J., 2009, *Geografia regionalna Polski*, Warszawa
- Kornaś M., 2014, *Ice phenomena in the Warta River in Poznań in 1961-2010*, *Questiones Geographice*, 33 (1), s. 51-59
- Koźuchowski K., 2011, *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*, Warszawa
- Lambor J., 1948, *Geneza lodu prądowego i jego pojawianie się na rzekach środkowoeuropejskich zlewiska Morza Bałtyckiego*, *Wiadomości Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej*, I, 3, Warszawa
- Lambor J., 1959, *Zjawiska lodowe na śródlądowych drogach wodnych w Polsce*, *Prace i Studia Komitetu Gospodarki Wodnej, Prace Hydrologiczne*, II, 1, s. 121-138
- Łomniewski K., 1935, *Zjawiska i okres lodowy w prawym dorzeczu górnej Wisły*, Wejherowo

- Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson D.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, s. 1743-1746
- Majewski W., 1985, *Opory przepływu wywołane pokrywą lodową. W: Powódź zatorowa na Wiśle w rejonie zbiornika „Włocławek” w zimie 1982 r.*, red. W. Majewski, Warszawa, s. 218-225
- Majewski W., 1987, *Wpływ pokrywy lodowej na charakterystykę hydrauliczną zbiorników przepływowych na rzekach nizinnych na przykładzie zbiornika Włocławek*, Gdańsk
- Majewski W., 2009, *Przepływy w korytach otwartych z uwzględnieniem zjawisk lodowych*, Warszawa
- Mikulski Z., 1965, *Zarys hydrografii Polski*, Warszawa
- Okołowicz W., Martyn D., 1979, *Rejony klimatyczne Polski. W: Atlas geograficzny*, Warszawa
- Orsztynowicz J., 1973, *Odptyw podziemny rzek polskich*, Gospodarka Wodna, 5, s. 168-173
- Paczoska Z., 1938, *Zamarzanie rzek w Polsce*, Wiadomości Służby Hydrograficznej, 5, s. 23-41
- Paszczyk J.L., 1975, *Rola wód podziemnych w odplywie rzeczonym i bilansie wodnym Polski*, Lublin
- Pawłowski B., 2008a, *Wieloletnia zmienność przebiegu zjawisk lodowych na Wiśle w Toruniu*, Gospodarka Wodna, 2, s. 49-53
- Pawłowski B., 2008b, *Zmienność geometrii koryta dolnej Wisły w okresie zlodzenia rzeki*, Gospodarka Wodna, 7, s. 276-280
- Pawłowski B., Sobota I., 2012, *Zlodzenie dolnej Wisły powyżej zapory we Włocławku zima 2011 r.*, Gospodarka Wodna, 2, s. 74-77
- Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne*, 2000, red. K. Kożuchowski, Łódź
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*, Wrocław
- Sergeevich K.M., 2009, *The Influence of the river reservoirs of Belarus on hydrological river regime and channel operation processes in the downstream*, УДК 556.53:627.8-33(476)
- Słowikowski J., 1892, *Charakterystyka Wisły i o zjawiskach towarzyszących zamarzaniu rzek*, Pamiętniki Fizjograficzne, 22, s. 181-214
- Wiejaczka Ł., 2011, *Wpływ zbiornika retencyjnego na relacje między temperaturą wody w rzece a temperaturą powietrza*, Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ., 53, s. 183-195
- Wiśniewski B., 1975, *Ochrona przed zlodzeniem i zatorami, przebieg i zakres występowania w Polsce. W: Ochrona przed powodzią*, red. A. Arkuszewski, A. Byczkowski, Warszawa, s. 123-232
- Wokroj J., 1954, *Powódzie zatorowe i walka z nimi*, Gospodarka Wodna, 4, s. 141-142
- Woś A., 1996, *Zarys klimatu Polski*, Poznań
- Wrzesiński D., Brychczyński A., 2014, *Zróznicowanie reżimu odpływu rzek w północno-zachodniej Polsce*, Badania Fizjograficzne, V, Geografia Fizyczna (A65), s. 261-274
- Zubrzycki T., 1927, *Okres lodowy na wodach płynących Polski*, Warszawa

## Summary

This article presents the variability and a changeability of the ice phenomena on the Słupia River based on the data recorded in the water gauge station in Słupsk during the period from 1960 to 2013. The work aims to characterize and analyze the ice phenomena and

risks associated with them occurred in the climate changes on the southern Baltic Seashore zone. This work presents and describes the time when the ice phenomena appeared (the date when the river froze), the duration of the ice covers the river and the date of thaw. There is shown and described the structure and form of the ice cover which appeared during the various phases as the phase of freezing, ice duration and the phase of thaw on the river. The thickness of the ice cap and its variability in time was analyzed too. In the analyzed period the longest time of occurrence the ice phenomena was in 1963 and there were 79 days. The shortest time was in 1999 and there were only 2 days. The earliest appearance of the ice phenomena was on the 1<sup>st</sup> of December in 1994 and the latest date was on the 15<sup>th</sup> of March 1962.

