PRZEGLĄD GEOGRAFICZNY
2014, 86, 1, s. 23-40

Tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951-2010

Trends to changes in ice phenomena in Polish lakes in the years 1951-2010

ADAM CHOIŃSKI, MARIUSZ PTAK
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. A. Mickiewicza, 61-680 Poznań, ul. Dzięgielowa 27
choinski@amu.edu.pl marp114@wp.pl

RAJMUND SKOWRON
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
87-100 Toruń, ul. Lwowska 1; rskowron@umk.pl

Zarys treści. W pracy przedstawiono analizę zmienności zjawisk lodowych dla jezior, opartą na najdłuższych jednorodnych ciągach obserwacyjnych za lata 1951-2010. Z uwagi na wielokrotną reorganizację sieci posterunków obserwacyjnych, dane takie istnieją tylko w odniesieniu do pięciu akwenów: Jamno, Jez. Ostrzyckie, Jeziorak, Jez. Mikołajskie i Jez. Studzieniczne. Ustalono, że łącznie dla wszystkich pięciu jezior w tym okresie nastąpiło skrócenie średniego czasu trwania zjawisk lodowych (o 0,50 dni rok^{-1}) i pokrywy lodowej (o 0,55 dni rok^{-1}) oraz zmniejszenie maksymalnej grubości pokrywy lodowej w sezonie (o 0,21 cm rok^{-1}). Wyniki te są zbieżne z wcześniejszymi pracami na temat przebiegu zjawisk lodowych na jeziorach w krótszych okresach. Analiza przestrzenna zjawisk lodowych wykazała, że czytelny układ mają tylko: maksymalna grubość pokrywy lodowej, stopień trwałości pokrywy lodowej oraz liczba przerw w pokrywie lodowej. Rozkład taki należy wiązać ze wzrastającym oddziaływaniem klimatu kontynentalnego.

Słowa kluczowe: zlodzenie jezior, tendencje zmian, Polska.

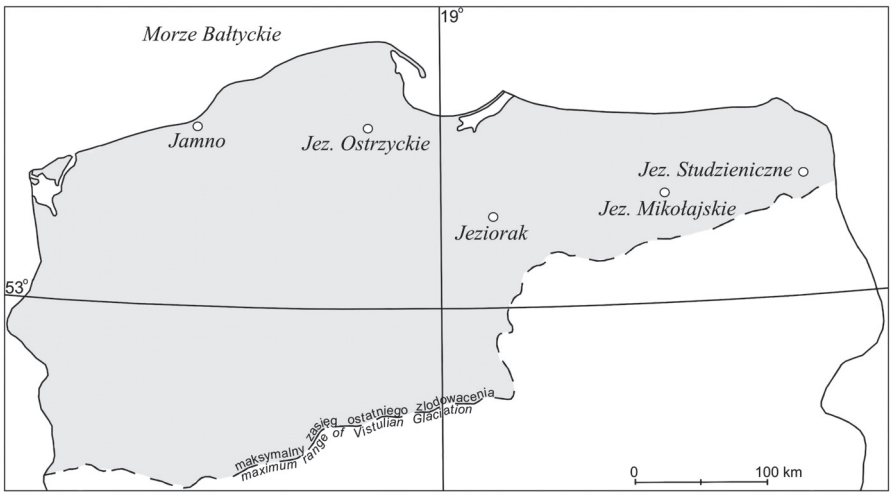
Wprowadzenie

Cechą procesów i zjawisk następujących w środowisku przyrodniczym jest ich zmienność, podyktowana różnymi czynnikami, związanymi zarówno z cyklicznymi procesami naturalnymi, jak i z nasileniem działalności człowieka. Chcąc właściwie interpretować przebieg wielkości opisujących nasze otoczenie, należy więc dysponować danymi z możliwie długiego czasu. O ile podejście badawcze (bazujące na metodyce geologii lub zbioru dyscyplin z „rodziny" paleo-) pozwa-

http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2014.1.2

la, na podstawie rekonstrukcji, cofać się bardzo daleko, o tyle analizy ostatnich stuleci opierają się głównie na danych uzyskanych dzięki bezpośrednim pomiarom i obserwacjom. Na obszarze Polski różnorodne obserwacje terenowe są prowadzone od co najmniej XIX wieku. Jednym z przykładów zbierania informacji o otaczającym nas środowisku były obserwacje lodowe na jeziorach. Jak podaje R. Skowron (2011), prace związane z charakterystyką zlodzenia dotyczyły przede wszystkim grubości pokrywy lodowej, rzadziej początku i końca jej występowania. Pomiary takie były wykonywane na potrzeby zakładów rybackich, jednak materiał ten był rozproszony, niesystematyczny i z tego względu miał małą wartość naukową. Obserwacje zjawisk lodowych były prowadzone w okresie międzywojennym i oczywiście po wojnie, a kontynuowane są do dnia dzisiejszego. Sieć obserwacyjna, podlegająca obecnie Instytutowi Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMiGW), na przestrzeni lat wielokrotnie przechodziła reorganizację. Pochodną tego są stosunkowo nieliczne posterunki z nieprzerwanymi długimi ciągami obserwacyjnymi. W literaturze można znaleźć wiele prac opisujących przebieg zjawisk lodowych jezior i sztucznych zbiorników wodnych w Polsce (Grześ, 1974; Pasławski, 1982; Barańczuk i Marchlewicz, 2003; Skowron, 2003; Girjatowicz, 2004; Marszelewski i Skowron, 2006; Choiński, 2007; Jankowski i inni, 2009; Rzętała i inni, 2009; Skowron, 2009; Sziwa i Jańczak, 2009; Marszelewski i Skowron, 2009; Solarski i inni, 2011; Choiński i Ptak, 2012; Choiński i inni, 2013 a, b, Ptak, 2013), jednak żadna z nich nie porusza tego problemu w odniesieniu do grupy akwenów (stanowiąc podstawę do określenia pewnych ogólnych prawidłowości odpowiadających za taki stan rzeczy) w okresie dłuższym niż pół wieku. Co prawda A. Górniak i M. Pękala (2001) nawiązują do obserwacji prowadzonych na jednym akwenie (jezioro Serwy) w okresie ponad 110 lat (1889-2000), ale analizując natężenie zjawisk lodowych w szerszym ujęciu (dla dziesięciu jezior z północno-wschodniej Polski) wykorzystali 25-letnie serie obserwacyjne (1976-2000). Z kolei D. Borowiak i J. Barańczuk (2004) podjęli się rekonstrukcji zjawisk lodowych Jeziora Górnego Raduńskiego za okres 1825-2004, podstawą takiego modelowania były jednak dane z wielolecia 1961-2003. W świetle powyższego, tj. braku opracowań dotyczących analizy zmienności zjawisk lodowych jezior w okresie dłuższym niż pół wieku, dokonano takiego zestawienia w okresie 60-letnim, dla jezior: Jamno, Ostrzyckie, Jeziorak, Mikołajskie oraz Studzieniczne. Zlokalizowane są one północnej Polsce (ryc. 1).

Uwzględniając fakt, że na terenie kraju znajduje się ponad 7000 jezior o powierzchni równej lub większej od 1 ha (Choiński, 2006) i że prawie wszystkie znajdują się w strefie związanej z ostatnim zlodowaceniem (na południe od linii jego maksymalnego zasięgu zlokalizowane jest zaledwie 4,1% wszystkich jezior), wyniki powyższej analizy można rozszerzyć na zjawiska lodowe w całej Polsce.



Ryc. 1. Lokalizacja badanych jezior
Location of lakes embraced by the monitoring of ice phenomena
Opracowanie własne / Authors' own elaboration.

Celem pracy było przedstawienie czasowego i przestrzennego zróżnicowanie zjawisk lodowych w okresie 1951-2010 oraz określenie tendencji zmian. Cechy morfometryczno-geograficzne jezior zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry geograficzno-morfometryczne badanych jezior
Geographical and morphometric parameters of the lakes studied

Jezioro *Lake*	φ *Latitude* N	λ *Longitude* E	Wysokość (m npm.) *Altitude (m a.s.l.)*	Powierzchnia *Area* (ha)	Objętość (tys.m^3) *Volume (thou.m^3)*	Głębokość średnia *Mean depth* (m)
Jamno	54°26’	16°09’	0,1	2231,5	31 528,0	1,4
Ostrzyckie	54°25’	18°11’	160,1	296,0	20 785,2	6,7
Jeziorak	53°59’	19°55’	99,2	3152,5	141 594,2	4,1
Mikołajskie	53°80’	21°56’	115,7	424,0	55 739,7	11,2
Studzieniczne	53°86’	23°09’	123,4	244,0	22 073,6	8,7

Źródło / Source: *Katalog jezior Polski* (2006), *Atlas jezior Polski* (1997, 1999).

Materiały i metody

Obserwacje zjawisk lodowych prowadzone były w okresie powojennym przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny (PIHM), a następnie IMiGW i obejmowały (i obejmują) kilka charakterystycznych cech tego zjawiska. Notowane są terminy pojawienia się zjawisk lodowych (obecność lodu w wodzie w dowolnej postaci: lód brzegowy, śryż), pojawienia się pokrywy lodowej, jej rozpadu oraz zaniku zjawisk lodowych. Ponadto w cyklu pięciodniowym mierzona jest przez obserwatorów grubość pokrywy lodowej. W pracy wykorzystano informacje dotyczące charakterystyk zlodzenia, znajdujące się w archiwum IMiGW w Warszawie, w Rocznikach Hydrologicznych Wód Powierzchniowych oraz w Centralnej Bazie Danych Hydrologicznych IMiGW. Warto podkreślić, że są to jedyne tak długie, a zarazem ciągłe dane (przerwy są wynikiem braku zjawisk lodowych, a nie braku obserwacji), dotyczące jezior w Polsce.

Oprócz wielkości notowanych przez IMiGW, rozpatrzono rozkład liczby przerw w pokrywie lodowej, stopień trwałości pokrywy lodowej (rozumiany jako iloraz sumy dni z pokrywą lodową w sezonie zimowym i liczby dni między pierwszą i ostatnią datą z pokrywą lodową w sezonie zimowym) oraz % udział pokrywy lodowej w przebiegu zjawisk lodowych (liczba dni z pokrywą lodową w stosunku do liczby dni ze zjawiskami lodowymi). Obok analizy całego wielolecia pokazano zmiany poszczególnych cech zlodzenia w układzie dekadowym. Wyznaczono zarówno średnie dla omawianego 60-lecia, jak i trendy zmian parametrów dla każdego jeziora. Wykorzystano oprogramowanie Microsoft Excel, natomiast istotność statystyczną określono na podstawie wytycznych zawartych w pracy *Teoria pomiarów* (1981).

Rezultaty i dyskusja

W tabeli 2 zestawiono średnie wartości cech zlodzenia analizowanych jezior. Wynika z nich, że zjawiska lodowe mają początek między 6 grudnia (Jeziorak) i 26 grudnia (Jez. Ostrzyckie), natomiast pokrywa lodowa od 5 do 14 dni później. Daty ich końca przypadały przeciętnie między 28 lutego i 30 marca (pokrywa lodowa) oraz 8 marca i 4 kwietnia (zjawiska lodowe).

Jak wynika z danych zawartych poniżej, średnie z okresu 1951-2010 mają czytelny rozkład takich cech jak: maksymalna grubość pokrywy lodowej, stopień trwałości pokrywy lodowej oraz liczba przerw w pokrywie lodowej. Następuje bowiem – w przypadku dwóch pierwszych – wzrost wartości wraz z przesuwaniem się z zachodu na wschód. W tym samym kierunku maleje liczba przerw w pokrywie lodowej.

Jeśli chodzi o początek i koniec pojawiania się zjawisk lodowych, pokrywy lodowej oraz długość jej zalegania, nie stwierdzono żadnych przestrzennych

prawidłowości. O przebiegu tych charakterystyk decydują w pierwszej kolejności indywidualne cechy akwenów – np. wcześniejsze terminy tworzenia zjawisk lodowych i pokrywy lodowej obserwowane są w jeziorze Jeziorak, a nie położonych dalej na wschód Jeziorach Mikołajskim i Studzienicznym. Powyższą sytu-

Tabela 2. Średnie wartości parametrów zlodzenia w okresie 1951-2010
Mean values for parameters describing ice phenology in the period 1951-2010

Jezioro *Lake*	Początek *Beginning*		Koniec *End*		Długość zalegania *Duration*		Maksymalna grubość pokrywy lodowej (cm) *Maximum thickness of ice cover* (cm)	Liczba przerw w pokrywie lodowej *Duration of ice cover divided by total period of phenomena*	Stopień trwałości pokrywy lodowej (%) *Degree of durability of ice cover*	Procentowy udział pokrywy lodowej w przebiegu zjawisk lodowych (%) *Mean share of ice cover in duration of ice phenomena*
	zjawisk lodowych / *of ice phenomena*	pokrywy lodowej / *of ice cover*	pokrywy lodowej / *of ice cover*	zjawisk lodowych / *of ice phenomena*	zjawisk lodowych / *of ice phenomena*	pokrywy lodowej / *of ice cover*				
Jamno	17.12	22.12	28.02	8.03	66,0	55,5	24,1	0,79	82,1	77,6
Ostrzyckie	26.12	21.12	21.03	22.03	87,7	84,0	25,6	0,49	91,3	94,7
Jeziorak	6.12	15.12	17.03	21.03	95,6	84,8	28,2	0,45	92,3	87,3
Mikołajskie	16.12	30.12	20.03	2.04	99,3	76,0	32,3	0,33	93,9	73,3
Studzieniczne	15.12	20.12	30.03	4.04	108,0	98,2	36,0	0,13	98,9	90,4

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

ację należy wiązać z morfometrią jezior – Jeziorak bowiem cechuje się najmniejszą głębokością średnią spośród analizowanych zbiorników na wschód od Wisły, dlatego sczerpywanie zasobów ciepła zgromadzonych w półroczu letnim następuje w nim najszybciej. W związku z tym (i z uwagi na wyraźnie chłodniejszy obszar w stosunku do innych regionów Niżu Polskiego), dochodzi do stosunkowo

szybkiego pojawienia się lodu w pierwszym etapie sezonu lodowego. Jednakże, jeśli już powstanie pokrywa lodowa na jeziorach położonych dalej na wschód (Mikołajskie, Studzieniczne), to z racji bardziej surowych warunków klimatycznych utrzymuje się ona dłużej, co sprzyja też przyrostowi jej maksymalnych miąższości.

Fot. 1. Pokrywa lodowa na jeziorze Jamno w pobliżu kanału Jamno–Bałtyk
The ice cover on Lake Jamno close to the Jamno–Bałtyk Canal
Fot. / Photo: *A. Choiński* (25.01.2010)

Po analizie wartości skrajnych stwierdzono, że najwcześniej zjawiska lodowe pojawiły się na jeziorze Jeziorak (4.11), a najpóźniej na Jamnie (16.02); pokrywę lodową odnotowano najwcześniej na jeziorze Jamno (15.11), najpóźniej zaś na Jez. Mikołajskim (17.02). Zanik zjawisk lodowych nastąpił najwcześniej w jeziorze Jamno (9.12), najpóźniej w jeziorach Mikołajskim i Studzienicznym (30.04). Rozpad pokrywy lodowej nastąpił najwcześniej w jeziorze Jamno (6.12) a najpóźniej w Jez. Studzienicznym (28.04).

Znając odległości między poszczególnymi jeziorami obliczono poziomy gradient grubości lodu. Największe wartości wystąpiły między Jeziorakiem a Jez. Mikołajskim oraz pomiędzy Mikołajskim a Studzienicznym i wynosiły w obu przypadkach 0,32 cm na każde 10 km. Powyższy układ o orientacji zachód–wschód

jest ściśle związany ze spadkiem temperatury powietrza w kierunku wschodnim. Na podstawie analizy tego parametru dla dziesięciu stacji w latach 1961-2005 (Skowron, 2011) można stwierdzić, że różnica średniej rocznej temperatury dla skrajnie położonych posterunków (Szczecin–Suwałki) wynosi 2,4 °C.

Do takiego rozkładu nawiązuje wartość wskaźnika kontynentalizmu termicznego (*Atlas Rzeczpospolitej Polskiej*, 1994), który wzrasta od 38 w pasie przymorskim do 50 przy wschodniej granicy Polski. O grubości pokrywy lodowej może decydować również głębokość jezior, ale w opisanych przypadkach nie zaobserwowano takiego związku, tj. jej wielkość rosła z zachodu na wschód, niezależnie od głębokości średniej danego akwenu.

Z kolei maksymalną grubość pokrywy lodowej odnotowano na jeziorach Mikołajskim i Studzienicznym i wynosiła ona w obu przypadkach 65 cm. Innym zagadnieniem jest czasowa zmienność poszczególnych parametrów zlodzenia w obrębie analizowanego wielolecia. Rozkład taki zestawiono w tabelach 3, 4 i 5 oraz na rycinach 2 i 3 w układzie dziesięcioletnim.

Tabela 3. Średnie dekadowe daty początku zjawisk lodowych i ich końca w okresie 1951-2010
Decadal mean dates of the onset and cessation of ice phenomenaover the 1951-2010 period

Jezioro *Lake*	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
	początek / *start-up*						koniec / *break-up*					
Jamno	17.12	12.12	20.12	19.12	5.12	27.12	15.03	18.03	13.03	24.02	25.02	11.03
Ostrzyckie	22.12	16.12	31.12	12.12	8.12	29.12	5.04	1.04	25.03	18.03	13.03	13.03
Jeziorak	8.12	9.12	30.11	1.12	1.12	20.12	29.03	31.03	23.03	14.03	13.03	16.03
Mikołajskie	12.12	13.12	10.12	17.12	11.12	30.12	14.04	8.04	5.04	25.03	24.03	31.03
Studzieniczne	20.12	12.12	8.12	12.12	10.12	29.12	14.04	10.04	4.04	27.03	30.03	4.04
Średnia / *Mean*	16.12	12.12	14.12	12.12	7.12	27.12	3.04	1.04	26.03	16.03	15.03	21.03

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Czas trwania zarówno zjawisk lodowych, jak i pokrywy lodowej (ryc. 2 i 3), pomimo ogólnej tendencji malejącej, wykazuje wahania względem poszczególnych dekad oraz w rozkładzie przestrzennym pomiędzy poszczególnymi jeziorami. W zależności od warunków lokalnych, przebieg poszczególnych krzywych może być względem siebie inwersyjny (np. dziesięciolecie 1981-1990, gdzie Jezioro Ostrzyckie odbiega od pozostałych), itd.

Łącznie dla wszystkich pięciu analizowanych jezior najdłuższy czas trwania zjawisk lodowych i pokrywy lodowej odnotowano dla okresu 1961-1970 i wynosił on odpowiednio 110 i 99 dni. Najkrótszym okresem występowania obu tych wiel-

Tabela 4. Średnie dekadowe daty początku powstania pokrywy lodowej i jej rozpadu w okresie 1951-2010

Decadal mean dates of the onset and dissipation of ice cover in the 1951-2010 period

Jezioro *Lake*	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
	początek / *start-up*						koniec / *break-up*					
Jamno	29.12	18.12	22.12	25.12	13.12	29.12	4.03	14.03	26.02	15.02	20.02	4.03
Ostrzyckie	23.12	18.12	1.01	12.12	13.12	31.12	4.04	31.03	22.03	17.03	13.03	11.03
Jeziorak	18.12	14.12	21.12	6.12	7.12	26.12	27.03	28.03	20.03	8.03	9.03	11.03
Mikołajskie	25.12	24.12	5.01	2.01	26.12	7.01	4.04	26.03	27.03	11.03	9.03	14.03
Studzieniczne	23.12	17.12	20.12	15.12	14.12	2.01	9.04	8.04	1.04	20.03	21.03	25.03
Średnia / *Mean*	24.12	18.12	26.12	18.12	15.12	31.12	28.03	28.03	20.03	9.03	9.03	13.03

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

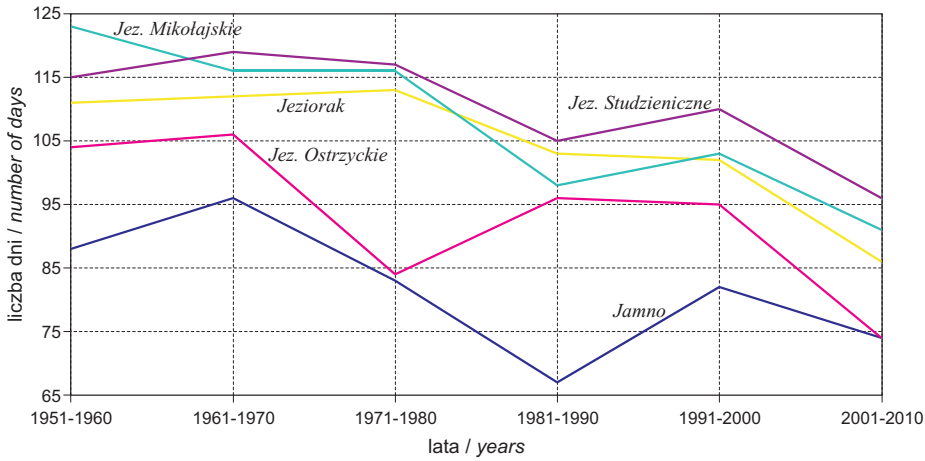
Tabela 5. Średnie dekadowe maksymalne grubości pokrywy lodowej w okresie 1951-2010

Decadal mean data for the maximum thickness of ice cover in the 1951-2010 period

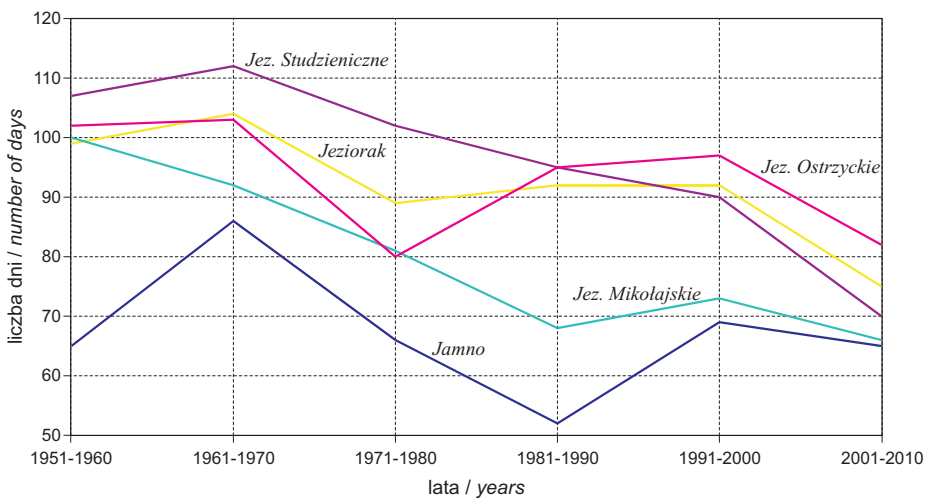
Jezioro *Lake*	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Jamno	33,2	24,0	20,1	21,0	22,0	23,6
Ostrzyckie	27,7	34,5	26,6	21,4	21,6	21,6
Jeziorak	30,9	36,2	31,2	23,7	23,6	23,6
Mikołajskie	32,7	44,3	33,0	30,1	26,7	26,9
Studzieniczne	38,5	45,0	39,7	33,2	30,1	29,2
Średnia / *Mean*	32,6	36,8	30,1	25,9	24,8	25,0

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

kości cechowało się natomiast ostatnie z analizowanych dziesięcioleci – 2001-2010, a czas ich trwania był równy odpowiednio 84 i 72 dni. Zmienność przebiegu zjawisk lodowych w obrębie dwóch skrajnych pod tym względem okresów była zatem znaczna i wynosi blisko miesiąc (odpowiednio 26 i 27 dni). Najdłuższe zaleganie pokrywy lodowej sprzyjało maksymalnemu przyrostowi jej miąższości – w dekadzie 1961-1970 jej średnia wartość dla wszystkich jezior wyniosła 36,8 cm. Z kolei najmniejszą maksymalną grubością cechował się przedostatni okres, 1991-2000 (24,8 cm).



Ryc. 2. Średni dekadowy czas trwania zjawisk lodowych w okresie 1951-2010
Mean decadal durations of ice phenomena in the 1951-2010 period
Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.



Ryc. 3. Średni dekadowy czas trwania pokrywy lodowej okresie 1951-2010
Mean decadal durations of ice cover in the 1951-2010 period
Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Obliczone trendy liniowe dla głównych cech przebiegu zjawisk lodowych w latach 1951-2010 prezentuje tabela 6, a przebieg wybranych cech zlodzenia w układzie rocznym – rycina 4.

Tabela 6. Trendy wybranych właściwości zjawisk lodowych w analizowanych jeziorach w okresie 1951-2010 (istotność statystyczna $\alpha < 0{,}05$ oznaczona pogrubioną czcionką)

Trends to changes in selected ice-phenology parameters recorded for the studied lakes in the period 1951-2010 (statistically significant slope coefficients from linear regression equations with $\alpha < 0.05$ are marked in bold)

Jezioro *Lake*	Początek zjawisk lodowych (dni·rok^{-1}) *Beginning of ice phenomena (days·year^{-1})*	Początek pokrywy lodowej (dni·rok^{-1}) *Beginning of ice cover (days·year^{-1})*	Koniec pokrywy lodowej (dni·rok^{-1}) *End of ice cover (days·year^{-1})*	Koniec zjawisk lodowych (dni·rok^{-1}) *End of ice phenomena (days·year^{-1})*	Czas trwania zjawisk lodowych (dni·rok^{-1}) *Duration of ice phenomena (days·year^{-1})*	Czas trwania pokrywy lodowej (dni·rok^{-1}) *Duration of ice cover (days·year^{-1})*	Maksymalna grubość pokrywy lodowej (cm·rok^{-1}) *Maximum ice cover thickness (cm·year^{-1})*	Stopień trwałości pokrywy lodowej (%) *Degree of durability of ice cover*	Udział pokrywy lodowej w zjawiskach lodowych (%) *Mean share of ice cover in duration of ice phenomena*
Jamno	0,01	–0,10	–0,24	–0,30	–0,39	–0,30	–0,17	–0,28	–0,15
Ostrzyckie	–0,07	–0,02	**–0,5**	**–0,50**	**–0,57**	**–0,66**	**–0,20**	**–0,25**	**–0,20**
Jeziorak	0,07	–0,02	**–0,44**	**–0,38**	**–0,46**	**–0,54**	**–0,23**	–0,17	–0,16
Mikołajskie	0,23	0,15	**–0,51**	**–0,35**	**–0,66**	**–0,77**	**–0,22**	**–0,24**	**0,34**
Studzieniczne	0,09	0,08	**–0,41**	–0,26	**–0,44**	**–0,50**	**–0,25**	–0,02	**–0,11**

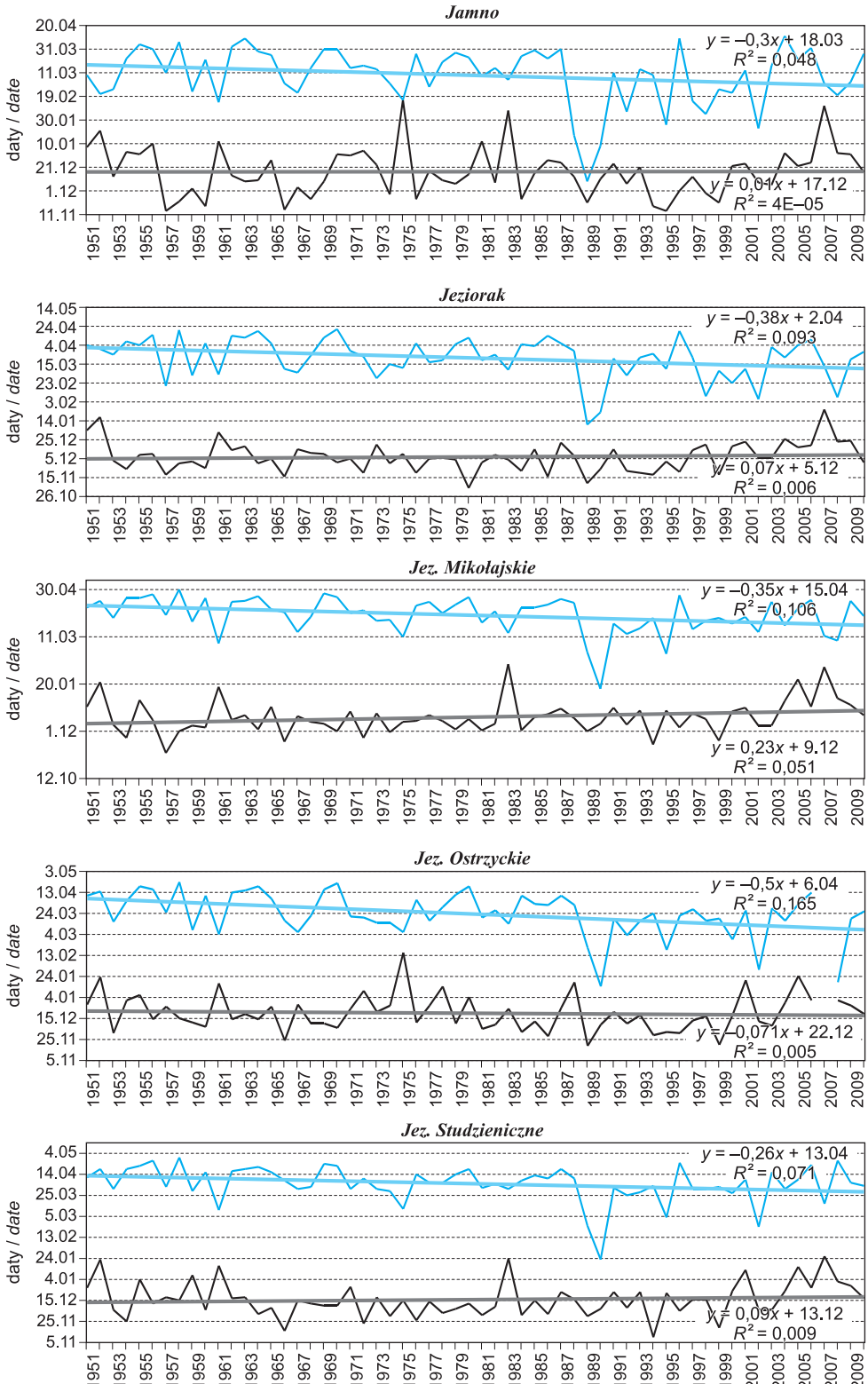
Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Zmienność przebiegu niektórych charakterystyk zlodzenia, przedstawiona na rycinie 4, nawiązuje do wcześniejszych opracowań dotyczących jezior na obszarze Polski. Obserwuje się więc wcześniejszy zanik zjawisk lodowych i pokrywy lodowej, skrócenie czasu zalegania pokrywy lodowej oraz zmniejszanie maksymalnych miąższości pokrywy lodowej. Pewną rozbieżność (wynikającą z długiego ciągu obserwacyjnego) w stosunku do prac z tego zakresu zanotowano w odniesieniu do początku zjawisk lodowych i pokrywy lodowej. Zestawione dane (tab. 6, ryc. 4) wskazują, że obie wielkości w analizowanym 60-leciu były względnie stabilne.

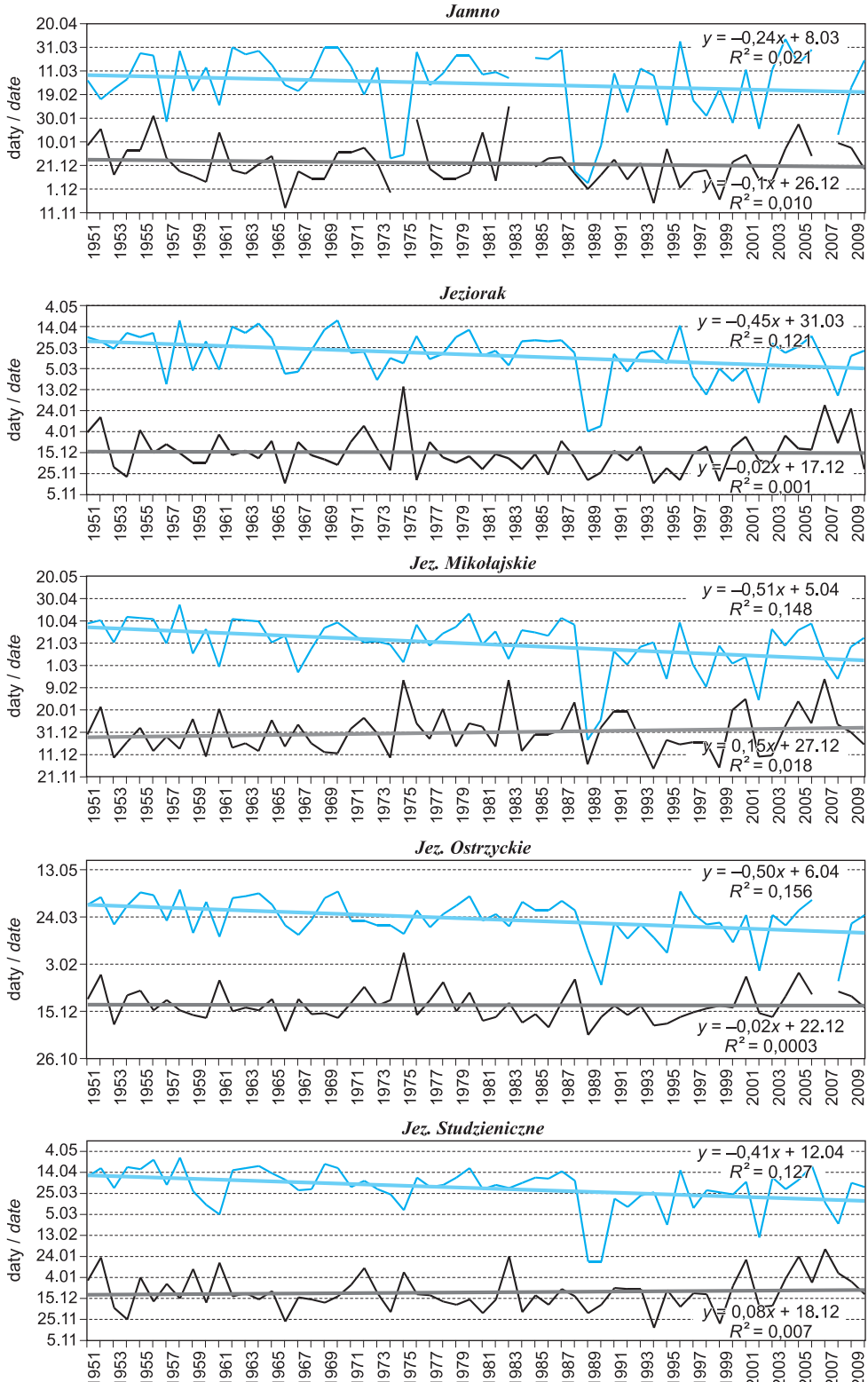
Ryc. 4. Przebieg wybranych charakterystyk zlodzenia w latach 1951-2010

Average values of parameters describing ice phenology in the years 1951-2010

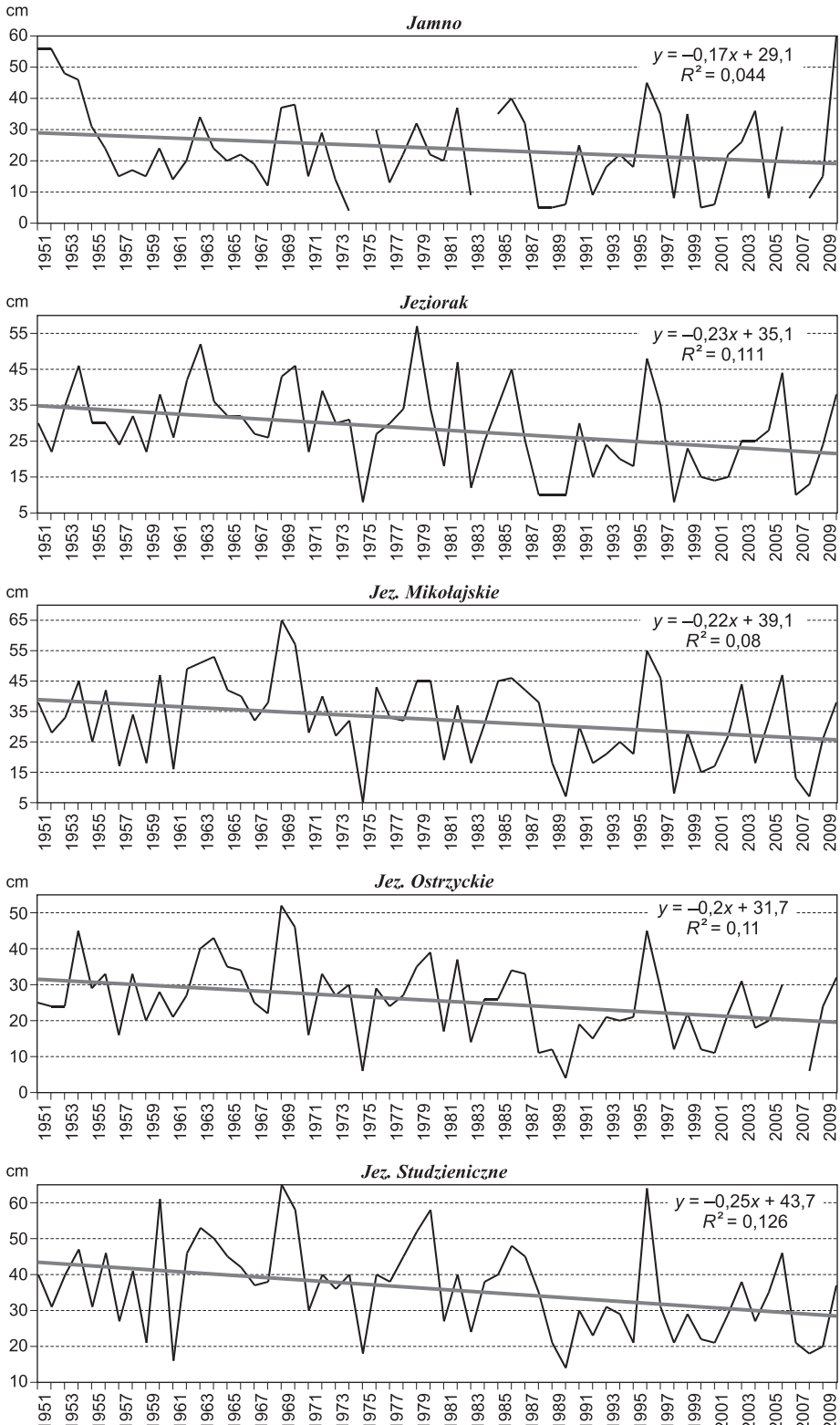
Opracowanie własne / Authors' own elaboration.



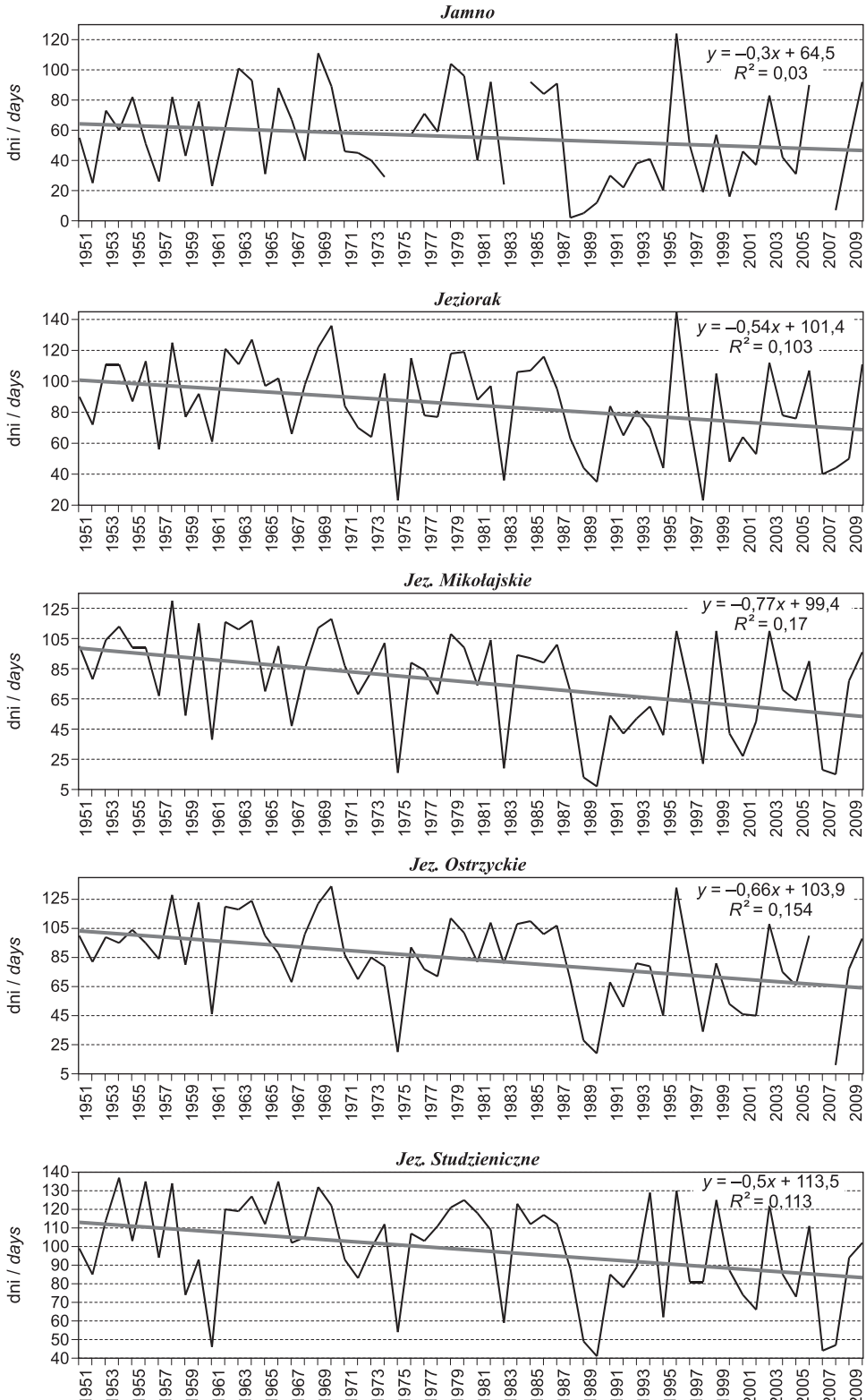
A – Początek i koniec zjawisk lodowych / *Beginning and end of ice phenomena*



B – Początek i koniec pokrywy lodowej / *Beginning and end of ice cover*



C – Maksymalna grubość pokrywy lodowej / *Maximum ice cover thickness*



D – Długość zalegania pokrywy lodowej / *Duration of ice cover*

W układzie przestrzennym odnotowano wzrost czasu trwania pokrywy lodowej, jej grubości oraz zmniejszania liczby przerw z zachodu na wschód, a dane te są potwierdzeniem wcześniejszych obserwacji przeprowadzonych dla krótszych okresów analiz (Marszelewski i Skowron, 2006; Skowron, 2011). Przebieg ten determinowany jest głównie surowszymi warunkami klimatycznymi (wzrostem oddziaływania kontynentalnych mas powietrza). Ponadto należy podkreślić, że spadkowe trendy zmniejszania maksymalnych grubości pokrywy lodowej oraz czasu jej trwania są wynikiem wzrostu temperatury powietrza na terenie Polski. K. Kożuchowski i E. Żmudzka (2001), analizując zmiany tej wielkości w latach 1951-2000, stwierdzają, że charakteryzuje ją trend dodatni. Znacząco różniły się od średniej dwie ostatnie dekady tego wielolecia. W odniesieniu do miesięcy, autorzy ci zauważają m.in., że średnia temperatura marca w ostatnim dwudziestoleciu wielolecia 1951-2000 podniosła się do 2,8 °C i znacząco różni się od średniej dla całego wielolecia. Wiosenne ocieplenie przełożyło się na reżim termiczny jezior (opisuje to m.in. Skowron, 2012), a zmiany te przyczyniły się do szybszego „ustępowania" zjawisk lodowych.

Przedstawione w artykule wyniki odnośnie do przebiegu zjawisk lodowych korespondują z podobnymi pracami dotyczącymi jezior w różnych częściach Europy i świata (m.in. Livingstone, 1999; Magnuson i inni, 2000, Avinsky i inni, 2003; Jensen i inni, 2007; Karetnikov i Naumenko, 2008; Wang i inni, 2012).

Wnioski

Przedstawiona w pracy analiza zjawisk lodowych miała na celu określenie ich zmienności na podstawie danych z maksymalnie długiego okresu. Jednolita (bez przerw), dotychczas nieanalizowana dokumentacja obserwacyjna z okresu sześćdziesięciu lat wskazuje, że należy bardzo ostrożnie interpretować krótsze zapisy tego (jak i każdego innego) zjawiska. Widać to wyraźnie w kontekście początku zjawisk lodowych i pokrywy lodowej na omawianych jeziorach. W wieloleciu 1951-2010 obie charakterystyki wykazują względną stabilność, tj. nie zaobserwowano ich późniejszego pojawiania się, jak jest to odnotowywane w pracach opartych na danych z późniejszych, krótszych okresów. Ponadto dzięki analizom obejmującym kilkadziesiąt lat możliwe jest wychwycenie okresowych fluktuacji zlodzenia, co potwierdzono analizując ich przebieg w układzie dekadowym. Różnica między czasem trwania zjawisk lodowych i pokrywy lodowej w dwóch skrajnych pod tym względem dziesięcioleciach wynosiła blisko miesiąc. Podsumowując można jednak stwierdzić, że analizowane wielolecie 1951-2010 nie odbiegało od innych okresów i zauważalne jest ogólne skrócenie czasu trwania zjawisk lodowych pokrywy lodowej (determinowane głównie przez ich szybszy zanik) oraz zmniejszanie maksymalnych grubości powłoki lodowej.

Piśmiennictwo / References

Atlas jezior Polski. T. 2, Jeziora zlewni rzek Przymorza i dorzecza dolnej Wisły, 1997, red. J. Jańczak, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Atlas jezior Polski. T. 3, Jeziora Pojezierza Mazurskiego i Polski południowej, 1999, red. J. Jańczak, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Atlas Rzeczpospolitej Polskiej, 1994, Główny Geodeta Kraju, Warszawa.

Avinsky V.A., Filatova T.N., Solntsev V.N., 2003, *Long-term trends in some hydrological parameters and fish catch in Lake Peipus*, [w:] *Proceedings of the Fourth International Lake Ladoga Symposium 2002*, University of Joensuu, Joensuu, s. 13-19.

Barańczuk J., Marchlewicz R., 2003, *Diversity of development of ice chosen lakes of Kaszubskie Lakeland in winter 2003*, Limnological Review, 3, 1-2, s. 3-8.

Borowiak D., Barańczuk J., 2004, *Secular fluctuations of ice phenomena in Upper Radunia Lake, Kashubian Lakeland*, Limnological Review, 4, 1, s. 17-24.

Choiński A., 2006, *Katalog jezior Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.

Choiński A., 2007, *Examples of variation in ice cover thinckness in mountain and lowland lakes in Poland*, Limnological Review, 7, 1, s. 11-18.

Choiński A., Ptak M., 2012, *Variation in the ice cover thickness on Lake Samołęskie as a result of underground water supply*, Limnological Review, 12, 3, s. 133-138.

Choiński A., Ławniczak A., Ptak M., 2013a, *Charakterystyka zlodzenia jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego i jego otuliny*, Badania Fizjograficzne, A 63, s. 39-50.

Choiński A., Ptak M., Strzelczak A., 2013 b, *Areal variation in ice cover thickness on lake Morskie Oko (Tatra Mountains)*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 8, 3, s. 97-102.

Girjatowicz J.P., 2003, *The influence of the North Atlantic Oscillation on ice conditions in coastal lakes of the Southern Baltic Sea*, Annales de Limnologie, International Journal of Limnology, 39, 1, s. 71-80.

Girjatowicz J.P., 2004, *Lodowe warunki polskich jezior przybrzeżnych*, Przegląd Geograficzny, 76, 1, s. 45-60.

Grześ M., 1974, *Badania nad termiką i zlodzeniem jeziora Gopło*, Dokumentacja Geograficzna, 3, IGiPZ PAN.

Górniak A., Pękala M., 2001, *Zjawiska lodowe jezior północno-wschodniej Polski*, Przegląd Geofizyczny, 46, 1-2, s. 91-109.

Jankowski A.T., Machowski R., Piątek M., Ruman M., Rzętała M., Rzętała M.A., Solarski M., 2009, *Cechy charakterystyczne zlodzenia zbiorników wodnych w regionie górnośląskim*, [w:] W. Marszelewski (red.), *Anthropogenic and Natural Transformations of Lakes*, 3, Polish Limnological Society, Toruń, s. 103-108.

Jensen O.P., Benson B.J., Magnuson J.J., Card V.M., Futter M.N., Soranno P.A., Stewart K.M., 2007, *Spatial analysis of ice phenology trends across the Laurentian Great Lakes region during a recent warming period*, Limnology and Oceanography, 52, 5, s. 2013-2026.

Karetnikov S., Naumenko M., 2008, *Recent trends in Lake Ladoga ice cover*, Hydrobiologija, 599, 1, s. 41-48.

Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*, Przegląd Geofizyczny, 46, 1-2, s. 81-90.

Livingstone D.M., 1999, *Ice break-up on southern Lake Baikal and its relationship to local and regional air temperatures in Siberia and to the North Atlantic Oscillation*, Limnology and Oceanography, 44, s. 1486-1497.

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, s. 1743-1746.

Marszelewski W., Skowron R., 2006, *Ice cover as an indicator of winter air temperature changes: Case study of the Polish Lowland lakes*, Hydrological Sciences Journal, 51, 2, s. 336-349.

Marszelewski W., Skowron R., 2009, *Extreme ice phenomena on the lakes Northern Poland*, Limnological Review, 9, 2-3, s. 81-89.

Pasławski Z., 1982, *Zlodzenie jezior w Polsce*, Przegląd Geofizyczny, 27, 1-2, s. 79-92.

Ptak M., 2013, *Zmienność temperatury i zjawisk lodowych jeziora Łebsko i Gardno (Słowiński Park Narodowy)*, Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody, 32, 2, s. 45-55.

Rzętała M., Jaguś A., Rzętała M. A., 2009, *Zlodzenie zbiorników wodnych w warunkach antropopresji miejsko- przemysłowej (na przykładzie regionu górnośląskiego)*, [w:] A.T. Jankowski, D. Absalon, R. Machowski, M. Ruman (red.), *Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska*, WNoZ UŚ, PTG Oddział Katowicki, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach, Sosnowiec, s. 245-254.

Skowron R., 2003, *Ice sheet in the lakes Polish lowland. Distribution, differences and trends*, Limnological Review, 3, s. 205-212.

Skowron R., 2009, *Changeability of ice cover on lakes of northern Poland in the light of climatic changes*, Bulletin of Geography, Physical Geography Series, 1, s. 103-124.

Skowron R., 2011, *Zróżnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego wody w jeziorach na Niżu Polskim*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń.

Skowron R., 2012, *Spring warming period of Polish lake waters in a yearly thermal cycle*, Limnological Review, 12, 3, s. 147-157.

Solarski M., Pradela A., Rzętała M., 2011, *Natural and anthropogenic influences on ice formation on various water bodies of the Silesian Upland (southern Poland)*, Limnological Review, 11, 1, s. 33-44.

Sziwa R., Jańczak J., 2009, *Extreme values of ice cover thickness and ice phenomena duration on lakes in Poland*, Limnological Review, 9, 2-3, s. 111-119.

Teoria pomiarów, 1981, red. H. Szydłowski, PWN, Warszawa.

Wang J., Bai X., Hu H., Clites A., Colton M., Lofgren B., 2012, *Temporal and spatial variability of Great Lakes ice cover, 1973-2010*, Journal of Climate, 25, 4, s. 1318-1329.

[Wpłynęło: marzec; poprawiono: listopad 2013 r.]

ADAM CHOIŃSKI, MARIUSZ PTAK, RAJMUND SKOWRON

TRENDS TO CHANGES IN ICE PHENOMENA IN POLISH LAKES IN THE YEARS 1951-2010

This paper reports on work to study the variability of ice phenomena in Polish lakes on the basis of the longest available (homogeneous) observation series = for the years 1951-2010. Due to several reorganizations of the network of observation stations, data of the above kind are only capable of being compiled with respect to five lakes: Jamno, Ostrzyckie, Jeziorak, Mikołajskie and Studzieniczne. Over the period in question, and in relation to all five lakes, there has been a decline in the average duration of ice phenomena (by 0.50 days·year^{-1}), and in ice cover (by 0.55 days·year^{-1}). The maximum thickness of ice cover also declined (by 0.21 cm year^{-1}).

These results are in line with previous research analysing the course of ice phenomena in lakes over shorter study periods. Moreover, the formation of ice phenomena and ice cover over the multi-year period was found to be relatively regular – i.e. it was never late as was observed in work analyzing these parameters over shorter periods. This shows how the results obtained in shorter time series must be interpreted very carefully, since a given study period may fall within a particular fluctuation phase of a longer series. The spatial analysis of ice phenomena indicated that only the maximum thickness of ice cover, ice cover duration, and the number of intervals in ice cover showed any clear configuration. With respect to the first two, values tended to rise from west to east. The number of intervals in the ice cover declined in the same direction. Such a situation may be linked with the increasing influence of a Continental climate. Taking into consideration the mean values for maximum thickness of ice cover and the distances between the studied lakes an increase between Lakes Jeziorak and Mikołajskie was observed, and another between Lakes Mikołajskie and Studzieniczne, with the mean change equating to 0.32 cm 10 km^{-1}.

http://rcin.org.pl