

Ogólnie na świecie ponad 50% największych jezior na świecie w okresie 1992-2020 zmniejszyło swoją objętość (1). Jeziora są nieodłączną częścią krajobrazu Polski, jednak w ostatnich dekadach można zauważyć niepokojące znaki. Jeziora szczególnie na terenie wschodniego Pojezierza Wielkopolskiego wysychają w błyskawicznym tempie co jest spowodowane wieloma czynnikami, zarówno antropogenicznymi jak i naturalnymi. Działalność kopalni odkrywkowych oraz najniższa w kraju suma opadów to główne przyczyny takiego stanu (2).

Pojezierze Mazurskie jest obszarem na którym nie działają kopalnie odkrywkowe oraz sumy opadów są średnie dla Polski (2), a jednak zdarzają się miejsca gdzie brzeg cofnął się nawet o kilkadziesiąt metrów. Takim przykładem jest Świętajno Narckie, które znane jest w okolicy z płytkich plaż oraz wysokiej przejrzystości wody, przez co jest idealnym miejscem dla amatorów nurkowania (3). Korzystają z tego zarówno mieszkańcy Szczytna i pobliskich miejscowości jak i turyści. Takich jezior w okolicy Olsztyna i Szczytna jest więcej, a potencjalne straty związane z utratą tych miejsc byłyby tragiczne w skutkach. Celem analizy jest wskazanie czy jest to problem lokalny dla poszczególnych jezior, czy też jest to problem o większej skali.

W pracy zostały użyte pasma spektralne pobrane ze strony United States Geological Survey (EarthExplorer) (4).

Data	Pochodzenie	Rozdzielczość [m]	Pobrane pasma
3 lipca 1986	Landsat 5	30	B1 (blue), B2 (green), B3 (red), B5 (SWIR)
25 lipca 1994	Landsat 5	30	B1 (blue), B2 (green), B3 (red), B5 (SWIR)
9 września 2005	Landsat 5	30	B1 (blue), B2 (green), B3 (red), B5 (SWIR)
10 września 2014	Landsat 8	30	B2 (blue), B3 (green), B4 (red), B6 (SWIR)
28 sierpnia 2024	Landsat 8	30	B2 (blue), B3 (green), B4 (red), B6 (SWIR)

Do wykonania opracowania zostało użyte oprogramowanie ArcGIS Pro. Wykonane zostały kompozycje pasm dla tła dla poszczególnych lat (1994, 2005, 2014 oraz 2014), które są standardową kompozycją RGB ze znacznie zmniejszoną jasnością oraz kontrastem. Następnie wykonano obliczenie wskaźnika MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), który jest zmodyfikowanym wskaźnikiem NDWI (Normalized Difference Water Index) wykazując większy kontrast pomiędzy wodą a lądem (5).

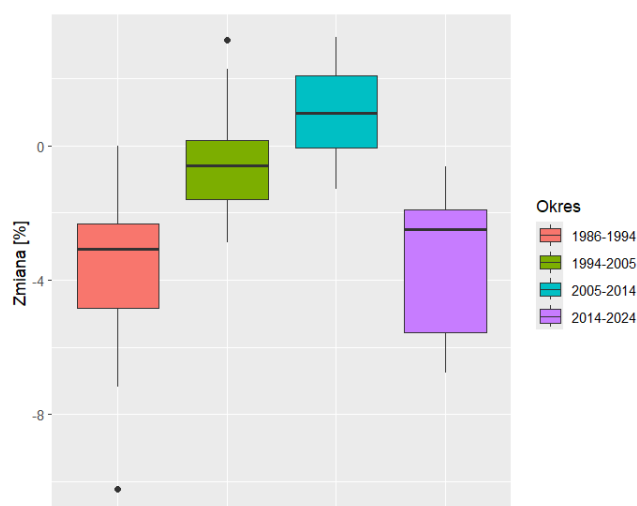
Obliczenie wskaźnika Landsat 5: $MNDWI = (B2 - B5)/(B2 + B5)$

Obliczenie wskaźnika Landsat 8: $MNDWI = (B3 - B6)/(B3 + B6)$

Po obliczeniu dokonano klasyfikację na wodę oraz na inne ciała, ponieważ MNDWI przyjmuje wartości od -1 do 1, gdzie wartości powyżej 0 oznaczają wodę. W opracowaniu ustalono granicę 0.051 biorąc pod uwagę widoczne anomalie dla niższych wartości. Warstwy młodsze zostały nałożone na warstwę z 1986 roku pokazując następującą zmianę w czasie. Jezioro Sasek Mały nie zostało uwzględnione dla 1994 roku z powodu gęstych chmur, które zakłócały poprawny obraz.

Tab. 1. Zmiany procentowe powierzchni jezior dla całego okresu

Jezioro	Zmiana 1986-2024
Brajnickie	-12,24
Burdaskie	-4,57
Czarne	0
Dłużek	-9,65
Gim	-10,03
Gromskie	-3,44
Kalwa	-6,8
Kośno	-3,17
Leleskie	-5,13
Łajskie	-7,96
Małszewskie	-3,98
Sasek Mały	-6,91
Sasek Wielki	-7,34
Sędańskie	-3,88
Świątajno	-10,5
Warchały	-14,76
Wielkie Łabuny	-5,17



Ryc. 1. Wykres pudełkowy zmian procentowych powierzchni jezior dla danych okresów

Dla całego okresu dane wynikowe z 17 jezior wykazały ujemną zmianę powierzchni dla 16 jezior, natomiast dla jednego stan nie zmienił się. Największe zmiany procentowe zanotowały jeziora Brajnickie, Świątajno oraz Warchały, których odległości do siebie są mniejsze niż 1 km oraz jezioro Gim. Jezioro Sasek Wielki straciło największą całkowitą powierzchnię tj. 55.8 hektarów. Na podstawie wykresów pudełkowych (Ryc 1.) widać że w 3 z 4 badanych okresów więcej jezioro zanotowało spadek powierzchni, a w okresie 2014-2024 wszystkie obserwowane jeziora zmniejszyły swoją powierzchnię.

Problem zmniejszającej się powierzchni jezior może być częściowo lokalny. Większe zmiany w przypadku ww. jezior mogą być spowodowane innymi uwarunkowaniami np. brak połączenia z siecią dopływów czy niewłaściwa gospodarka wodna. Widać jednak że w przypadku zdecydowanej większości jezior ich powierzchnia ogólnie zmalała. Aby móc jednoznacznie określić trend wymagane jest większa próba oraz dokładna analiza, dlatego jako wniosek można jedynie przypuścić trend spadkowy zmian powierzchni jezior w przeszłości.

(1) Fangfang Yao *et al.*, Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science* **380**, 743-749(2023). DOI: [10.1126/science.abc2812](https://doi.org/10.1126/science.abc2812)

(2) <https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps/#Precipitation/Yearly/2020/1/null> - średnia suma opadów rocznych to około 600mm

(3) <https://www.akademiapodwodna.pl/baza-narty/>

(4) <https://earthexplorer.usgs.gov/>

(5) Xu, Hanqiu. (2006). Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 27. 3025–3033. 10.1080/01431160600589179.