



PAWEŁ PIEŃKOWSKI 

West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland
Department of Environmental Management
e-mail: ppienkowski@zut.edu.pl

WPLYW UŻYTKOWANIA TERENU NA TRANSFORMACJĘ KRAJOBRAZU W OBRĘBIE UNIKATOWEGO KOMPLEKSU OCZEK WODNYCH NA POJEZIERZU MYŚLIBORSKIM

THE IMPACT OF LAND USE ON THE TRANSFORMATION OF THE LANDSCAPE WITHIN THE UNIQUE KETTLE HOLES COMPLEX IN THE MYŚLIBORSKIE LAKELAND

Streszczenie

Większość małych zbiorników wodnych występujących na północy Europy i Ameryki to obiekty, których geneza powiązana jest z procesami recesji lądolodu. Na ich współczesne rozmieszczenie i charakterystyczną budowę mis wpłynęły procesy erozyjne, których intensywność zależała w dużej mierze od sposobu użytkowania zlewni. Na badanym obszarze północnej Polski, będącym fragmentem Pojezierza Myśliborskiego, specyficzne zgrupowania oczek występują zarówno na obszarach gruntów ornych, jak i w rejonach trwale lub przejściowo pokrytych lasem. Fakt ten umożliwił realizację celu, który polegał na wykryciu różnic w tempie zanikania oczek w zależności od pokrycia ich zlewni, a także wskazania odmienności w ukształtowaniu i użytkowaniu pasa bezpośrednio przylegającego do mis kociołków. Stwierdzono m.in., że specyficzne zgrupowanie oczek wiąże się z występującym na tym obszarze zróżnicowaniem rzeźby, a rolnicze użytkowanie terenu przyczyniło się do zaniku prawie połowy istniejących na początku XIX w. obiektów. Wskazano również na rolę drzew w pasie roślinności brzegowej, których obecność utrudniała dotychczas przejęcie mis zbiorników pod użytkowanie rolnicze

Abstract

The origin of most small water reservoirs in northern Europe and America is related to the processes of ice sheet recession. Their current distribution and the characteristic structure of basins result from erosive processes, the intensity of which is largely dependent on the land use of a given catchment. The analysed area of northern Poland, a fragment of the Myśliborskie Lakeland, is characterised by a specific grouping of kettle holes both in arable lands as well as in areas permanently or temporarily afforested. It was found, among others, that the specific grouping of kettle holes is related to the varied land relief found in this area, and the agricultural use of the land contributed to the disappearance of almost half of the objects which had been present there at the beginning of the 19th century. Also, the role of trees in the waterside vegetation strip was emphasised as their presence has so far hindered the adaptation of kettle holes for agricultural purposes

Słowa kluczowe: krajobraz polodowcowy, zarządzanie krajobrazem, krajobraz rolniczy, ukształtowanie terenu, oczka wodne

Key words: post-glacial areas, landscape management, agricultural landscapes, landforms, potholes

WPROWADZENIE

Małe zbiorniki wodne są charakterystycznym elementem krajobrazów polodowcowych. Niewielką ich część stanowią obiekty związane z bezpośrednią działalnością człowieka, do których należą m.in. wyrobiska po wydobyciu żwiru, piasku, margla i torfu. W Polsce niezależnie od genezy małe zbiorniki wodne nazywane są oczkami wodnymi. Większość oczek to formy naturalne usytuowane w obrębie bezodpływowych zagłębień terenowych, których powstanie powiązane jest z procesami recesji lądolodu. W języku angielskim w Europie nazywa się je najczęściej „kettle holes” lub „ponds”, a w Ameryce – „potholes”. Obiekty te występują najliczniej na wysoczyznach morenowych zlodowacenia bałtyckiego, natomiast na starszych obszarach morenowych prawie całkowicie zanikły. Małe zbiorniki wodne o częstokroć zmiennym poziomie lustra wody (Pérez-Bilbao i in., 2015; Kayler i in., 2018) posiadają duże znaczenie ekologiczne i przyczyniają się do większej heterogeniczności krajobrazów (Collinson i in., 1995). Wpływają one również na retencję wodną i mikroklimat (Biggs i in., 2017). W ostatnim okresie, wraz z ekosystemami mokradłowymi, są one traktowane jako ważny element obiegu węgla w krajobrazie (Rubbo i in., 2006; Premke i in., 2016; Lischeid i in., 2018). Nie bez znaczenia jest również ich walor krajobrazowy (Myga-Piątek, Partyka, 2003; Boix i in., 2012; Sayer i in., 2012), zaznaczający się głównie w obrębie otwartych przestrzeni, zwłaszcza na monotonnych obszarach użytkowania rolniczo (Lischeid i in., 2018).

Geneza oczek i ich kolejne etapy rozwojowe były przedmiotem wielu badań prowadzonych już od pierwszej połowy XX w. Pierwszy podział oczek wodnych, uwzględniający ich genezę i kształtowanie mis zbiorników pod wpływem antropopresji, przedstawił Walter Roepke (1929), a kolejni autorzy (Klafs i in., 1973; Kalettka, Rudat, 2006) udoskonalili ten podział. Zastosowano go również w odniesieniu do analizy oczek z obszaru Pomorza Zachodniego (Pieńkowski, Podlasiński, 2001).

Wprawdzie większość oczek wodnych północnej Polski ma polodowcową genezę, to jednak na ich współczesne rozmieszczenie i charakterystyczną budowę mis wpłynęły procesy erozyjne, których intensywność zależała w dużej mierze od pokrycia terenu i użytkowania zlewni. Przyjmuje się, że większość funkcjonujących obecnie oczek wodnych powstała w okresie średniowiecza, gdy wycięcie lasów

INTRODUCTION

Small water reservoirs are characteristic elements of post-glacial landscapes. A small number of such reservoirs are landforms directly related to human activity, such as excavation voids after the extraction of gravel, sand, marl and peat. Regardless of their genesis, small bodies of water are called ponds. Most reservoirs are natural landforms located within the closed depressions originating from ice sheet recession. In Europe, they are called kettle holes and in America – potholes. These landforms are most numerous in moraine upland Baltic glaciation, and have mostly disappeared in older moraine areas. Small water reservoirs of frequently variable water surface elevation (Pérez-Bilbao et al., 2015; Kayler et al., 2018) are of great ecological importance and contribute to greater landscape heterogeneity (Collinson et al., 1995). They also affect water retention and microclimate (Biggs et al., 2017). Recently, these landforms have been recognized as hotspots of carbon (C) turnover in the landscape (Rubbo et al., 2006; Premke et al., 2016; Lischeid et al., 2018). The landscape value of small water reservoirs has also been recognized (Myga-Piątek, Partyka, 2003; Boix et al., 2012; Sayer et al., 2012) mainly in relation to open spaces, particularly monotonous agricultural landscapes (Lischeid et al., 2018).

The origin of kettle holes and their subsequent developmental stages have been analysed repeatedly since the first half of the 20th cen. The first classification of kettle holes considering their origin and development of reservoir basins due to anthropopressure was established by Walter Roepke (1929), and other authors (Klafs et al., 1973; Kalettka, Rudat, 2006) have further developed the classification. This classification was also used in the analysis of kettles in Western Pomerania (Pieńkowski, Podlasiński, 2001).

Though most ponds in northern Poland are of postglacial origin, their current distribution and the characteristics of the basin structure is largely due to erosive processes, the intensity of which is, to a large extent, dependent on land cover and the intensity of catchment use. It is assumed that most of the small water reservoirs currently present originated in the Middle Ages when deforestation resulted in a rise in ground water surface which consequently led to the previously dry depressions being filled with water (Klafs et al., 1973). The depressions which, prior to deforestation, served as water reservoirs, have

spowodowało podwyższenie poziomu lustra wód gruntowych i wypełnienie wodą uprzednio suchych zagłębień (Klafs i in., 1973). Zagłębienia, które przed wycięciem lasów funkcjonowały jako zbiorniki wodne do dzisiejszych czasów w większości uległy „ładowieniu”, a o ich istnieniu świadczą osady torfowe przykryte użytkowanymi rolniczo glebami (Mai, Bill, 2011). Kociołki zapewniają liczne usługi ekosystemowe, które ograniczane są m.in. presją rolnictwa (Vasic i in., 2020).

Do początków XIX w. procesy „ładowienia” oczek śródpolnych na obszarach północnej Europy przebiegały stosunkowo łagodnie, lecz w ciągu kolejnych dwustu lat nastąpił przyspieszony ich zanik związany z intensyfikacją rolnictwa (Miracle i in., 2010; Boix i in., 2012). Działania te doprowadziły do zaniku znacznej liczby tych obiektów, co pociągnęło za sobą wiele negatywnych zjawisk w obrębie biocenoz związanych ze środowiskiem wodnym – zarówno w odniesieniu do flory (Bosiacka, Pieńkowski, 2012; Jeffries, 2012), jak i fauny, zwłaszcza gatunków ważek (Janssen i in., 2018) i płazów (Berger i in. 1999; Rannap i in., 2009).

Wyjątkowość wybranego do badań obszaru, wynikająca ze specyficznej jego genezy warunkującej najwyższe na Pomorzu Zachodnim zagęszczenie oczek, a także udokumentowane zmiany użytkowania terenu sprawiły, że przedstawiony w pracy obszar stanowi unikatowy poligon badawczy nad wpływem antropopresji na funkcjonowanie w krajobrazie polodowcowych oczek wodnych.

Celem niniejszej pracy była ocena tempa znikania kociołków w zależności od pokrycia zlewni, a także wykrycie różnic w ukształtowaniu i użytkowaniu pasa terenu bezpośrednio przylegającego do ich mis. Zaprezentowana praca przedstawia pierwszy etap planowanych badań, których kolejnym krokiem będzie określenie morfogenezy tego unikatowego obszaru, a także rozpoznanie zagrożeń występujących tam kociołków. Autor zakłada ponadto, że szczegółowa analiza współczesnego ukształtowania terenu wraz planowanym w kolejnym etapie określeniem intensywności procesów erozyjnych, pozwoli na poznanie pierwotnej rzeźby tego terenu, co przyczyni się m.in. do wskazania tempa ewolucji krajobrazu polodowcowego pod wpływem działalności człowieka.

mostly undergone terrestrialization by now, which is evidenced by peat sediments under the layer of agricultural soils (Mai, Bill, 2011).

Kettle holes provide numerous ecosystem services, but their supply may be negatively affected by agricultural management (Vasic et al., 2020). Until the beginning of the 19th cen., the terrestrialization processes of midfield kettle holes in northern Europe had demonstrated a relatively mild course, yet in the subsequent two hundred years, a rapid disappearance of midfield kettle holes due to agricultural intensification was observed (Miracle et al., 2010; Boix et al., 2012). Consequently, a significant number of these landforms disappeared, which, in turn, resulted in numerous negative phenomena regarding biocenoses of organisms connected with the aquatic environment – both with respect to flora (Bosiacka and Pieńkowski, 2012; Jeffries, 2012) and fauna: particularly odonata species (Janssen et al., 2018) and amphibia (Berger et al., 1999; Rannap et al., 2009).

The exceptional character of the area owing to its origin and, therefore, the highest density of kettle holes in Western Pomerania, as well as the documented changes in land use make the area under analysis a unique research site with respect to anthropopressure on the landscape functioning of small postglacial water reservoirs.

The aim of the present study is to make an assessment of the disappearance rate of kettle holes depending on catchment cover, and identification of the differences in the structure of strips directly adjacent to reservoir basins. The study presents the first stage of planned research, the next step of which is a determination of the morphogenesis of this unique area, identification of threats and establishment of legal protection over kettle holes found in this area. Additionally, the author stipulates that the detailed analysis of the current relief together with the results of the subsequent stage of the study – determination of the magnitude and intensity of the erosive processes, will allow identification of the original relief of the area and thus will contribute to determining the evolution of the glacial landscape.

OBSZAR BADAŃ, MATERIAŁ I METODY

Obszar badań usytuowany jest między $52^{\circ}54'$ a $52^{\circ}56'$ N i $14^{\circ}40'$ a $14^{\circ}42'$ E. Według podziału fizycznogeograficznego Polski znajduje się w granicach mezoregionu Pojezierza Myśliborskiego (Solon i in., 2018). Dominuje tam krajobraz pagórkowato-pojezierny, z licznymi wzniesieniami i małymi jeziorami. Morena czołowa składa się z przemieszanych ze sobą i pozbawionych warstwowania: piasków, żwirów, głazów i gliny. Dobre gleby na obszarze tego mezoregionu umożliwiły rozwój rolnictwa. Lasy występują tylko w postaci rozproszonych płatów na polach sandrowych i stromiznach zboczowych i zajmują około 26,5% powierzchni mezoregionu. Na Pojezierzu Myśliborskim występują zespoły form glacialnych najdalej na południe wysuniętej fazy pomorskiej zlodowacenia Wisły. Na ukształtowanie tego mezoregionu wpłynęło oddziaływanie lądolodu podczas subfaz: myśliborskiej, chojeńskiej i mielecińskiej (ryc. 1).

Wytypowany na podstawie specyficznej rzeźby terenu fragment Pojezierza Myśliborskiego znajduje się na wysoczyźnie morenowej falistej z dużą ilością wytopisk, którą od północy ograniczają moreny akumulacyjne (Piotrowski, Sochan, 2009). Jego podłoże stanowią gliny zwałowe na piaskach i żwirach wodnolodowcowych.

Specyficzne zgrupowania oczek występują tam na gruntach ornych oraz trwale lub przejściowo zalesionych. Teren badań zarówno w czasach osadnictwa słowiańskiego, jak i w późniejszym okresie kolonizacji niemieckiej charakteryzował się wysokim stopniem lesistości i rzadką siecią osadniczą. Obszar ten przed okresem kolonizacji był trwale pokryty lasem (Volkman, 2005). Najbliżej położone badanego obszaru wsie, Stołeczna i Piaseczno, wymieniane są w katastrze z pierwszej połowy XIV w. (Przybylska, 2005), co pozwala przypuszczać, iż proces przekształcania lasów na pola uprawne rozpoczął się tam wraz z okresem kolonizacji niemieckiej, a zatem z końcem XIII w.

Analizę zmian użytkowania w obrębie zlewni małych oczek wodnych w okresie od końca XVIII w. do początku XXI w. przeprowadzono na podstawie następujących materiałów:

- map Goswien Othmar Schultze z roku 1770,
- pruskich map topograficznych Preußische Landesaufnahme z pierwszej połowy XIX w., w skali 1 : 25 000,

CHARACTERISTICS OF THE STUDY AREA, MATERIALS AND METHODS

The studied area of Western Pomerania is situated at $52^{\circ}54'N$ to $52^{\circ}56'$ and $14^{\circ}40'E$ to $14^{\circ}42'E$. However, according to the physical-geographical divisions of Poland, it is located within the mesoregion of the Myśliborskie Lakeland (Solon et al., 2018). The dominant landscape of the Myśliborskie Lakeland has an undulating-lake character, with numerous elevations and small lakes. Terminal moraine is a non-layered mixture of sands, gravel, boulders, and clay. In the southern part of this region, brown earths proper are predominant, whereas in the northern part, there are endoeutric cambisols and luvisols. The good soils of this mesoregion create favourable conditions for agricultural development. Forests are present only in the form of scattered patches on sandur fields and steep slopes, amounting to approx. 26.5% of the mesoregion's area. In the Myśliborskie Lakeland, there are glacial form complexes of the southernmost Pomeranian phase of the Vistulian glaciation. The relief of this mesoregion was formed by the ice sheet activity during the Myśliborska, Angermünde-Chojna and Penkun-Mielecin subphases (fig. 1).

The fragment of the Myśliborskie Lakeland, which was selected on the basis of its specific relief, is located on rolling morainic upland with numerous kettles, delineated to the north by accumulative moraines (Piotrowski, Sochan, 2009). Its substrate is comprised of glacial till over fluvioglacial sand and gravel.

The specific groupings of kettle holes in the study area are present both in arable lands as well as in areas which are permanently or temporarily afforested. The fragment selected for the present study is located within the region which, both during the Slavic settlement and the subsequent German colonization, was characterized by a high level of forest cover and dispersed settlement pattern. Prior to colonization, this area was permanently afforested (Volkman, 2005) and the settlement pattern established in the 13th and 14th cen. The villages closest to the analysed area – Stołeczna and Piaseczno, are listed in the cadaster from the first half of the 14th cen. (Przybylska, 2005), which gives grounds for assuming that the process of adopting the previously afforested areas for use as arable fields in this area

- map Königliche Preußische Landesaufnahme, w skali 1 : 25 000, wydawanych w końcu XIX w,
- map topograficznych w skali 1: 10 000 i bazy danych BDOT,
- numerycznego modelu terenu NMT w rozdzielczości 1m (geoportal.gov.pl),
- ortofotomapy (geoportal.gov.pl).

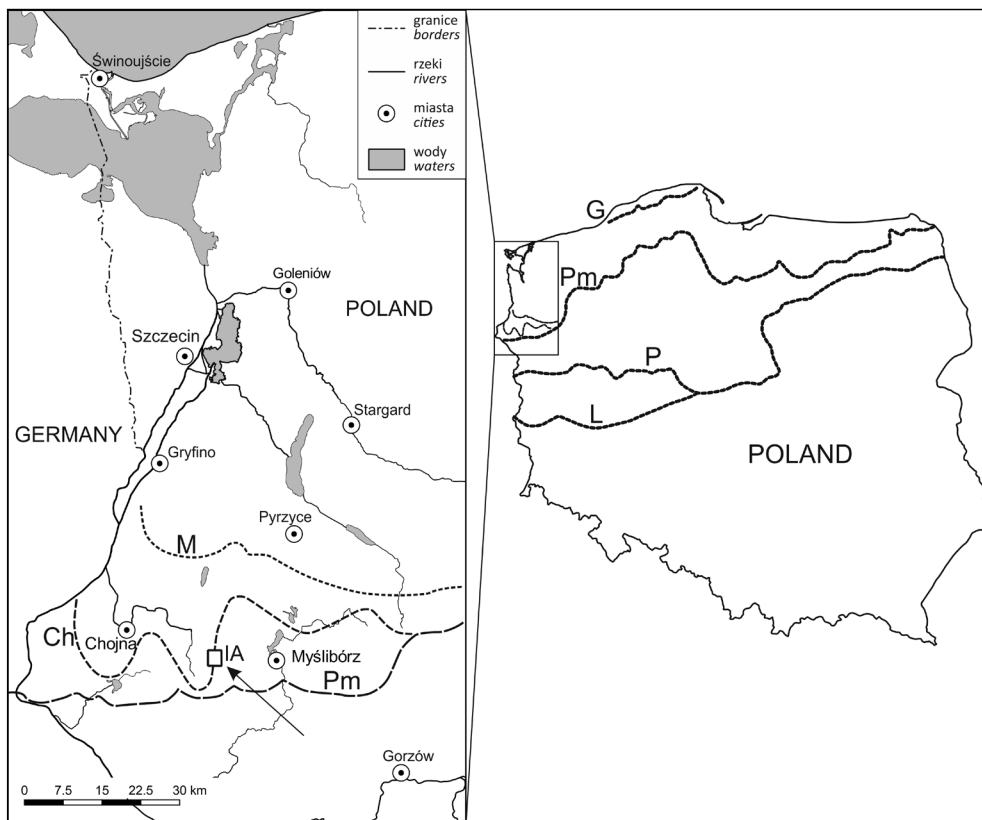
Materiały kartograficzne zostały zeskanowane, a następnie zarejestrowane w programie Quantum GIS do jednolitego układu współrzędnych (ETRS89/CS92). Na ich podstawie w programie MapInfo Professional wykonano mapy wektorowe, przedstawiające użytkowanie terenu, i dokonano obliczeń powierzchni obiektów. Przy wyznaczeniu granic zlewni wspomagano się programami SAGA GIS i Global Mapper, natomiast do wyliczenia średniej odległości do najbliższego sąsiada wykorzystano CrimeStat Spatial Statistics.

began during the German colonization period, thus at the end of the 13th century.

The analysis of the changes in land use within the area of kettle hole catchments between the late 18th cen. till the beginning of the 21st cen. was conducted on the basis of the following materials:

- Goswien Othmar Schultze maps, dated 1770,
- Preußische Landesaufnahme maps, scale 1:25 000, from the first half of the 20th cen.,
- Königliche Preußische Landesaufnahme maps, scale 1:25 000, published in the late 19th cen.,
- topographic maps on a scale of 1:10,000 and BDOT databases,
- digital terrain model (DMT) with a resolution of 1m (geoportal.gov.pl),
- orthophotomaps (geoportal.gov.pl).

The cartographic maps were scanned and recorded using Quantum GIS software in the uniform coordinate system (ETRS89/CS92).



Ryc. 1. Usytuowanie obszaru badań (IA) względem kolejnych faz ostatniego zlodowacenia w północno-zachodniej Polsce: L – faza leszczyńska, P – faza poznańska, Pm – faza pomorska, G – faza gardzieńska, Ch – subfaza chojeńska, M – subfaza mielecińska

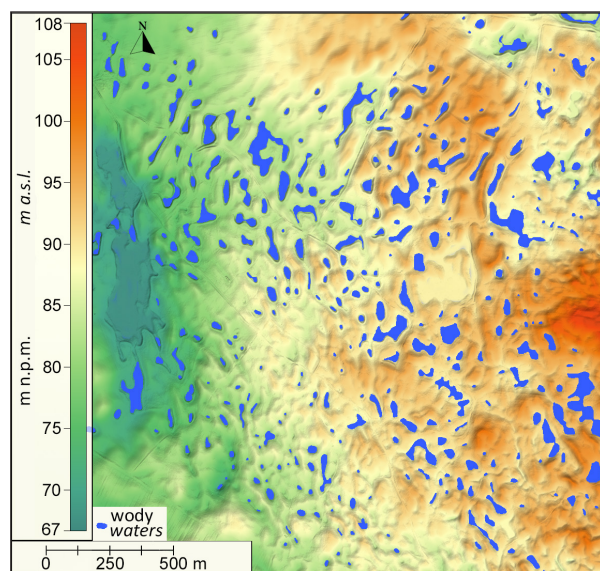
Źródło: opracowanie własne, przebieg subfaz wg Kozarskiego (1995)

Fig.1. Location of the investigation area (IA) in relation to the successive phases of the last glaciation in North-Western Poland: L – Leszno phase, P – Poznań phase, Pm – Pomeranian phase, G – Gardno phase, Ch – Chojna subphase, M – Mielęcin subphase. **Source:** own analysis, phase course after Kozarski (1995)

WYNIKI I DYSKUSJA

Obszar badań o powierzchni 12,5 km² charakteryzuje się największym zagęszczeniem oczek wodnych na całej Nizinie Szczecińskiej. W końcu XIX w. dochodziło ono do 50 sztuk na 1 km² (Pieńkowski, 2003). Rozmieszczenie oczek wodnych, ich kształt i budowa mis wskazują na charakterystyczne, nie spotykane na pozostałych obszarach Pomorza Zachodniego, glacialne procesy morfogenetyczne (ryc. 2), które doprowadziły do powstania gęstej sieci bardzo małych zlewni (tab. 1, ryc. 3).

Dotychczasowa analiza rozmieszczenia kociołków pozwala przypuszczać, że ich skupienia mogą być powiązane z lodowym lobem Tywy, na którego obecność wskazuje m.in. rozmieszczenie oczek wodnych na północny zachód od obszaru badań (Pieńkowski, 2008). Także w obrębie ówczesnego lobu znajdują się zgrupowania oczek mogące wskazywać na kształt wycofującego się lądolodu. Podobne skupiska oczek w formie łuków stwierdzono koło Stralsundu, wiążąc ich powstanie z dynamiką wycofywania się lądolodu (Grunert, Janke, 1981). Doniesienia z północno-wschodnich Niemiec potwierdzają, iż największe zagęszczenie oczek (dochodzące do 40 na km²) występuje na krawędziach pokryw lodowych ostatniego zlodowacenia (Klafs,



Ryc. 2. Współczesne rozmieszczenie wód i mokradeł w obrębie obszaru badań na tle hipsometrii

Źródło: opracowanie własne, hipsometria na podstawie NMT

Fig. 2. Contemporary distribution of waters and wetlands within the study area on the background of hypsometry

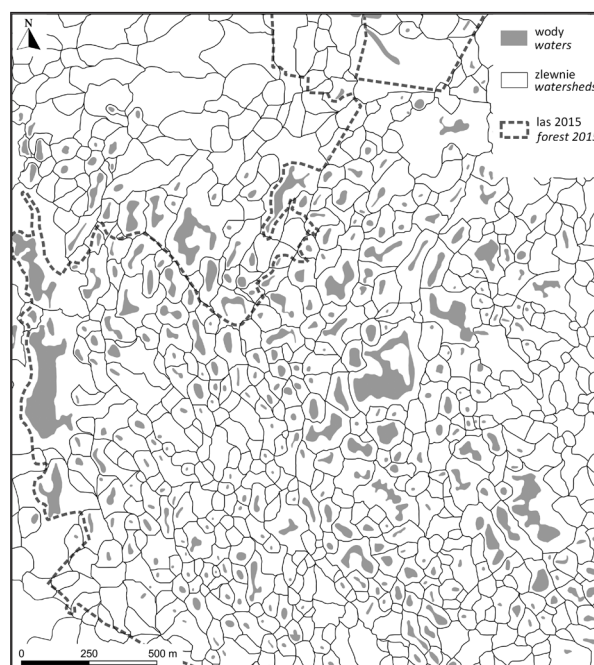
Source: own analysis, hypsometry based on DMT

On these grounds, vector maps were developed using MapInfo Professional software showing land use, and the area of objects was also calculated. To determine the catchment borders, GIS software SAGA and Global Mapper were used, and for the purpose of calculating the Average Neighbour Distance, the CrimeStat Spatial Statistics Programme was used.

RESULTS AND DISCUSSION

The study area of 12.5km² is characterised by having the highest distribution density of small ponds in the Szczecin Lowland. There is a characteristic grouping of water reservoirs, the distribution density of which, in an area of 1 km², amounted to 50 at the end of the 19th century (Pieńkowski, 2003). Their distribution and shape, as well as the structure of the basins indicate characteristic glacial morphogenetic processes not found in other areas of Wester Pomerania, (fig. 2) which led to the development of a dense network of very small catchments (table 1, fig. 3)

The analyses of the distribution of kettle holes conducted thus far suggest that their groupings may be related to the Tywa lobe, the presence of which



Ryc. 3. Sieć małych zlewni w obrębie obszaru badań

Źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Network of small catchments within the study area

Source: own analysis

Tab. 1. Charakterystyka kociołków i ich zlewni (stan obecny)*Tab.1. Characteristics of kettle holes and their catchments (present state)*

Użytkowanie <i>Land use</i>	Zbiorniki wodne <i>Water reservoirs</i>			Zlewnie zbiorników <i>Reservoir catchments</i>		
	średnia wielkość <i>average area</i>	mediana <i>median value</i>	średnia odległość do najbliższego sąsiada <i>average nearest neighbor distance</i>	średnia wielkość <i>average area</i>	mediana <i>median value</i>	średni spadek <i>average</i>
	[m ²]	[m ²]	[m]	[ha]	[ha]	[%]
Polne – Arable fields	981	662	84,4	1,04	0,71	7,9
Zmienne – Variable	933	603	78,5	0,89	0,67	10,1
Leśne – Forest	664	309	71,8	0,68	0,49	11,3

Źródło: opracowanie własne

Source: own analysis

Lippert, 2000). Również w rejonie lodowca Salzach na Północnym Przedgórzu Alp zaobserwowano, że największe skupiska oczek występują w wąskim pasie wzdłuż końcowego płata lodowca, natomiast w centrum stacjonującego dawniej lobu ich liczba jest znikoma (Götz i in., 2018). O oczkach, które rozmieszczone są w obrębie lekko pofałdowanego pasma, informują także doniesienia z obszaru chronionego krajobrazu „Augsdaugava” na Łotwie (Muiżniece, Soms, 2015).

Charakterystyczne rozmieszczenie oczek, opisywanego w niniejszej pracy zespołu z okolic Stołecznej, uwarunkowane rzeźbą terenu, porównać można ze specyficznym ułożeniem zbiorników wodnych na Pojezierzu Dobrzyńskim, których usytuowanie i kształt wiąże się ściśle z pasowym położeniem obniżen pomiędzy drumlinami (Chutkowski, Olszewski, 2008; Koprowski i in., 2012). Występują tam użytkowane rolniczo kręte wały z erozji wód subglacjalnych, rozdzielone obniżeniami (Lesemann i in., 2010), w których znajdują się podlegające szybkiemu „ładowieniu” małe zbiorniki wodne o bardzo zróżnicowanej budowie mis i osadów je wypełniających (Karasiwicz i in., 2014).

Geneza form ukształtowania powierzchni, w obrębie której wytworzyły się kociołki w okolicy Stołecznej, nie jest dotychczas wyjaśniona i będzie ona przedmiotem dalszych dociekań autora. Tym niemniej podobnie jak na obszarze drumlinów, analizowane oczka są elementem stosunkowo nietrwałym, zwłaszcza na obszarach rolniczych, gdyż leśnie użytkowanie konserwuje w znacznym stopniu zarówno ich niewielkie zlewnie, jak również misy zbiorników. Największy zanik oczek wodnych dotyczył zatem tych znajdujących się w zachodniej

is indicated by, among others, the distribution of kettles located to the north-west of the study area (Pieńkowski, 2008). Also, within the area of the lobe itself, there are groupings of reservoirs which may suggest the shape of the retreating ice sheet. Similarly, the groupings of kettles taking the form of an arch were found in the area of Stralsund, which was attributed to the dynamics of the retreating glacier and ice melting (Grunert, Janke, 1981).

The findings from north-eastern Germany confirm that the highest distribution density of kettle holes (reaching 40 per km²) corresponds to the low relief ice margins of the Laurentide and Weichselian ice sheets (Klafs and Lippert, 2000). Additionally, the location of Late Pleistocene kettles in the area of the Salzach Glacier Lobe in the North Alpine Foreland indicates that the highest kettle concentrations were observed within a narrow swath along the distal lobe dominated by terminal moraines and ice wastage, whereas in the centre of the former glacier lobe their number was negligible (Götz et al., 2018). The presence of kettle holes which are distributed in the form of a slightly undulated band is also reported by the results of the research from the part of the protected landscape area “Augsdaugava” in Latvia (Muiżniece, Soms, 2015).

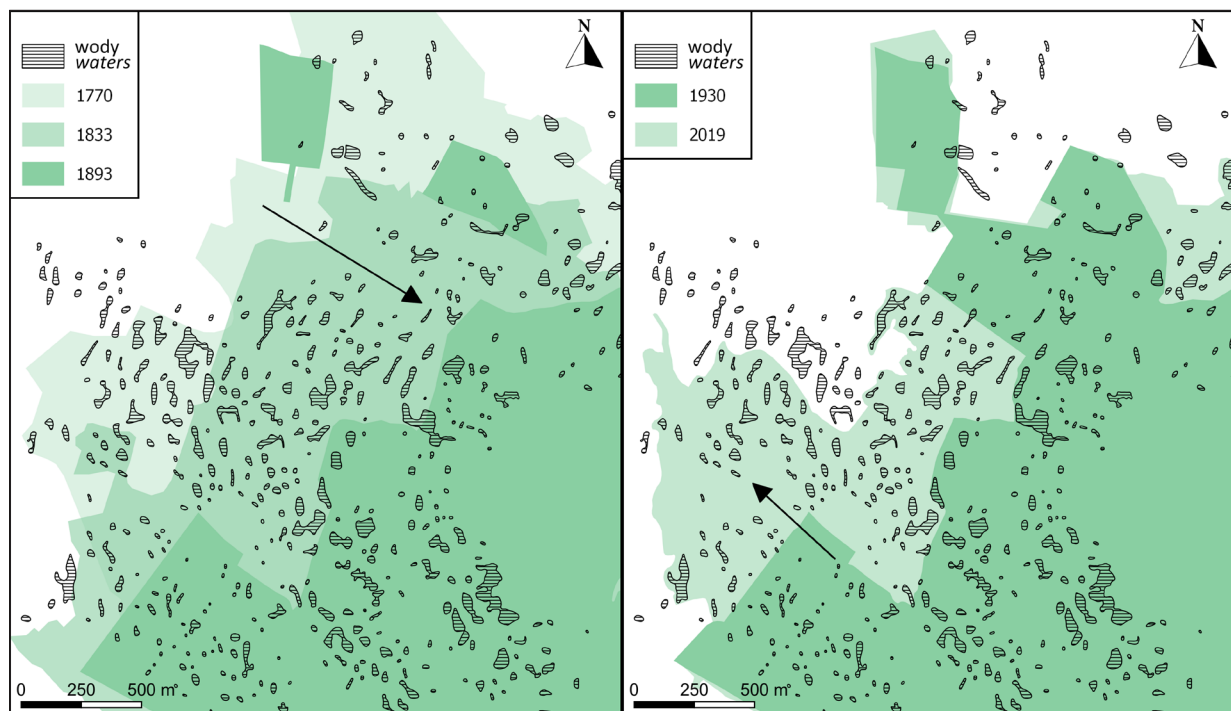
The characteristic distribution of kettles within the complex of the kettle holes of the Stołeczna area presented in this paper, determined by the land relief, can be compared with the specific distribution of water reservoirs in the Dobrzyńskie Lakeland, the location and shape of which is closely related to the strip-like location of the depressions between drumlins (Chutkowski, Olszewski, 2008; Koprowski et al., 2012).

części obszaru badań, gdzie zasięg gruntów ornych odnotowano już na mapach pochodzących z końca XVIII w. (ryc. 4).

Za główną przyczynę przyspieszonego znikania kociołków w obrębie pól uznaje się melioracje odwadniające (van der Meij i in., 2019) oraz wzmożoną denudację fizyczną i chemiczną, zależną m.in. od nachylenia i wielkości zlewni (Pätzig i in., 2012). Analizowane w pracy lata 1833-2020 to okres nasilonego wzrostu intensywności użytkowania małych zlewni oraz prowadzenia na szeroką skalę prac melioracyjnych, które dopro-

In this area, there are agriculturally used winding earth banks due to subglacial water erosion, separated with depressions with the character of intra-glacial curvilinear troughs (Lesemann et al., 2010), in which there are rapidly terrestialising small water reservoirs of extremely varied structure of basins and filler sediments (Karasiewicz et al., 2014). However, the origin of the land relief encompassing the area with kettle holes near Stołeczna has not yet been explained and is to be investigated by the author in subsequent studies.

However, similarly to the area of drumlins, the



Ryc. 4. Zasięg lasów w latach 1770–2019 na tle współczesnego rozmieszczenia oczek (strzałki wskazują kierunek wycofywania się lub wkraczania lasów na grunty orne)

Źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Forest coverage over the period 1770-2019 against the contemporary location of kettle holes (arrows indicate the direction of the retreat or encroachment of forest into arable lands)

Source: own analysis

wadziły na terenie całego Pomorza Zachodniego do obniżenia poziomu wód gruntowych o około 20-30 cm (Jurczuk, 1991). Skutkowało to m.in. zanikiem wielu oczek, których istnienie związane było z zasilaniem wodami gruntowymi (Golus, Bajkiewicz-Grabowska, 2017). Kociołkom, które znajdują się w misach ze stromymi brzegami, zagraża również bezpośrednie zasypywanie zagłębień mające na celu przekształcenie ich powierzchni pod grunty orne. Proces całkowitej likwidacji oczek nasilił się na Pomorzu w latach 70.

analysed kettles are relatively non-permanent in character. This mainly refers to the objects located in agricultural lands, since forest use to a great extent preserves both their small catchments as well as reservoir basins. The greatest loss of kettle holes was identified with respect to landforms located in the western part of the study area, where arable land coverage was recorded on maps from the late 18th century (fig. 4).

It is believed that the main reason behind the accelerated disappearance of kettle holes within

XX w., gdy przystąpiono do intensyfikacji rolnictwa i tworzenia gospodarstw wielkoobszarowych. Zjawisko to miało również miejsce w sąsiadujących z Pomorzem Zachodnim landach Niemiec (Bayerl, 2006; Johnston, 2013) i obserwuje się je nadal w odniesieniu do oczek w obrębie analizowanej grupy zbiorników (fot. 1). Obecnie na gruntach ornych w okolicy Stołecznej znajduje się wiele kopalnych kociołków, które w wyniku rolniczego użytkowania obszaru zanikły, a o ich istnieniu możemy wnioskować z osadów znajdujących się pod warstwą gruntów ornych. Jak stwierdzono, część z dawnych mis zbiorników wypełniona jest glinami próchnicznymi o dużej miąższości, co może wskazywać na celowe ich zasypanie. W niektórych profilach znajdują się warstwy torfu dochodzące do 2 m, co wskazuje – biorąc pod uwagę przeciętne roczne tempo jego przyrostu – iż wypełnienie wodą ówczesnych oczek wodnych mogło trwać nawet kilkaset lat.

Wyniki ilustrujące zanikanie oczek na badanym obszarze zestawiono w tabeli 2. Na mapach z 1833 r. odnotowano 584 oczka wodne, z czego 217 na obszarze, który do czasów współczesnych niezmiennie pokrywały lasy, a 98 oczek znajdowało się na obszarze, który od lat 80. XIX w. był stale użytkowany jako grunt orny.

arable lands is drainage melioration (van der Meij et al., 2019) and increased physical and chemical denudation determined by, among other things, catchment slope and area (Pätzig et al., 2012). The period 1833-2020, analysed in the present paper, was characterised by an accelerated increase in the intensity of small catchment use and extensive melioration, which, in the whole area of Western Pomerania, resulted in a decrease in ground water surface elevation by 20-30cm (Jurczuk, 1991). This, among other things, led to a loss of numerous kettles dependent on the supply with ground waters (Golus and Bajkiewicz-Grabowska, 2017). The kettle holes located in basins with steep banks are threatened by direct backfilling aimed at transforming the area into arable land. The process of the destruction of kettles in Pomerania was particularly intense in the 1970s with an intensification of agriculture and the establishment of large-area farms. At that time, arable land management was dominated by land consolidation and the establishment of very large crop rotation fields without any other usable land areas. Accordingly, all obstacles, including kettles, were destroyed. This was also reported in the federal states of Germany neighbouring Western Pomerania (Bayerl, 2006; Johnston, 2013) and is still observed with respect to reservoirs belonging to the analysed



Fot. 1. Przykład rozpoczęcia likwidacji kociołka z okolic Stołecznej w wyniku mechanicznego zasypywania jego misy (wiosna 2019 r.) (fot. M. Podlasiński)

Photo 1. Exemplary initialization of kettle hole destruction in the area of Stołeczna by mechanical backfilling of the basin (spring 2019) (photo by M. Podlasiński)

group of ponds (photo 1). At present, in the arable lands in the area of Stołeczna, there is evidence of many mine kettle holes which, due to agricultural land use in the area, have disappeared and are only manifested by the sediments located below the layer of arable land. It was found that some of the former reservoir basins are filled with humus clays of high thickness which may indicate deliberate backfilling. Some profiles show layers of peat reaching 2m which, given the average annual rate of peat increment,

Tab. 2. Zanik oczek na obszarze badań w latach 1833–2019 w zależności od sposobu użytkowania*Tab. 2. Loss of kettle holes in the study area over the period 1833-2019 depending on land use*

Zakres lat Years	Zanik oczek Kettle holes loss [%]			Średni roczny zanik oczek [sztuk na rok] Average annual kettle loss [objects per year]		
	użytkowanie – land use			użytkowanie – land use		
	pola fields	zmiennie variable	las forest	pola fields	zmiennie variable	las forest
1833-1930	21,4	1,2	0,9	0,22	0,03	0,02
1930-2019	35,1	5,5	1,9	0,30	0,16	0,05
1833-2019	49,0	6,6	2,8	0,26	0,09	0,03

Źródło: opracowanie własne

Source: own analysis

Z 574 istniejących w 1833 r. oczek wodnych pozostały do czasów współczesnych 503, a zatem średni zanik wszystkich oczek wyniósł 12,4%. Biorąc pod uwagę bardzo małą wielkość tych obiektów (średnio 844 m²), ubytek w porównaniu z innymi obszarami północnej Europy był stosunkowo niewielki. Głównym czynnikiem różnicującym ich przetrwanie był sposób użytkowania ich zlewni. Zanik zespołu kociołków polodowcowych w okresie dwustu lat na obszarach lasów wyniósł zaledwie 2,8%, podczas gdy w tym samym okresie oczka śródpolne zanikły aż w 49%. Na zróżnicowanie tempa zanikania kociołków pomiędzy obszarami leśnymi a gruntami ornymi zwrócił wcześniej uwagę Ringler (1979), który w okolicach Wasserburga (Bawaria) na powierzchni 150 km² w latach 1856-1974 stwierdził ubytek oczek śródpolnych o 69%, natomiast zanik oczek śródleśnych wyniósł zaledwie 32%. Zróżnicowanie tempa zanikania oczek w obrębie obu form użytkowania terenu świadczy o presji rolnictwa i intensywności gospodarowania na stan liczebny oczek wodnych, a także o roli obszarów zalesionych, gdzie następuje konserwacja małych zagłębień, zwłaszcza na bogato urzeźbionych obszarach, gdzie pokrycie lasem znacząco zmniejsza zjawiska erozyjne (Panagos i in., 2015).

Analizując liczebność oczek wodnych w czasie, można stwierdzić, że zwłaszcza drugi z zaprezentowanych okresów (1930-2019) charakteryzował się wzmożonym ich zanikiem. Na obszarach użytkowanych od 1833 r. jako grunty orne wynosił on 35,1%. Można to tłumaczyć faktem iż po II wojnie światowej w latach 70. na Pomorzu przystąpiono do intensyfikacji rolnictwa i tworzenia gospodarstw

suggests that the ponds may have been filled with water for as long as several hundreds of years.

The results presenting the disappearance of ponds in the study area are given in table 2. The maps from 1833 show 584 ponds, with 217 located in the area which, up to present times, was permanently afforested, and 98 ponds located in the area which, since the 1980s, has been permanently used for agricultural purposes. Out of the kettles present in 1833, 503 objects have remained, therefore the average disappearance of the total number of kettles was 12.4%. Given the very small area of these landforms (on average 844m²), the loss is relatively small when compared with other areas in northern Europe. However, the main differentiating factor determining the survival of these reservoirs was catchment use. The loss of postglacial kettle holes over a period of two hundred years amounted to only 2.8%, whereas, in the same period, the loss of midfield kettles was 49%. The differentiation of the disappearance rate of kettle holes between afforested areas and arable lands was previously analysed by Ringler (1979), who, in the area of Wasserburg (Bavaria), in a study area of 150km² (period 1856-1974), identified midfield kettle loss of 69%, and only 32% loss of midforest ponds. Differentiation of the disappearance of kettles in areas characterised by both forms of land use shows the effect of agricultural pressure and management intensity on the number of kettles present. This also exemplifies the significance of afforested areas which preserve small depressions, particularly in areas with rich land relief, as forest coverage significantly reduces the erosive processes (Panagos et al., 2015).

wielkoobszarowych. Kształtowanie przestrzeni rolnej było wówczas ukierunkowane na tworzenie bardzo dużych pól płodozmianowych, bez jakichkolwiek innych użytków. Ponadto w latach 70. w wyniku wprowadzenia ciężkich maszyn i zwiększenia głębokości orki nastąpiło wzmożone niszczenie brzegów oczek, które przyspieszyło tempo wypełniania ich zagłębień osadami deluwialnymi (Frielinghaus, 1998), co zaobserwowano również na wschodzie Brandenburgii i w Schlezwicku-Holsztynie (Kalettka, 1996).

Wyjątkowo duże tempo zaniku kociołków śródpolnych w okolicy Stołecznej, znacznie wyższe niż na pozostałych obszarach Pomorza i Brandenburgii, tłumaczyć można zarówno presją rolnictwa wynikającą z obecności na tym obszarze dobrych gleb (płowych na glinach), jak również morfometrią zlewni i małymi rozmiarami mis zbiorników.

Użytkowanie rolnicze zlewni wpłynęło również na zmianę pierwotnego kształtu mis oczek, które w obrębie obszarów leśnych miały charakterystyczny „lejkowaty” kształt (ryc. 5). Cechą charakterystyczną kociołków śródpolnych jest występowanie w ich otoczeniu wałów (ang. *furrow/dam*) o wysokości 30-40 cm, które są zapewne wynikiem płuźnej uprawy roli (Ulrich i in., 2018). Owe bruzdy stwierdza się również wokół większości analizowanych oczek śródpolnych, natomiast wokół oczek znajdujących się dawniej na obszarach użytkowanych rolniczo, a przejętych ponownie pod użytkowanie leśne, te formy całkowicie zanikły. Ponadto od strony zlewni oczek stwierdzono obecność otaczających wspomniany wał wilgotnych obniżzeń, które zaobserwowano również na obszarach północnych Niemiec. Taka budowa brzegów otaczających misę kociołków ogranicza m.in. spływy powierzchniowe docierające do zbiornika (Kalettka, 1996).

Znaczącym czynnikiem, który przyczyniał się do zachowania mis śródpolnych zbiorników tego kompleksu, był również fakt, iż posiadały one zadrzewiony pas roślinności brzegowej, który m.in. utrwalał ich misy i utrudniał bezpośrednie ich zasypanie.

Warto zaznaczyć, że dodatkowe zagrożenie kociołków i pełnionych przez nie funkcji krajobrazowych pojawiło się w Polsce wraz z obowiązującymi od początku 2017 r. przepisami, umożliwiającymi wycinę drzew i krzewów na prywatnych działkach należących do osób fizycznych bez uzyskania stosownych pozwoleń i nadzoru (nowelizacja tej ustawy z czerwca 2017 r. uzależniła konieczność

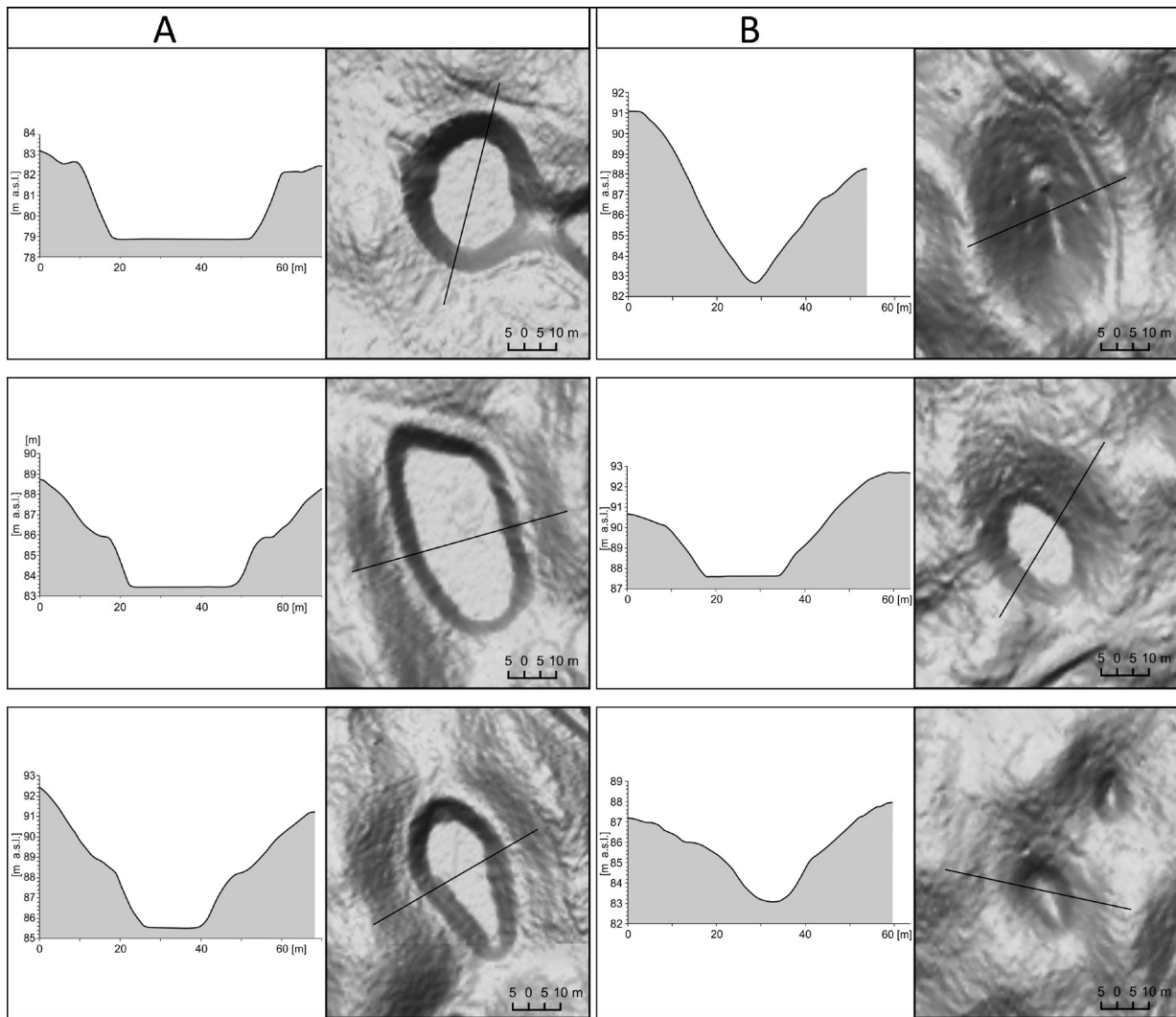
The analysis of the number of reservoirs over time shows that the second period (1930-1920) in particular was characterised by the greatest loss. In the areas used as arable lands since 1833, the loss was 35.1%. This may be due to the fact that after World War II, in the 1970s in Pomerania there was an extensive intensification of agriculture and setting up of large-area fields. At that time, land management was oriented towards the development of extensive crop rotation fields without any other usable land areas. Moreover, in the 1970s, owing to the introduction of agricultural heavy machinery and increasing the ploughing depth, there was an accelerated destruction of the edges of kettles, which only increased the rate in which the depressions were filled with diluvial deposits (Frielinghaus, 1998), which was also reported in Eastern Brandenburg and Schleswig-Holstein (Kalettka, 1996).

The exceptionally fast rate of midfield kettle disappearance around Stołeczna, significantly higher than in other areas of Pomerania and Brandenburg, can be explained both by agricultural pressure, given the good soils (lessive clay-made), and catchment morphometry, as well as the small area of reservoir basins.

The agricultural use of the catchment also affected the change in the original shape of the basins of the ponds, which in forest areas were characteristically funnel-shaped (fig. 5). The characteristic feature of mid-field kettle holes is their occurrence around furrows/dams (30-40cm in height) resulting from management practices such as ploughing (Ulrich et al., 2018). Furrows are also found in most analysed midfield kettles, whereas with respect to reservoirs located in previously agriculturally used areas and adopted for forest use, these forms are almost non-existent. Furthermore, from the catchment side, there are humid depressions surrounding the dam which were also found in northern Germany. This structure of the edges of kettle hole basins reduces, among other things, surface runoff reaching the reservoir (Kalettka, 1996).

A meaningful factor contributing to the preservation of midfield basins of the reservoirs of this complex was also the fact that there were wooded strips of waterside vegetation which preserved, among other things, the basins and hindered the direct backfilling.

Additional risks to kettle holes and their landscape functions in Poland came with legislation in force since 2017 which allows the removal of trees and shrubs from private plots owned by a private person without the obligation of being granted the



Ryc. 5. Przykłady przekrojów mis śródpolnych (A) i śródleśnych (B) oczek wodnych. Źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Differentiation of land relief in the area of kettle holes (A) in arable lands and forests (B). Source: own analysis

zgłoszenia zamiaru usunięcia drzew w zależności od obwodu pnia i gatunku). Liberalizacja przepisów dotyczących usuwania drzew umożliwiła m.in. dewastację kociołków na obszarze badań (fot. 2).

Znaczenie takiego zadrzewionego pasa potwierdzają analizy zachowania oczek wodnych na Pomorzu Zachodnim wykonane dla okresu XIX w. i XX w. Wskazują one jednoznacznie, iż zanik oczek uzależniony jest również od rodzaju pasa roślinności. W największym stopniu zanikowi podlegają śródpolne nie posiadające pasa zieleni (79%), w najmniejszym zaś (58%) oczka otoczone drzewami (Pieńkowski, 2002). Obecność drzew wokół mis kociołków zmniejsza ponadto podatność mis zbiorników na erozję brzegową (Neyen, 2014).

permission to do so and without any supervision (the amendment to the act of June 2017 conditioned the removal on the notification of the intention of tree removal depending on trunk circumference and species). The liberalisation of regulations regarding tree removal allowed, among other things, the devastation of kettle holes in the study area (photo 2).

The importance of the aforementioned strip is confirmed by the analyses of pond activity conducted in Western Pomerania concerning the 19th and 20th century. The analyses clearly show that the disappearance of ponds is also determined by the type of vegetation strip. To the largest extent, the disappearance is observed with respect to midfield ponds without vegetation strips (79%), and in the slightest – ponds surrounded by trees



Fot. 2. Oczka wodne w krajobrazie rolniczym na obszarze badań (A) wraz z przykładem obiektów, względem których rozpoczęto działania mające na celu ich przejście na użytkowanie rolnicze (B) (fot. M. Podlasiński)

Photo 2. Agricultural landscape with kettle holes in the study area (A) with exemplary objects subjected to adaptation for agricultural use (B) (photo by M. Podlasiński)

PODSUMOWANIE

W obrębie monotonych obszarów rolniczych oczka wodne są jednym z ważniejszych elementów podnoszących estetykę krajobrazu polodowcowego. Szczególnie cenne są kompleksy zbiorników, które z uwagi na swoją genezę, wzajemne rozmieszczenie, budowę mis i powiązaną z nimi szatę roślinną tworzą niepowtarzalne enklawy krajobrazowe – w skali zarówno lokalnej, jak i krajowej. Do obszarów charakteryzujących się wyjątkowością krajobrazu zaliczyć można z pewnością analizowany obszar kociołków w okolicy Stołecznej, gdzie ich skupienia powiązane są z rzeźbą terenu występującą w strefie brzegowej łobu Tywy (Pieńkowski, 2008).

Analizowany zespół oczek wodnych usytuowany jest na obszarze użytkowanym jako grunty orne i lasy. W obrębie pól otoczone drzewami kociołki stanowią dominanty krajobrazowe o bardzo wysokim walorze estetycznym. Jednak ich obecność na obszarach pól stwarza konflikty między ochroną krajobrazu a użytkowaniem rolniczym terenu. W latach 1833-2020 rolnicze użytkowanie zlewni spowodowało zanik prawie połowy kociołków, podczas gdy leśne pokrycie terenu konserwowało ich misy i zlewnie, a ubytek zbiorników był nieznaczny. Użytkowanie rolnicze wpływało również na wyrównanie rzeźby terenu i kształtowanie otoczenia w pasie bezpośrednio przylegającym do mis oczek. Cechą charakterystyczną analizowanych kociołków był pas zieleni, w obrębie którego występowały ponad

(58%) (Pieńkowski, 2002). The presence of trees surrounding the kettle hole basins additionally reduces susceptibility to bank erosion (Neyen, 2014).

CONCLUSION

In the monotonous agricultural landscape, kettle holes are one of the most important elements enriching the postglacial landscape aesthetics. Particularly valuable are reservoir complexes, in which, due to their origin, position in relation to one another, basin structure and corresponding vegetation cover, constitute a unique enclave landscape – both on a national and a regional scale. The analysed area of Stołeczna with kettle holes is definitely characterised by an exceptional landscape, and the groupings of reservoirs present there are closely related to land relief within the margin zone of the Tywa lobe (Pieńkowski, 2008).

The analysed complex of kettle holes is located in areas used as arable lands and forests. Within the analysed area, the kettle holes surrounded by trees form landscape dominants of an extremely high aesthetic value. However, their presence in intensively used agricultural areas creates conflicts between nature conservation and farmers' economic interests. In the period 1833-2020, the agricultural use of catchment resulted in a loss of almost half of the kettle holes, whereas the forest coverage of the area allowed for preservation of

stuletnie dęby szypułkowe. Obserwacje przeprowadzone na całym Pojezierzu Myśliborskim, jak i w obrębie analizowanej grupy oczek wskazują na często pomijane znaczenie obecności drzew w pasach otaczających kociołki śródpolne, które oprócz waloru krajobrazotwórczego są ważnym czynnikiem utrudniającym ich niwelację poprzez zasypianie mis. Mając na uwadze znaczenie roślinności drzewiastej w utrwalaniu mis zbiorników, a także wartość biocenotyczną pasów zieleni otaczających obiekty, należałoby w warunkach europejskich odrzucić propozycje rozwiązań w odniesieniu do kociołków znajdujących się na polodowcowych obszarach Ameryki Północnej, gdzie sugeruje się wykorzystanie roślinności drzewiastej i krzewiastej do celów energetycznych (Schroeder i in., 2009; Savoie i in., 2010).

Część z analizowanych kociołków znajduje się na obszarze Natura 2000 i jak dotychczas obiekty te nie zostały jeszcze przejęte na grunty orne. Jednak ogólny trend zmierzający do niwelowania obiektów, które stwarzają trudności przy manewrowaniu dużych maszyn rolniczych, stanowi nadal poważne niebezpieczeństwo dla ich istnienia (Johnston, 2013). Stąd też ochrona kociołków powinna być ujęta w dokumentach strategicznych i programach ochrony.

Wyjątkowość tego obszaru wynikająca z odmienności procesów deglacyjnych, które wpłynęły na rzeźbę terenu i formowanie się kociołków, potwierdza zasadność coraz częściej pojawiających się postulatów, aby przy zarządzaniu obszarami przyrodniczymi uwzględniać elementy abiotyczne, w tym „geodziedzictwo” (Brocx, Semeniuk, 2007; Ferna, 2012), które to pojęcie obejmuje elementy morfologiczne (Gray, 2019). Rozwój technik GIS i teledetekcji powinien ułatwić identyfikację i ocenę wartości krajobrazu polodowcowego oraz typowanie obiektów pod kątem ich znaczenia naukowego i ekologicznego.

the basins and catchments, and the loss was only slight. Agricultural use of the land also affected land levelling and management of the strips directly adjacent to the basins of kettle holes. The characteristic feature of the analysed kettle holes was a vegetation strip including over one hundred-year-old pedunculate oaks. The observations conducted in the whole area of the Myśliborskie Lakeland as well as in the analysed group of kettle holes indicate the often-neglected importance of trees in the strips surrounding midfield kettle holes which, apart from landscape forming value, hinder their elimination by the backfilling of basins. Given the significance of woody vegetation in the preservation of reservoir basins, as well as the biocenotic value of vegetation strips surrounding landforms, it is advisable to adopt a cautious approach to the propositions put forward with respect to kettle holes located in postglacial areas of North America, stipulating the use of woody and shrub vegetation for energy purposes (Schroeder et al., 2009; Savoie et al., 2010).

Some of the analysed kettle holes are located within the Natura 2000 protected area and, for the time being, the landforms present there have not been adopted for arable use. However, the general tendency to level those objects which prevent easy manoeuvring of agricultural machinery still poses a significant risk (Johnston, 2013). Therefore, the protection of kettle holes should be included in policy documents and conservation programs.

The uniqueness of the area resulting from distinctive deglaciation processes determining the land relief and development of kettle holes only confirms the legitimacy of the proposals to include abiotic elements in the strategies of management of natural areas also paying attention to geoheritage (Brocx and Semeniuk, 2007; Ferna, 2012) – encompassing morphological elements such as: landforms, topography, and physical processes (Gray, 2019). The development of GIS techniques and remote sensing should allow easier identification and assessment of postglacial landscape values, as well as the selection of objects with respect to their scientific and ecological importance.

REFERENCES

- Bayerl G., 2006: Geschichte der Landnutzung in der Region Barnim–Uckermark – Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaft (ed.): Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume – Land Innovation, Nr 12, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin: 56 pp.
- Berger G., Schönbrodt T., Langer C., Kretschmer H., 1999: Die Agrarlandschaft der Lebusplatte als Lebensraum für Amphibien. *RANA* 3: 1-19.
- Biggs J., von Fumetti S., Kelly-Quinn M., 2017: The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Hydrobiologia* 793: 3-39.
- Boix D., Biggs J., Céréghino R., Hull A.P., Kalettka T., Oertli B., 2012: Pond research and management in Europe: "Small is Beautiful". *Hydrobiologia* 689: 1-9.
- Bosiacka B., Pieńkowski P., 2012: Do biogeographic parameters matter? Plant species richness and distribution of macrophytes in relation to area and isolation of ponds in NW Polish agricultural landscape. *Hydrobiologia* 689: 79-90.
- Brocx M., Semeniuk V., 2007: Geoheritage and geoconservation – History, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 90: 53-87.
- Chutkowski K., Olszewski A., 2008: The problem of the genesis and relief of glacial basins: the case of the Ugoszcz-Żała area, the Dobrzyń Moraine Plateau. *Landform Analysis* 6: 3-16.
- Collinson N.H., Biggs J., Corfield A., Hodson M.J., Walker D., Whitfield M., Williams P.J., 1995: Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities 74: 125-133.
- Ferna E., 2012: Mapping Geosites for Geoheritage Management: A Methodological Proposal for the Park of Picos de Europa (Leon, Spain) 789-806.
- Frielinghaus M., 1998: Sölle und andere Kleingewässer. Hinweise zur Biotop und Landschaftspflege – Landesumweltamt Brandenburg. *Deutscher Verband für Landpflege*:1-5.
- Golus W., Bajkiewicz-Grabowska E., 2017: Water circulation in the moraine ponds of northern Poland. *Hydrobiologia* 793: 55-65.
- Götz J., Salcher B., Starnberger R., Krisai R., 2018: Geophysical, topographic and stratigraphic analyses of perialpine kettles and implications for postglacial mire formation. *Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography* 100: 254-271.
- Gray M., 2019: Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. *International Journal of Geoheritage and Parks* 7: 226-236.
- Grunert S., Janke S., 1981: Söle als Dokumente der Eisdynamik. *Zeitschrift für angewandte Geologie* 27: 26-28.
- Janssen A., Hunger H., Konold W., Pufal G., Stab M., 2018: Simple pond restoration measures increase dragonfly (Insecta: Odonata) diversity. *Biodiversity and Conservation* 27: 2311-2328.
- Jeffries M.J., 2012: Ponds and the importance of their history: An audit of pond numbers, turnover and the relationship between the origins of ponds and their contemporary plant communities in south-east Northumberland, UK. *Hydrobiologia* 689: 11-21.
- Johnston C.A., 2013: Wetland losses due to row crop expansion in the dakota prairie pothole region. *Wetlands* 33: 175-182.
- Jurczuk S., 1991: Characteristics of transformations of habitat conditions in meadow objects in the province Koszalin and Szczecin (In Polish), IMUZ. ed. Falenty.
- Kalettka T., 1996: Die Problematik der Solle (Kleinhohlformen) im Jungmoränengebiet Nordostdeutschlands. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 4-14.
- Kalettka T., Rudat C., 2006: Hydrogeomorphic types of glacially created kettle holes in North-East Germany. *Limnologica* 36: 54-64.
- Karasiewicz M.T., Hulisz P., Świtoniak M., 2014: Effect of denudation processes on properties of sediments filling the intra-glacial curvilinear troughs in Zbójno vicinity (Dobrzyń Lakeland) (in Polish with English summary). *Landform Analysis* 25: 29-42.
- Kayler Z.E., Badrian M., Frackowski A., Rieckh H., Nitzsche K.N., Kalettka T., Merz C., Gessler A., 2018: Ephemeral kettle hole water and sediment temporal and spatial dynamics within an agricultural catchment. *Ecohydrology* 11: 1-11.

- Klafs G., Jeschke L., Schmidt H., 1973: Genese und Systematik wasserführender Ackerhohlformen in den Nordbezirken der DDR. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 13: 287-302.
- Klafs G., Lippert K., 2000: Landschaftselemente Mecklenburg-Vorpommerns im hundertjährigen Vergleich. Teil 1: Ackerkleinhohlformen. *Naturschutzarbeit Mecklenburg Vorpommern* 43: 58-65.
- Koprowski J., Łachacz A., Pieńkowski P., Szpigiel M., 2012: Transformations of mid-field wetlands in Dobrzyńskie Lakeland in the light of archival cartographic sources (in Polish with English summary). *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 12: 123-138.
- Kozarski S. 1995: Deglaciation of North-Western Poland: Environmental conditions and geosystems transformation (~20 ka to 10 ka BP) (in Polish with English summary). *Dokum. Geogr. 1.IGiPZ PAN, Poznań*: 82 pp.
- Lesemann J.E., Piotrowski J.A., Wysota W., 2010: "Glacial curvilinearities": New glacial landforms produced by longitudinal vortices in subglacial meltwater flows. *Geomorphology* 120: 153-161.
- Lischeid G., Kalettka T., Holländer M., Steidl J., Merz C., Dannowski R., Hohenbrink T., Lehr C., Onandia G., Reverey F., Pätzig M., 2018: Natural ponds in an agricultural landscape: External drivers, internal processes, and the role of the terrestrial-aquatic interface. *Limnologica* 68: 5-16.
- Mai A., Bill R., 2011: Analysing kettle holes in Mecklenburg in the last 225 years using an interdisciplinary virtual research laboratory, in: Pillmann, W., Schade, S., Smits, P. (Eds.), *Innovations in Sharing Environmental Observations and Information*. Shaker Verlag, Aachen: 1-9.
- Miracle M.R., Oertli B., Céréghino R., Hull A., 2010: Preface: Conservation of European ponds-current knowledge and future needs. *Limnetica* 29: 1-8.
- Muižniece E., Soms J., 2015: A geomorphological approach for enhancing environmental management and conservation of landforms as protected nature objects in the Upper Daugava spillway valley, in: *Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. Volume II. Rozekne*, pp. 225-231.
- Myga-Piątek U., Partyka J., 2003: Ponds of the Kraków-Częstochowa Upland as major element of the landscape – the sketch of the concept of pond revitalization project (in Polish with English summary). *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego* 2: 147-164.
- Neyen M., 2014: Depositional Characteristics of Glacial Kettle Holes at Kraatz and Rittgarten, NE Brandenburg, Germany. Bachelor of Science (BSc) Thesis University of Potsdam, Institute of Earth- and Environmental Sciences. University of Potsdam, Institute of Earth- and Environmental Sciences, Potsdam: 47 pp.
- Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C., 2015: The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science and Policy* 54: 438-447.
- Pätzig M., Kalettka T., Glemnitz M., Berger G., 2012: *Limnologica* What governs macrophyte species richness in kettle hole types? A case study from Northeast Germany. *Limnologica* 42: 340-354.
- Pérez-Bilbao A., Benetti C.J., Garrido J., 2015: Biodiversity and Conservation of Temporary Ponds – Assessment of the Conservation Status of "Veiga de Ponteliñares", NW Spain (Natura 2000 Network), Using Freshwater Invertebrates, in: Lo, Y., Blanco, J., Roy, S. (Eds.), *Biodiversity in Ecosystems – Linking Structure and Function*. InTech, pp. 241-269.
- Pieńkowski P., 2002: Changes of greenery belts surrounding mid-field water ponds of Myśliborskie Laka Land (in Polish with English summary). *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis* 226 (90): 195-206.
- Pieńkowski P., 2003: Analysis of distribution and changes in the occurrence of ponds in the North-West area of Poland (in Polish with English summary) *Rozprawy* 222. AR w Szczecinie, Szczecin: 120 pp.
- Pieńkowski P., 2008: Distribution of small, water-filled depressions as a component of the analysis of icesheet retreat dynamics in young glacial areas. *Landform Analysis* 6: 41-46.
- Pieńkowski P., Podlasiński M., 2001: Classification and origin of intrafield ponds a case of study of selected objects of marginal moraine landscape of Western Pomerania (in Polish with English summary). *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura* 221: 223-230.
- Piotrowski A., Sochan A., 2009: Explanations to the detailed geological map of Poland, 1 : 50 000, Arkusz Trzcіńsko Zdrój (345).
- Premke K., Attermeyer K., Augustin J., Cabezas A., Casper P., Deumlich D., Gelbrecht J., Gerke

- H.H., Gessler A., Grossart H.P., Hilt S., Hupfer M., Kalettka T., Kayler Z., Lischeid G., Sommer M., Zak D., 2016: The importance of landscape diversity for carbon fluxes at the landscape level: small-scale heterogeneity matters. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 3: 601-617.
- Przybylska K., 2005: Das sogenannte Neumärkische Landbuch Markgraf Ludwigs des Älteren von 1337. Studien zur territorialen Gliederung und zur Überlieferung" w czasopiśmie „Jahrbuch für die Geschichte Mittel- und Ostdeutschlands, in: Jaworski, E. (Ed.), *Materiały z Sesji Naukowych Organizowanych Przez Wojewódzką i Miejską Bibliotekę Publiczną w Gorzowie Wlkp.* Czerwiec 2003 r., Kwiecień – Maj 2004 r. Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna, Gorzów Wielkopolski. doi:10.1080/15533174.2012.740718
- Rannap R., Löhmus A., Briggs L., 2009: Restoring ponds for amphibians: A success story. *Hydrobiologia* 634: 87-95.
- Ringler A., 1979: Kleinsümpfe und Flurtümpel – auch in Südbayern stark bedroht. *Ber. ANL* 3: 85-88.
- Roepke W., 1929: Untersuchungen ueber die Soelle in Mecklenburg. *Rostock Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft* 18/19: 78-156.
- Rubbo M.J., Cole J.J., Kiesecker J.M., 2006: Terrestrial Subsidies of Organic Carbon Support Net Ecosystem Production in Temporary Forest Ponds: Evidence from an Ecosystem Experiment. *Ecosystems* 9: 1170-1176.
- Savoie P., Lavoie F., D'Amours L., Schroeder W., Kort J., 2010: Harvesting natural willow rings with a bio-baler around Saskatchewan prairie marshes. *Can. Biosyst. Eng.* 52: 2.1-2.5.
- Sayer C., Andrews K., Shilland E., Edmonds N., Edmonds-Brown R., Patmore I., Emson D., Axmacher J., 2012: The role of pond management for biodiversity conservation in an agricultural landscape. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 626-638.
- Schroeder W., Kort J., Savoie P., 2009: Biomass Harvest from Natural Willow Rings around Prairie Wetlands Biomass Harvest from Natural Willow Rings around Prairie Wetlands. *Bioenerg. Res.* 2: 99-108.
- Solon J., Borzykowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018: Physico-Geographical Mesoregions of Poland: Verification and Adjustment of Boundaries on the Basis of Contemporary Spatial Data. *Geographia Polonica* 91: 143-170.
- Ulrich U., Hörmann G., Unger M., Pfannerstill M., Steinmann F., Fohrer N., 2018: Lentic small water bodies: Variability of pesticide transport and transformation patterns. *Science of The Total Environment* 618: 26-38.
- van der Meij W.M., Reimann T., Vornehm V.K., Temme A.J.A.M., Wallinga J., van Beek R., Sommer M., 2019: Reconstructing rates and patterns of colluvial soil redistribution in agrarian (hummocky) landscapes. *Earth Surface Processes and Landforms* 44: 2408-2422.
- Vasic F., Paul C., Strauss V., Helming K., 2020: Ecosystem services of kettle holes in agricultural landscapes. *Can. Biosyst. Eng.* 52: 0-12.
- Volkman A., 2005: Medieval settlement in New March Province based on Polish and German archaeological research (in Polish with English summary). *Wojewódzka i Miejska Biblioteka Publiczna w Gorzowie Wlkp., Zeszyty Naukowe* 2: 59-76.

