Studenckie Koło Naukowe Geografów
im. Stanisława Pawłowskiego
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu

52° 24' 34"

16° 55' 08"

Wybrane metody badań środowiska geograficznego Polski

UAM
STUDENCKIE KOŁO NAUKOWE GEOGRAFÓW
POZNAŃ

GEOPRZESTRZEŃ 8

GEOPRZESTRZEŃ

8

Wybrane metody badań środowiska geograficznego Polski

Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

GEOPRZESTRZEŃ

8

Wybrane metody badań środowiska geograficznego Polski

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
Poznań 2024

Wydano przy wsparciu finansowym
Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM

Redaktor: Andrzej Kostrzewski

Zastępca redaktora: Dawid Abramowicz

Sekretarz: Mateusz Robaczewski

Komitet redakcyjny: Andrzej Kostrzewski (przewodniczący), Dawid Abramowicz, Małgorzata Cichoń, Iwona Hildebrandt-Radke, Ditta Kicińska, Leszek Kolendowicz, Tomasz Kossowski, Iwona Markuszewska, Paweł Matulewski, Grzegorz Rachlewicz, Mateusz Robaczewski, Mateusz Rogowski, Dariusz Wrzesiński, Zbigniew Zwoliński

Recenzenci: Ewa Bednorz, Paweł Cybulski, Witold Piniarski, Marek Półrolniczak, Maciej Smaczyński, Krzysztof Stachowiak

Projekt okładki: Paweł Piekarski, Aniela Rząsa
(wykorzystano fotomapę miasta Poznania przekazaną przez dr. Andrzeja Kijowskiego)

ISBN 978-83-7986-513-0

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
ul. Górna Wilda 90, 61-576 Poznań
www.bogucki.com.pl, e-mail: biuro@bogucki.com.pl

Druk i oprawa: PerfektDruk

Spis treści

Maciej Bieńkowski, Leszek Kolendowicz, Marek Półrolniczak
The occurrence of thermal seasons in selected meteorological stations of the Carpathians 7

Tomasz Matuszek, Adrian Nowacki, Martyna Bielecka, Radosław Jagła
Ocena sezonowej zmienności temperatury powierzchni terenu na obszarze Poznania i powiatu poznańskiego 37

Adrian Nowacki, Igor Graczykowski, Filip Ratajszczak, Radosław Jagła
Porównanie dokładności różnych źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi na przykładzie miasta Poznania i powiatu poznańskiego 55

Wojciech Rymarkiewicz
Analiza zmian przestrzeni geograficznej z wykorzystaniem dawnych map topograficznych w skali 1:25 000 na przykładzie kamieniołomów Wapienno–Bielawy–Piechcin w latach 1911–2023 73

Daria Powałowska, Przemysław Hajdrowski, Marta Stróżyk, Aleksandra Osses, Jakub Woźniak
Ocena wybranych metod graficznej prezentacji obszaru delty rzecznej na przykładzie Wstecznej Delty Świny 85

Jakub Woźniak, Tymoteusz Horbiński
Comparing fixations heatmaps of gamers and non-gamers during video game map-based tasks 103

Jakub Woźniak, Wojciech Rymarkiewicz, Radosław Jagła, Dawid Łyszczasz, Wojciech Karczewski
Difficulties and limitations of surveying measurements on the cliff coast: A case study of the stairs to Kawcza Góra (Wolin Island) 121

Oliwia Kapuścińska, Duszan Parol, Jakub Sanojca, Antoni Sokołowski
Warunki mieszkaniowe studentów UAM w Poznaniu w świetle badań ankietowych 135

Bieżąca działalność Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego UAM

Adrian Sitarz
Jubileuszowy Zjazd 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu 161

Anna Stasiewicz
Obóz naukowo-badawczy Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego 169

Sekcja Meteorologii
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Maciej Bieńkowski, Leszek Kolendowicz, Marek Półrolniczak

The occurrence of thermal seasons in selected meteorological stations of the Carpathians

Abstract: One of the possibilities of characterizing the climate of a given area is to determine the dates of occurrence and duration of thermal seasons. On the basis of the average daily air temperature from the period 2001–2021, the occurrence periods of thermal seasons were examined at four high-mountain meteorological stations and four valley stations located in the Carpathian Mountains. The average date of the beginning and duration of each season at the analysed stations were ascertained, as well as the value and direction of the trend in changes during the examined period. The observed global increase in temperature contributes to the general trend of extending the warmer seasons and shortening the colder seasons in the area of the Carpathians. The beginning of the early winter season is more and more happening later, but the duration of this season is increasing due to the delayed start of winter. The early winter in the high mountains lasted significantly longer than in the valleys. In the high mountains severe winter begin to appear episodically indicating the possibility of forthcoming fading away this period. The spring season appears earlier and is longer and its duration increases especially in the western part of the mountains. Thermal summer occurs only at three of the analysed stations located in the Carpathians valleys. A clearly longer thermal autumn in the high mountain areas is the result of the lack of warmer seasons.

Key words: thermal seasons, climate change, Carpathians

Introduction

The human presence has an undeniable impact on the climate of our planet. The development of civilization has contributed to a significant degradation of the

environment and to an increase in emissions of pollutants, including greenhouse gases (Kohler et al., 2010). Mountain areas are among the most climate-sensitive environments on Earth. Phenomena such as melting of glaciers, shrinking of snow cover, or reduction of biodiversity have been recorded all over the world (Pepin et al., 2022), affecting not only the local scale, but also the areas further away, because mountain areas comprise a system of interrelated biotic elements, abiotic and atmospheric (Kozłowska, Rączkowska, 1999).

The increase in the average annual temperature in Europe is higher than the increase in the global average temperature (Adler et al., 2022). This also applies to the European mountain systems, which is why scientific research focusing on the Alps, Scandinavian Mountains or the Carpathians has been intensifying in recent years (Terzi et al., 2019). The actions taken related to the observed climate changes in these areas mostly concern the protection of water resources (Laghari et al., 2018) or plant communities (Albrich et al., 2020).

Global warming contributes to changes in many climate and ecosystem levels. One of the effects of the increase in temperatures, and thus the shortening of the winter period, is a shifting of the borders of the mountain climatic levels (Migała, 2005). Mountains are a very important region in the context of climate change, which is why determining the intensity of climate change and its possible future trends is the subject of many studies by scientists associated with the International Panel on Climate Change (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) (Adler et al., 2022).

Average temperature values used in climatology are most often presented on an annual or monthly basis. They allow for the analysis of this climate element in a fixed time frame. The division of the year into thermal seasons, separated by specific thermal thresholds, allows for a more complete picture of the climate characteristics and the pace of changes taking place. Mountainous areas such as the Carpathian Mountains are unique because, depending on their height above sea level and all seasons can occur there, especially in the warm period of the year. The literature dealing with the subject of thermal seasons dates back to the first half of the 20th century and the influence of global warming on the seasonal structure of the year it is taken up more and more often in the climatological literature (Pielke et al., 2002). Most often, thermal changes are the basis for statements about contemporary climate change (Rebetez, 1966). The increasing air temperature in temperate latitudes is usually the reason for the extension of the growing season as well as spring and summer seasons, which appear earlier and earlier. In turn, the autumn and winter seasons appear later and later for the same reason (Song et al., 2009; Ruosteenoja et al., 2010; Irannezhad, Kløve, 2015).

The analysis of climate change relating to seasonality and its variability in the annual period refers on a global scale mainly to problems related to agriculture (Menzel, Fabian, 1999), while in a number of studies on the regional scale, the variability of thermal seasonality is treated as one of the indicators of climate change (Jaagus et al., 2003; Kożuchowski, Degirmendžić, 2005; Ruosteenoja et al., 2010; Czernecki, Miętus, 2017). The observed changes in the length of

individual thermal seasons and the dates of their beginning and end are subject to significant regional influences and, at the same time, can have a large impact on the environment in which they occur (Kramer et al., 2000; Lobel, Field, 2007).

Scientific works dealing with the occurrence of thermal seasons (Dubicka, 1996; Szyga-Pluta, 2011a) and their variability (Nowosad, Filipiuk, 1998; Szyga-Pluta, 2011a, b) often concern urban agglomerations. Mountainous areas, in turn, are characterized by completely different climatic conditions. Works describing thermal conditions and thermal seasons in the polish Carpathian Mountains include e.g. papers of Hess (1965), Hess et al. (1977), Makowiec (1983) or Bochenek (2016). Studies on the regional climate of the Carpathians have also been developed in Slovakia (Melo et al., 2013) and Romania (Micu et al., 2015). The Carpathian area has been covered by the CARPATCLIM program, providing high-resolution climatic grid data (www.carpatclim-eu.org). Thanks to it, numerous studies on the characteristics of climatic conditions and their variability in the Carpathian region have been conducted (e.g. Cheval et al., 2014; Spinoni et al., 2014; Micu et al., 2021).

Taking into account the relatively modest literature dealing with seasonality on an annual basis in mountain areas, the purpose of this study is to determine the occurrence of thermal seasons in selected meteorological stations located in the Carpathian Mountains and to estimate the pace and direction of progressive changes.

The study area

The meteorological stations considered in the study are located in the Carpathian Mountains. Of the eight stations, four represent high mountain areas while the other four stations are located in the area of the Carpathian valleys (Fig. 1).

The Carpathians are a mountain massif formed during the Alpine orogeny. They stretch over 1,300 kilometres in an arc through Central and Eastern Europe, covering an area of 555,000 km^2, of which the Carpathians proper is 209,000 km^2 (Kondracki, 1989). The Carpathian Megaregion is divided into four provinces: the Western, Eastern and Southern Carpathians, as well as the Western Romanian Mountains, and the Transylvanian Upland (Kondracki, 2011; Solon et al., 2018). Despite their considerable extent, the Carpathians do not form a cohesive whole, but are characterized by a clear fragmentation of ridges separated by valleys and numerous basins. In addition, only a small part of the Carpathians is alpine-type mountains with jagged ridges and post-glacial relief. Apart from the Tatras, these are the Fagaras Mountains or the Retezat Massif (Trepińska, 2002). According to the Köppen climate classification, the entire study area is located in the hot-summer continental climate zone, and the altitude above sea level makes it locally change into a cool continental and alpine climate (Peel et al., 2007). The continentalism of the climate in the Carpathians results from the considerable distance from the ocean, manifesting itself in cold winters and significant temperature fluctuations in the summer. The high relative heights of

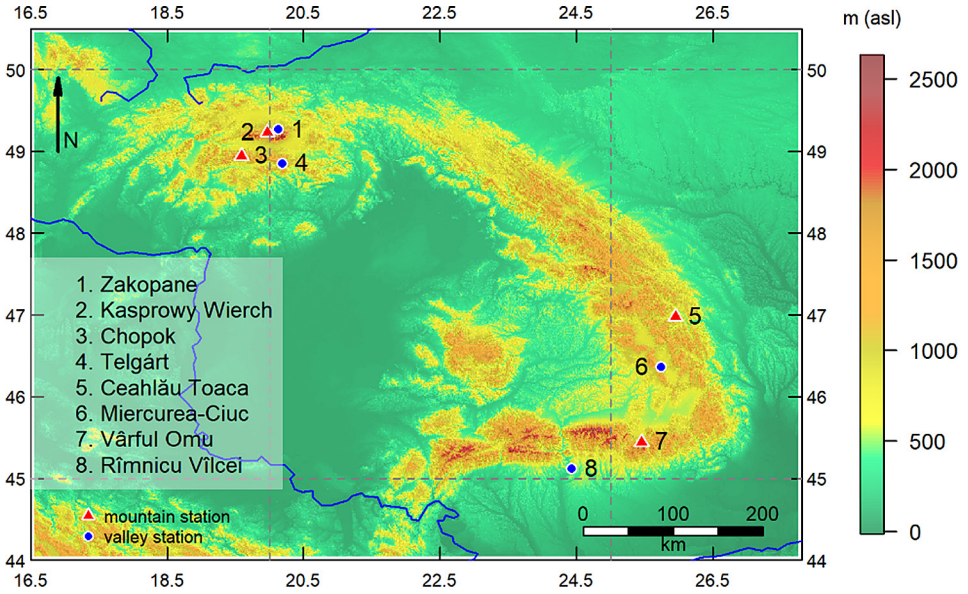


Fig 1. Location of weather stations
Ryc. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych

the Carpathian massifs affect the occurrence of climatic and vegetation levels, the boundaries of which change along the north-south and east-west axis (Trepińska, 2002). The differences are emphasized when comparing the northern parts of the Carpathians to the southern ones. The upper limits of individual climatic levels in the Western and Southern Carpathians, together with the average annual temperature, are respectively: moderately cool level (6–4°C) – about 1150 and 1400 m above sea level, cool level (4–2°C) – about 1550 and 1800 m above sea level, very cool floor (2–0°C) – around 1800 and 2100 m above sea level. The moderately cold stage (0– –2°C) persists in the Western Carpathians up to about 2,300 m above sea level, above which there is a cold stage (<–2°C), but absent in the Southern Carpathians (Kondracki, 1989; Kożuchowski, 2012).

Meteorological stations located on the territory of Poland and the Slovak Low Tatras are set up in the sub-province of the Central Western Carpathians. It is a physical and geographical unit with a complex geological structure (Kondracki, 1989).

The High Mountain Meteorological Observatory of the Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute on Kasprowy Wierch (49°14'N, 19°58'E; 1987 m above sea level) is located in the Tatra Chain macroregion, in the Western Tatras mesoregion in a moderately cold climatic zone (Hess, 1965; after: Kondracki, 1989). It is the highest situated meteorological observatory in Poland. In the years 1991–2020, the average annual temperature was 0.3°C, and the average annual rainfall was 1783.3 mm.

The synoptic observatory in Zakopane (49°18'N, 19°57'E; 857 m above sea level) is located in the mesoregion of the Tatra Trench. It is a physical and

geographical unit located on the northern side of the Tatra Chain, and is not a uniform structure, but consists of individual denudation basins. Zakopane is located in the area affected by foehn winds, which change local meteorological conditions within a short time (Kożuchowski, 2012). In the years 1991–2020, the average annual air temperature was 6.4°C, and the average annual rainfall was 1068.7 mm.

The Chopok meteorological station (48°59'N, 19°36'E; 2008 m above sea level) is located near the peak of the same name (2024 m above sea level), which is the third highest peak of the Low Tatras mesoregion, belonging to the Low Tatras chain macroregion. These mountains are separated from the Tatra chain by the Liptovska and Poprad Basins, while from the south it is surrounded by the Hron Furrow. The annual rainfall in the peak parts varies between the wetter western part and the drier eastern part (Kondracki, 1989). The observatory on Chopok is located in a moderately cold climatic layer. The average annual air temperature in the years 1991–2020 is 0°C, while the average annual rainfall is 1232 mm.

The meteorological station in Telgárt (48°51'N, 20°11'E) is located at an altitude of 901 m above sea level and lies in the sub-province of the Inner Western Carpathians, a geologically diverse area with a rather homogeneous structure. Due to the considerable altitude and the location in a narrow mountain valley, the prevailing climate is characterized by a significant degree of severity (Kondracki, 1989). The average annual air temperature in the years 1991–2020 was 6.3°C, and the annual rainfall amounted to 849 mm.

The Ceahlău Toaca weather station (46°58'N, 25°57'E) is located at an altitude of 1898 meters above sea level, in the Inner Eastern Carpathians. This area is characterized by a different relief and geological structure in relation to the surrounding ranges. The station is located in a very cold climatic layer (Kożuchowski, 2012). The average annual air temperature in the years 1991–2020 was 1.6°C, and the average annual rainfall was 668 mm.

The Miercurea-Ciuc meteorological station (46°22'N, 25°46'E; 662 m above sea level) is located in the southern part of the Gheorge-Brașov Depression macroregion. This is an area of a vast inter-mountain valley surrounded from the west by the Kelimen-Hargicki Chain. The average annual air temperature in the years 1991–2020 was 6.5°C, while the average annual rainfall was 569.9 mm.

The Vârful Omu weather station (45°27'N, 25°27'E) is located at an altitude of 2504 m above sea level and lies in the macroregion of the Fagaras Group, covering the highest ranges of the Southern Carpathians, including the highest peak in Romania – Moldoveanu. Despite a slightly more severe climate compared to Kasprowy Wierch and Chopok, the top of Vârful Omu is also located in a moderately cold climatic zone (Kożuchowski, 2012). The average annual rainfall in the years 1991–2020 is 878.5 mm, while the average annual air temperature was –1.6°C, making it the coldest of the analysed stations.

The meteorological station in Rîmnicu Vîlcea (45°06'N, 24°22'E; 239 m above sea level) is located in the sub-province of the Southern Sub-Carpathians. It is a collection of mountain ridges with a height rarely exceeding 600 m above sea level, which are a transitional form between the proper Carpathians and the

Sub-Carpathian sinkhole. Rîmnicu Vîlcea is a station characterized by the highest annual average air temperature (11.9°C) among the stations analysed in this study. The average annual rainfall in this place is 671 mm.

Data and research methods

Meteorological data necessary for the analysis of the dates of occurrence of thermal seasons in the meteorological stations included in the study were obtained from the Ogimet weather service (www.ogimet.com). The data was downloaded using the RStudio environment (Climate package) in the R programming language (Czernecki et al., 2020), and then saved to the .xslx format thanks to the Writexl package (www.cran.r-project.org). The data comes from four stations located in the mountains and the four nearest foothill stations. This study uses the average daily air temperature in the period from January 1, 2001 to December 31, 2021. Only the period October 2002 to October 2003 from the Miercurea-Ciuc station is missing from the collected data.

In the conducted research, it was necessary to determine the thermal thresholds of individual seasons, taking into account the characteristics of the mountain climate. For this purpose, the division according to Hess (1965) was used. The seasons with following thermal thresholds of the average daily air temperature (t) were selected:

- early spring: $0°C \leq t < 5°C$,
- spring: $5°C \leq t < 10°C$,
- early summer: $10°C \leq t < 15°C$,
- summer: $t \geq 15°C$,
- late summer: $15°C > t \geq 10°C$,
- autumn: $10°C > t \geq 5°C$,
- early winter: $5°C > t \geq 0°C$,
- winter: $t < 0°C$,
- severe winter: $t < -5°C$.

It should be noted that the duration of severe winter is included in the duration of winter, even though this season is treated as a separate thermal category.

In order to establish the onset date of particular season, formulas for the rising (1) and falling (2) phase of the mean temperature were used:

$$x = (tp - t1)/(t2 - t1)\ n \tag{1}$$

$$x = (t1 - tp)/(t1 - t2)\ n \tag{2}$$

where:
t1 is the monthly mean temperature in the month preceding the crossing of the threshold value, t2 is the monthly mean temperature in the following month, tp

is the threshold value, n is the number of days in the previous month, and x is the number of days to be added to the 15th day of the previous month.

Taking into account the results of the study by Czernecki and Miętus (2010), it should be stated that the use of mean daily air temperatures may be misleading in many cases due to its possible rapid fluctuations from day to day during the year. In that case a threshold value can be crossed even a few times during the transition from one season to another. It may result in differences even up to 2 weeks in determined thermal season's onset date depending on using monthly or daily dataset.

It can be observed that not all thermal seasons occur at all stations. In the case of a direct transition of spring into autumn or early summer in the late summer, the conventional date of transition was assumed to be July 15 (Niedźwiedź, Limanówka 1992). In the years without thermal winter, termination of early winter was established by dividing length of whole period with temperature below 5 °C into two equal subperiods.

Separated lengths of seasons and dates of passing through thermal thresholds were subjected to statistical calculations in order to determine their characteristics. The standard deviation was used to estimate the average value of deviations of individual units.

In order to estimate the direction of changes in the duration and date of crossing thermal thresholds, the trend values for individual seasons were estimated.

Pearson's linear correlation was used to identify the relationship between the duration of the thermal seasons and the date of their beginning. If the selected date was the beginning of more than one season, not only was the starting season used for the calculations, but also the entire period to the closest natural date of the beginning of the next season.

Research results

Early spring

In the years 2001–2021, the average duration of early spring on Kasprowy Wierch was 36 days (Tab. 1). Its longest recorded duration is 65 days in 2008, and the shortest is 15 days in 2009. There is a noticeable tendency of shortening early spring by –0.73 days/year (Tab. 2). The average start date for this season is April 28. The earliest start date was April 3 in 2009, while the latest was May 16 in 2019. A slightly later appearance of early spring is noticeable at a rate of 0.12 days/year.

The average duration of early spring on Mt. Chopok in the study period was 37 days. The maximum recorded duration of this season was 74 days in 2009, and the minimum was 15 days in 2008. A significant decrease in the duration of early spring was recorded, amounting to –0.82 days/year. The average day for the beginning of this season was April 27. The earliest appeared on April 2 in 2009,

Table 1. Average start dates and average duration (number of days) of thermal seasons at selected stations. Data from 2001–2021.

Tabela 1. Średnie daty początku oraz średnie długości (liczba dni) termicznych pór roku w wybranych stacjach meteorologicznych. Dane z lat 2001–2021

		Kasprowy Wierch	Chopok	Vârful Omu	Ceahlău	Zakopane	Telgárt	Rîmnicu Vîlcea	Miercurea Ciuc
Early spring	A	28 IV	27 IV	9 V	17 IV	6 III	8 III	1 II	3 III
	B	36	37	40	30	38	34	35	31
Spring	A	3 VI	3 VI	18 VI	17 V	13 IV	11 IV	8 III	3 IV
	B	42	42	27	37	30	33	26	31
Early Summer	A	x	x	x	23 VI	13 V	14 V	3 IV	4 V
	B	x	x	x	22	40	62	38	35
Summer	A	x	x	x	x	22 VI	x	11 V	8 VI
	B	x	x	x	x	67	x	140	83
Late Summer	A	x	x	x	15 VII	28 VIII	15 VII	28 IX	30 VIII
	B	x	x	x	44	28	69	29	30
Autumn	A	15 VII	15 VII	15 VII	28 VIII	25 IX	22 IX	27 X	29 IX
	B	62	62	54	35	32	29	28	28
Early Winter	A	15 IX	15 IX	7 IX	2 X	27 X	21 X	24 XI	27 X
	B	48	42	49	38	34	36	36	27
Winter	A	2 XI	27 X	26 X	9 XI	30 XI	26 XI	30 XII	23 XI
	B	177	182	195	159	96	102	33	100

and the latest on May 15 in 2005. The beginning of early spring was slightly delayed at the rate of 0.21 day/year.

The average duration of early spring on Vârful Omu was 40 days. It lasted for a maximum of 62 days in 2015, and a minimum of 19 days in 2007. The duration of this season is slightly extended by 0.19 days/year. On average, early spring appears on May 9. The earliest appeared on April 5 in 2018, and the latest on May 28 in 2004. The beginning of this season occurred earlier and earlier over time, at a rate of –0.28 day/year.

In the analysed period, the duration of early spring at the Ceahlău Toaca station was 30 days. The longest recorded period with the temperature ranging from 0 to 5°C occurred in 2006 and 2020 and amounted to 60 days, while in 2003 and 2018 the season did not occur. The duration of early spring is slightly shortened by –0.16 day/year. The statistical start of this season was on April 17. The earliest date of crossing the 0°C threshold was March 30 in 2009, and the latest was April 30 in 2003. There was no significant trend in the analysed station relating to the dates of the beginning of early spring.

The average duration of early spring at the station in Zakopane was 38 days. The maximum duration with the daily temperature ranging from 0 to 5°C occurred in 2003 and amounted to 83 days, while the minimum duration for this season was only 6 days in 2013 and 2018. There was a noticeable tendency to extend early spring at a rate of 0.45 day/year. The average start date for this season

was March 6. The earliest spring began on January 21, 2002, and the latest on April 10, 2013. In the analysed period, the trend of a date for the beginning of this season was maintained at a rate of –0.53 day/year. The average duration of early spring in Telgárt was 34 days. The longest recorded period with a temperature between 0 and 5°C occurred in 2002 and lasted 80 days, while in 2009 there was no early spring. There was no clear trend in terms of changes to the duration of this season. The average date for the beginning of early spring was March 8. It started on January 22, 2002 at the earliest, and on April 9, 2013 at the latest.

The average duration of early spring at the station in Rîmnicu Vîlcei during the analysed period was 35 days. The longest observed period with a temperature between 0 and 5°C occurred in 2009 and lasted 73 days, while in 2002 and 2011 there was no early spring. The tendency of lengthening the early spring at a rate of 1.07 days/year was clearly visible. The average start date for this season was February 1. The earliest crossing of the 0°C threshold occurred on January 2, 2007, and the latest on March 11, 2011. There was a noticeable trend of a beginning of early spring, amounting to –0.93 day/year.

In the discussed period, the average duration of early spring in Miecurei-Ciuc was 31 days. The maximum duration of this season occurred in 2002 and amounted to 76 days, while thermal early spring did not appear three times – in 2006, 2010, and 2013. The duration of this season had no noticeable changing trend. The average date for the onset of thermal early spring was March 3. The earliest crossing of the 0°C threshold occurred on January 27, 2002, and the latest on March 30, 2013. A slightly earlier appearance of this season at -0.11 day/year has been observed.

Taking into account the statistical significance of the trends estimated and described above, it should be pointed out that for the early spring they were not significant at the surveyed meteorological stations.

Spring

In the years 2001–2021, the average duration of thermal spring on Kasprowy Wierch was 42 days (Tab. 1). The maximum duration of this season occurred in 2011 – then spring began on May 19 and lasted 57 days, while the minimum was observed in 2001 – 18 days, beginning on June 27. The average day for the beginning of this season was June 3. A clear trend of a date for the beginning of spring was observed, amounting to 0.61 day/year (Tab. 2).

The average duration of spring on Chopok was the same as on Kasprowy Wierch which amounted to 42 days. The maximum duration also occurred in 2011 which was equal to 57 days, while the minimum was 18 days in 2001. The average day of the beginning of spring in the analysed period was June 3. There was a clear trend towards extending this season by 0.62 days/year.

The average duration of spring at Vârful Omu Station was 27 days. It lasted the longest for 51 days in 2007, starting on May 25, while the shortest was only 7 days in 2011. The average date for the beginning of thermal spring was June 18.

The rate of spring becoming longer was small and amounted to only 0.13 day/day.

In the analysed period, the average duration of thermal spring at the Ceahlău Toaca station was 37 days. The maximum duration occurred in 2018 and amounted to as many as 115 days, while twice, in 2006 and 2020, this season did not occur. The average duration of spring was slightly extended by 0.23 days/year. The average day for the beginning of this season was May 17. The earliest occurred on April 5 in 2018, and the latest on June 17 in 2006. There was a noticeable trend of an earlier and earlier beginning of spring at –0.22 day/year.

In the analysed period, the average duration of spring in Zakopane was 30 days. The longest recorded period with a temperature between 5 and 10°C occurred in 2014 and lasted 66 days, while the shortest was only 4 days in 2018. The duration of thermal spring was increasing at a rate of 0.71 days/year. The average day for the beginning of this season turned out to be April 13. The earliest spring appeared on March 14 in 2014, and the latest on April 29 in 2021. The day for the beginning of this season was characterized by significant stability, and in the analysed multi-year period it appeared earlier at a rate of –0.08 day/year.

The average duration of spring at the Telgárt station was 33 days. The maximum duration of temperatures in the range of 5 to 10°C was 64 days in 2014, while in 2018 there was no thermal spring. There was a noticeable tendency for this season to last longer at a rate of 0.43 days/year. The statistical beginning of spring was April 11. The earliest this season started was on March 18 in 2014, and the latest was on April 29 in 2021. The trend in the appearance of the beginning of spring was slightly negative and amounted to –0.15 day/year.

The average length of spring in Rîmnicu Vîlcei was 26 days. Temperatures ranging from 5 to 10°C were characterized by a very uneven distribution at this station. The longest recorded period of thermal spring occurred in 2002 and amounted to 83 days, while this season did not occur five times. The trend showed spring shortening by –0.28 days/year. The average start of this season was March 8. The earliest crossing of the 5°C threshold occurred on January 23, 2002, and the latest on March 30, 2018. The date for the beginning of the thermal spring did not show any visible changing trend.

In the analysed period, the average duration of thermal spring in Miercurea-Ciuc was 31 days. The maximum period with temperatures in the range of 5 to 10°C was 54 days in 2014, while the minimum was 11 days in 2018. The tendency for this season was negative and amounted to –0.18 day/year. The average date for the beginning of spring was April 3. The earliest appeared on March 16 in 2014, and the latest on April 19 in 2011. The beginning of thermal spring showed a slight negative trend of –0.10 day/year. However, it should be noted that the calculated trends for spring were not significant in any of the tested weather stations.

Early summer

In the years 2001–2021, the average length of the early summer on Ceahlău Toaca was 22 days (Tab. 1). It reached its maximum in 2007, starting on May 21 and lasting 55 days, while in 2005 and 2018 it did not appear. The statistical start date for this season was June 23. The beginning of the pre-summer tends to appear slightly earlier by –0.08 day/year (Tab. 2).

The average length of the foreflight in Zakopane was 40 days. The maximum recorded duration was 68 days in 2001, while the minimum was 14 days in 2021. There was a strong, statistically significant trend of shortening this season by –1.11 days/year. The average beginning of the pre-flight was on May 13. The earliest started on April 8 in 2018, and the latest on June 5 in 2020. The beginning of the pre-summer period was delayed at a rate of 0.63 days/year.

In the studied multi-year period, the average duration of the early summer in Telgárt was 62 days. The longest lasted 97 days, appearing on April 9, 2018, while the shortest was 33 days, starting on June 12, 2006. The average date for the beginning of the early summer was May 14. It was noticeable that this season began later and later by 0.28 day/year.

In the analysed period, the average duration of the early summer at the station in Rîmnicu Vîlcei was 38 days. The maximum duration of this season was 65 days in 2014, and the minimum was 10 days in 2018. There was a noticeable trend of lengthening the fore-flight by 0.37 days/year. The average start for the appearance of temperatures in the range of 10 to 15°C was April 3. The earliest pre-summer appeared on March 3 in 2014, and the latest on April 22 in 2021. The appearance of the onset of the pre-summer slightly accelerated by – 0.15 day/year.

The average duration of the early summer at the station in Miecurei-Ciuc was 35 days. It lasted the longest for 51 days in 2014, and the shortest for 14 days in 2011. The duration of this season was slightly shortened by –0.11 day/year. The average date for the beginning of the early summer was May 4. The earliest started on April 11 in 2018, and the latest on May 14 in 2008 and May 15 in 2005. There was a noticeable trend of this season starting earlier and earlier by –0.28 day/year.

Summer

In the years 2001–2021, the average duration of the thermal summer in Zakopane was 67 days (Tab. 1). The longest recorded period with the temperature above 15°C occurred in 2003 and amounted to 98 days, while the shortest occurred in 2014, lasting for 41 days. The duration of this season was clearly increasing by 0.69 days/year (Tab. 2). The average start of this season was June 22. The earliest summer appeared on May 25 in 2003, and the latest on July 16 in 2005. The tendency for the appearance of the beginning of summer was downward and amounted to –0.48 day/year.

Summer in Rîmnicu Vîlcea was the longest season of the year, with an average of 140 days. The longest period with a temperature above 15°C occurred in 2018 and lasted 169 days, while the shortest occurred in 2004 with 113 days. There was no noticeable trend of changes in the duration of this season. The thermal summer on average started on May 11. The earliest appeared on April 9 in 2018, and the latest on June 5 in 2020. The onset of thermal summer is slightly delayed by 0.22 day/year.

The average summer duration in Miercurea-Ciuc was 83 days. The longest period with a temperature above 15°C was in 2007 and 2018 at 105 days each. The shortest summer was in 2005 with 55 days. There was a noticeable tendency for this season to be extended by 0.95 days/year. The average start of summer was June 8. The earliest start was on May 24 in 2018, and the latest on June 29 in 2014. The trend analysis showed that summer tended to appear earlier and earlier (–0.39 day/year).

Late summer

The average duration of the late summer at the Ceahlău Toaca station in 2001–2021 was 44 days (Tab. 1). The maximum duration was 66 days in 2016 and 2020, and the minimum was 22 days in 2005. There was a clear and statistically significant upward trend in the duration of this season, amounting to 0.87 days/year (Tab. 2).

The statistical duration of the late summer at the station in Zakopane was 28 days. The longest recorded period with the temperature in the range of 15 to 10°C appeared in 2006 with 62 days, while the shortest one was a year later with 7 days. A slight downward trend in the duration of this season of –0.24 days/year was recorded. The average day for the beginning of the late summer was August 28. The earliest drop below 15°C was observed on July 24, 2008, and the latest on September 18, 2016. Delayed arrivals were recorded (0.21 day/year).

The average late summer duration in Telgárt was 69 days. The maximum duration of this season was in 2011 and 2012 with 85 days, while the minimum was 49 days in 2007. A systematic increase in the duration of the late summer was observed, amounting to 0.29 days/year.

The average duration of the late summer in Rîmnicu Vîlcei was 29 days. The maximum observed period with a temperature ranging from 15 to 10°C was 56 days in 2013, while in 2011 no thermal late summer was recorded. There was no clear trend in the duration of this season. The average start date for this season was September 28. The earliest recorded start was September 12, 2003, and the latest was October 14, 2020. A trend of an increasingly later start to this season by 0.24 day/year has been observed.

The average duration of a late summer in Miecurei-Ciuc was 30 days. The longest period with the temperature in the range of 15 to 10°C happened in 2002 and amounted to 55 days, and the shortest was 8 days in 2016. A strong negative trend in the duration of this season was observed, reaching –0.73 day/year. The average start of the late summer was August 30. The earliest recorded date of

a descent below the 15°C threshold was August 4 in 2002, while the latest was September 13 in 2016. A gradual delay to the start of the late summer by 0.55 day/year has been recorded.

Autumn

In the years 2001–2021, the average duration of the thermal autumn on Kasprowy Wierch was 62 days (Tab. 1). The maximum duration of temperatures between 10 and 5°C was 85 days in 2011, and the minimum was 41 days in 2021. A trend of this season being extended by 0.20 days/year was recorded (Tab. 2).

The average duration of autumn on Chopok was 62 days. The longest period of this season was observed in 2006 and amounted to 81 days, while the shortest was 45 days in 2001 and 2010. There was a strong trend of autumn being lengthened by 0.57 days/year.

The average duration of thermal autumn on Vârful Omu was 54 days. The maximum duration of this season was 72 days in 2011, while the minimum was 39 days in 2006. A fairly strong and statistically significant trend of autumn being extended by 0.73 days/year was observed.

The average duration of thermal autumn in Ceahlău Toaca was 35 days. The longest observed period with a temperature between 10 and 5°C was 70 days in 2018, while in 2016 this season was non-existent. A slight downward trend in the duration of thermal autumn of –0.17 days/year was recorded. The average day for the beginning of this season was August 28. The earliest crossing of the 10°C threshold occurred on August 7 in 2009, and the latest on September 19 in 2016 and 2020. There was a significant and statistically significant trend of the beginning of thermal autumn being delayed by 0.89 days/year.

The average duration of autumn in Zakopane was 32 days. The longest recorded duration of this season was 58 days in 2008, while none occurred in 2016. A trend of autumn lengthening by 0.59 days/year was recorded. The average start date for this season was September 25. The earliest recorded date for the onset of thermal autumn was September 5, 2007, and the latest was October 13, 2001. A statistically insignificant trend of an earlier start by this season of –0.03 day/year was recorded.

The average duration of thermal autumn in Telgárt was 29 days. The maximum period with temperature between 10 and 5°C was 59 days in 2008, while in 2011 there was no such season. A trend of thermal autumn being shortened by –0.31 day/year was recorded. The average start date for this season was September 22. The earliest beginning of autumn occurred on September 2 in 2007, and the latest on October 8 in 2012. The trend of this season being delayed was 0.29 days/year.

The average duration of thermal autumn in Rîmnicu Vîlcei was 28 days. The maximum recorded duration with temperatures between 10 and 5°C was 50 days in 2003, while in 2008 this season did not occur. A slight trend of autumn being shortened by –0.18 days/year was recorded. The average start date for this season was October 27. The earliest observed date of crossing the 10°C threshold was

October 6 in 2016, and the latest was November 22 in 2019. The delay rate of the onset of thermal autumn was 0.17 days/year.

The average duration of autumn in Miercurei-Ciuc was 28 days. The maximum duration of this season was 56 days in 2013, while the minimum was 11 days in 2011. A trend of autumn lengthening by 0.46 days/year was recorded. The average date for the beginning of this season was September 29. The earliest recorded date for the beginning of autumn was September 16 in 2008, and the latest was October 13 in 2020. The trend of this season towards an earlier appearance was –0.18 day/year.

Early winter

In the years 2001–2021, the average length of the thermal early winter on Kasprowy Wierch was 48 days (Tab. 1). The longest recorded period with temperature ranging from 5 to 0°C was 90 days in 2021, while the shortest was 14 days in 2009. There was a strong tendency for this season to be extended by 0.93 days/year (Tab. 2). The average date for the beginning of early winter was September 15. The earliest appearance was on August 25 in 2021, and the latest on October 8 in 2011. The date for the beginning of early winter was slightly delayed by 0.20 day/year. The average duration of the early winter season on Chopok was 42 days. The maximum recorded length was 70 days in 2015, while in 2011 this period did not appear. There was no clearly outlined trend of change in the duration of this season. The average beginning of the early winter season was September 15. The earliest date of crossing the 5°C threshold was August 29 in 2001 and 2010, and the latest was October 8 in 2011. A significant trend for delaying the beginning of this season by 0.56 day/year was recorded.

The average duration of winter on Vârful Omu was 49 days. The maximum duration was 77 days in 2013 and 2021, and the minimum was 14 days in 2011. The trend of this season being lengthened was 0.50 day/year. The average day of the beginning of winter was September 7. The earliest recorded date for the beginning of this season was September 23 in 2006, and the latest was September 25 in 2011 and September 24 in 2020. A strong statistically significant trend of the winter season being delayed by a value of 0.75 day/year was observed.

The average duration of winter on Ceahlău Toaca was 38 days. The maximum duration of this season was in 2013 and amounted to 72 days, while this season did not appear twice – in 2003 and 2018. The trend of lengthening the early winter season was 0.35 days/year. The average date for the beginning of this season was October 2. The earliest observed crossing of the 5°C threshold happened on September 7, 2007, and the latest on November 15, 2018. The trend of this season being delayed was significant and amounted to 0.72 days/year.

The average duration of the winter foreground in Zakopane was 34 days. The maximum recorded period with the temperature ranging from 5 to 0°C was 81 days in 2015, and the shortest was 5 days in 2014. The tendency for this season was negative and amounted to –0.23 days/year. The average date for the beginning of the early winter season was October 27. The earliest recorded date was

October 4 in 2016, while the latest was November 18 in 2014. The rate of early winter delay was significant and amounted to 0.57 days/year.

In the analysed period, the average duration of the early winter season in Telgárt was 36 days. The maximum duration of this season was 62 days in 2002 and the minimum was 12 days in 2018. There was no clear trend during this period. The average starting day for winter was October 21. The earliest start of this season was October 6 in 2006 and October 5 in 2016, while the latest was November 15 in 2018. No significant trend in terms of changes in the date of the beginning of the early winter season was observed.

The average duration of winter in Rîmnicu Vîlcei was 36 days. The maximum period with temperatures between 5 and 0°C was 70 days in 2005, while in 2002 it did not occur. A significant trend of this season being lengthened by 0.61 day/year was observed. The average day for the beginning of the early winter period was November 24. The earliest this period started was on November 6 in 2007, and the latest was on December 10 in 2009. There was no visible trend as far as changes in the date for the beginning of the early winter season were concerned.

The statistical duration of winter in Miercurei-Ciuc was 27 days. The maximum recorded duration of this season was 60 days in 2021, while in 2018 it did not appear. There was a noticeable trend of this season being lengthened by 0.45

Table 2. Directional coefficients of changes in the date of the beginning (A) and duration (B) of the thermal seasons. Data from 2001–2021. Values in bold are statistically significant at p=0.05

Tabela 2. Współczynniki kierunkowe zmian daty początku (A) oraz czasu trwania (B) termicznych pór roku. Dane z okresu 2001–2012. Wartości wytłuszczone są istotne statystycznie na poziomie p=0.05

		Kasprowy Wierch	Chopok	Vârful Omu	Ceahlău	Zakopane	Telgárt	Rîmnicu Vîlcea	Miercurea Ciuc
Early spring	A	0.12	0.21	–0.28	–0.06	–0.53	–0.10	–0.93	–0.11
	B	–0.73	–0.82	0.19	–0.16	0.45	–0.06	1.07	0.02
Spring	A	–0.61	–0.61	–0.09	–0.22	–0.08	–0.15	0.00	–0.10
	B	0.64	0.62	0.13	0.23	0.71	0.43	–0.28	–0.18
Early Summer	A	x	x	x	–0.08	0.63	0.28	–0.15	–0.28
	B	x	x	x	0.10	–1.11	–0.33	0.37	–0.11
Summer	A	x	x	x	x	–0.48	x	0.22	–0.39
	B	x	x	x	x	0.69	x	0.02	0.95
Late Summer	A	x	x	x	0.55	0.21	x	0.24	0.55
	B	x	x	x	0.87	–0.24	0.29	–0.07	–0.73
Autumn	A	x	x	x	0.89	–0.03	0.29	0.17	–0.18
	B	0.20	0.57	0.73	–0.17	0.59	–0.31	–0.18	0.46
Early Winter	A	0.20	0.56	0.75	0.72	0.57	–0.02	–0.01	0.28
	B	0.93	–0.07	0.50	0.35	–0.23	–0.10	0.61	0.45
Winter	A	1.12	0.49	1.25	1.08	0.33	–0.11	0.76	0.45
	B	–1.02	–0.27	–1.52	–1.23	–0.86	0.08	–1.51	–1.36

days/year. The average start date for this season was October 27. The earliest recorded onset occurred on October 6 in 2016, and the latest on November 22 in 2019. The trend of an early winter delay was 0.28 day/year.

Winter

In the analysed period, the average duration of thermal winter on Kasprowy Wierch was 177 days (Tab. 1). The longest period with a temperature below 0°C occurred in 2016 and amounted to 210 days, and the shortest was in 2018 with 140 days. In the indicated period, there was a clear downward trend in the duration of winter on Kasprowy Wierch, which amounted to –1.02 days/year (Tab. 2). The statistical date for the beginning of winter was November 2. The earliest date for the beginning of this season was October 5 in 2016, and the latest was November 23 in 2021. There was a clear and statistically significant delay in the onset of thermal winter at a rate of 1.12 days/year. In the described period, the average duration of thermal winter on Chopok was 182 days. The longest with the temperature not exceeding 0°C happened in 2011 and lasted for 224 days, while the shortest was in 2018 and lasted for 144 days. In the analysed period, there was a slight downward trend in the duration of winter, amounting to –0.27 days/year. The average date for the beginning of winter was October 27. The earliest recorded dates for the beginning of winter were October 5 in 2016 and October 6 in 2002. The latest winter began on November 16 in 2014, while November 15 was the first day of this season in 2015 and 2018. There was a tendency towards delaying the onset of thermal winter at a rate of 0.49 days/year.

In the analysed period, the average duration of winter on Vârful Omu was 195 days. The longest period with thermal winter appeared in 2016 and reached 230 days, while the shortest was in 2018 with only 141 days. There was a very strong and statistically significant downward trend in the duration of this season of –1.52 days/year, which translated into a shorter winter by over 30 days. The average date for the beginning of winter was October 26. The earliest drop in temperature below 0°C began on September 28 in 2002, and the latest on November 19 in 2019. The onset of thermal winter appeared clearly later, with the rate of its delay at 1.25 days/year and was statistically significant.

In the described time period, the statistical duration of winter on Ceahlău Toaca reached 159 days. The longest period with a temperature below 0°C appeared in 2003 and amounted to 201 days, and the shortest in 2018 was 131 days. The negative trend in the duration of this season was clearly visible, with a rate of –1.23 days/year. The average date for the onset of thermal winter was November 9. The earliest this season appeared was on October 8 in 2003, and the latest was on December 1 in 2012. The trend towards delaying the beginning of this season was clearly visible, amounting to 1.08 days/year. Both estimated trends were statistically significant.

In the years 2001–2021, the average duration of thermal winter in Zakopane was 96 days. It lasted the longest in 2013 with 135 days, and the shortest with 46 days in 2002. Over the analysed period, the duration of this season regularly

decreased, the rate of change was –0.86 day/year. The average date for the onset of thermal winter was November 30. The earliest the temperature started to stay below 0°C was on November 10, 2001, and the latest was on December 30, 2015. The phenomenon of a systematic delay in thermal winter was observed at a rate of 0.33 days/year.

In the analysed period, the thermal winter in Telgárt lasted statistically for 102 days. The longest period with the temperature below 0°C happened in 2013 and amounted to 134 days, and the shortest was in 2002 with 46 days, similar to the station in Zakopane. Stability in the duration of the winter period in Telgárt was noticeable, and the rate of change was 0.08 day/year. The average date for the onset of thermal winter was November 26. The earliest this season appeared was on November 6 in 2007, and the latest was a year later on December 20. The beginning of winter was a fairly stable date, which started to appear earlier in the analysed period at a rate of –0.11 day/year.

The thermal winter at the station in Rîmnicu Vîlcei was the shortest of all the analysed locations and, especially in the last decade, was episodic, and has not occurred since 2019. The average date for the middle of winter in the analysed period, i.e. January 15, was considered as the conventional date of the transition from pre-winter to early spring. The average duration of this season was 33 days. The longest thermal winter occurred in 2011, lasting 69 days. In the analysed period, the rate of this season being shortened was statistically significant and amounted to –1.51 day/year. The average date for the onset of thermal winter was December 30. The earliest appeared on November 29 in 2018, and the latest on January 28 in 2004. The time for the occurrence of thermal winter was significantly delayed by 0.76 day/year.

In the described period, the average duration of thermal winter at the station in Miecurei-Ciuc was 100 days. The temperature was below 0°C for a longest period of 138 days in 2011, and a shortest of 69 days in 2020. There was a very clear significant downward trend in the duration of this season, amounting to –1.36 days/year. The average date for the beginning of winter was November 23. The earliest winter appeared on October 27 in 2011, and the latest on December 17 in 2021. It was noticeable that the onset of thermal winter was systematically delayed at a rate of 0.45 days/year.

Severe winter

The sever winter turned out to be the least stable of all thermal seasons. Due to the repeated appearance of periods with temperatures below –5°C during one winter, and the lack of such sufficiently long periods, it was difficult to estimate the exact trend in terms of the duration and start date of this season.

In the analysed period, severe winter occurred on Kasprowy Wierch twelve times (Tab. 3). Its rarity in the second decade of the 21st century was noticeable. Once it appeared, the average duration of this season was 42 days. The longest recorded period with an average daily temperature below –5°C was 73 days. The average duration of this season was noticeably shorter. The earliest appeared on

Table 3. Length and date of the beginning of thermal severe winter. Data from 2001–2020
Tabela 3. Długość oraz data początku termicznej surowej zimy. Dane z lat 2001–2020

Year	Kasprowy Wierch		Chopok		Vârful Omu		Ceahlău Toaca	
	days	beginning	days	beginning	days	beginning	days	beginning
2001	0	x	0	x	27	10 I	0	x
2002	34	6 XII	34	6 XII	57	16 XI	42	30 XI
2003	38	17 I	38	17 I	100	2 I	54	8 XII; 25 I
2004	73	4 I	67	2 I; 2 II	37	31 XII	32	4 I
2005	57	19 I	66	14 I	63	14 I	32	15 I
2006	51	3 II	46	3 II	102	16 XII	33	18 I
2007	38	22 I	38	22 I	78	20 XII	0	x
2008	0	x	0	x	76	12 XII	0	x
2009	23	9 II	65	20 XII; 9 II; 8 III	76	20 XII; 6 II	43	22 XII; 10 II
2010	39	11 I	60	11 I; 28 II	39	11 I	32	12 I
2011	0	x	0	x	60	13 I	31	10 II
2012	50	4 I	50	4 I	73	5 I	72	6 I
2013	31	24 I	82	1 XII; 28 XII	84	3 XII	0	x
2014	0	x	0	x	0	x	0	x
2015	0	x	0	x	57	26 XII	0	x
2016	0	x	0	x	35	30 XII	0	x
2017	0	x	0	x	49	13 XII	21	3 I
2018	34	31 I	39	31 I	31	5 II	0	x
2019	35	29 XII	56	9 XII	59	6 XII	33	24 XII
2020	0	x	0	x	0	x	0	x
2021	0	x	47	26 XII; 6 III	55	6 I; 6 III	0	x

December 6 in 2002, and the latest on February 9 in 2009. The average onset of thermal winter was systematically delayed.

In the analysed period, severe winter on Chopok occurred thirteen times. Its distribution in the given winter seasons was similar to that on Kasprowy Wierch; however, it had a stronger character. The average duration of this season, when it occurred, was 53 days. Its maximum duration was 82 days in 2013. It happened several times that a harsh winter consisted of two or even three periods. This was the case in 2004, 2009, 2010, 2013, and 2021.

In the years 2001–2021, severe thermal winter did not appear on Vârful Omu twice – in 2014 and 2020. The average duration of this season was 61 days. The longest recorded period with a temperature below –5°C happened in 2006 and amounted to 102 days. There was a noticeable downward trend in the duration

of this season. The earliest started on November 16 in 2002, and the latest on February 5 in 2018. The start date was so far slightly delayed.

Severe winter at Ceahlău Toaca was the least frequent of all mountain stations (eleven times). Its incidence has clearly decreased. The maximum period with a temperature not higher than –5°C was 72 days in 2012. The earliest start of this season was on November 30 in 2002, and the latest on February 10 in 2009 and 2011.

Standard deviation of the duration of analysed thermal seasons

The average standard deviation of the duration of early spring was 17.20 days. Noticeably higher values were recorded at stations located at the foot of the mountains, where the values oscillated around 20 days. Among the mountain stations, the lowest deviation came from the station on Vârful Omu, which amounted to 11.46 days (Tab. 4). The average deviation of the date of crossing the 0°C threshold was highest among all thermal seasons which amounted to 14.90 days (Fig. 2). The highest values were also recorded at the foothill stations, in particular at Zakopane where it amounted to 21.98 days. The lowest deviation again occurred at the Vârful Omu station (8.89 days). The statistical deviation of spring duration was 15.35 days. The higher values were recorded at the foothill stations, but the highest occurred at the top of Ceahlău Toaca with 24.16 days. Values below 10 days were observed on Kasprowy Wierch and Chopok. The average deviation for the beginning of spring was 11.77 days. At most stations, it oscillated around 9 days. Data from Ceahlău Toaca and Rîmnicu Vîlcei stood out here at 17.03 and 17.62 days, respectively.

The average standard deviation of the duration of the pre-flight was 13.92 days. Among the analysed stations, Miercurea-Ciuc stood out clearly, with a value of 9.64 days, significantly lowering the average. The average deviation from the date of crossing the 10°C threshold was 12.53 days. The stations in Miercurei-Ciuc and Rîmnicu Vîlcei stood out noticeably here, where they oscillated around 9 days.

The average deviation in the duration of thermal summer was 15.47 days; similar data were recorded at all the analysed stations. The average deviation in the time to cross the 15°C threshold was 12.10 days. The lowest was in Miercurea-Ciuc (10.05 days), and the highest in Zakopane (13.44 days).

The field was characterized by the lowest average standard deviation of duration (11.97 days). The Telgárt station (9.25 days) was clearly below the average, while the highest value appeared in Rîmnicu Vîlcei (15.15 days). The average deviation in the start date was also the lowest among all seasons and amounted to 9.23 days.

The average standard deviation in the duration of autumn was the second lowest among all seasons, with a value of 13.52 days. The Vârful Omu station

was well below the average (9.43 days), while the maximum value was 17.59 days in Zakopane. The average standard deviation as to the date of crossing the 10°C threshold was 9.98 days. The minimum value occurred in Miercurei-Ciuc (7.67 days), while the maximum was 12 days at the Ceahlău Toaca station.

The standard deviation for the pre-winter duration (17.43 days) was the second highest in all seasons. Noticeably higher values were recorded at mountain stations, but the maximum value was 20.82 days in Zakopane. The average deviation as to the date of crossing the 5°C threshold was 12.06 days. Vârful Omu and Rîmnicu Vîlcea were significantly below average with 9.65 and 9.17 days respectively, while the highest value was 16.06 on Ceahlău Toaca.

The average standard deviation in the duration of thermal winter was the highest of all seasons and amounted to 20.11 days. Noticeably higher values were recorded at the foothill stations, where the maximum occurred in Zakopane (27.73 days). The minimum occurred on Kasprowy Wierch with 15.99 days. The average deviation as to the date of crossing the 0°C threshold was the second highest of all seasons, amounting to 14.21 days. The minimum value was 10.62 days in Telgárta and the maximum was 17.55 days in Rîmnicu Vîlcei.

Table 4. Standard deviation of the start date (A) and length (B) of thermal seasons at individual stations. Data from 2001–2020

Tabela 4. Odchylenie standardowe dat początku (A) oraz długości trwania (B) termicznych pór roku. Dane z lat 2001–2020

		Kasprowy Wierch	Chopok	Vârful Omu	Ceahlău	Zakopane	Telgárt	Rîmnicu Vîlcea	Miercurea Ciuc	mean
Early spring	A	11.3	10.9	12.1	8.9	22.0	17.2	18.6	18.3	14.9
	B	13.5	14.4	11.5	17.2	20.5	19.4	20.2	20.9	17.2
Spring	A	9.5	9.6	12.5	17.0	10.0	9.7	17.6	8.3	11.8
	B	9.5	9.6	12.5	24.2	17.4	17.6	21.0	11.1	15.4
Early Summer	A	x	x	x	15.4	14.2	15.2	9.3	8.5	12.5
	B	x	x	x	15.0	14.4	15.5	15.1	9.6	13.9
Summer	A	x	x	x	x	13.4	x	12.8	10.1	12.1
	B	x	x	x	x	16.7	x	14.7	15.1	15.5
Late Summer	A	x	x	x	x	8.8	x	9.9	8.9	9.2
	B	x	x	x	11.8	12.3	9.3	15.2	11.3	12.0
Autumn	A	x	x	x	12.0	9.5	9.3	11.4	7.7	10.0
	B	12.4	11.9	9.4	15.8	17.6	16.6	13.0	11.5	13.5
Early Winter	A	12.4	11.9	9.7	16.1	13.7	12.5	9.2	11.1	12.1
	B	17.1	18.3	19.6	19.2	20.8	14.6	15.0	14.8	17.4
Winter	A	15.0	14.8	16.8	13.2	14.1	10.6	17.6	11.6	14.2
	B	16.0	19.8	20.5	16.2	27.7	20.6	21.3	18.7	20.1

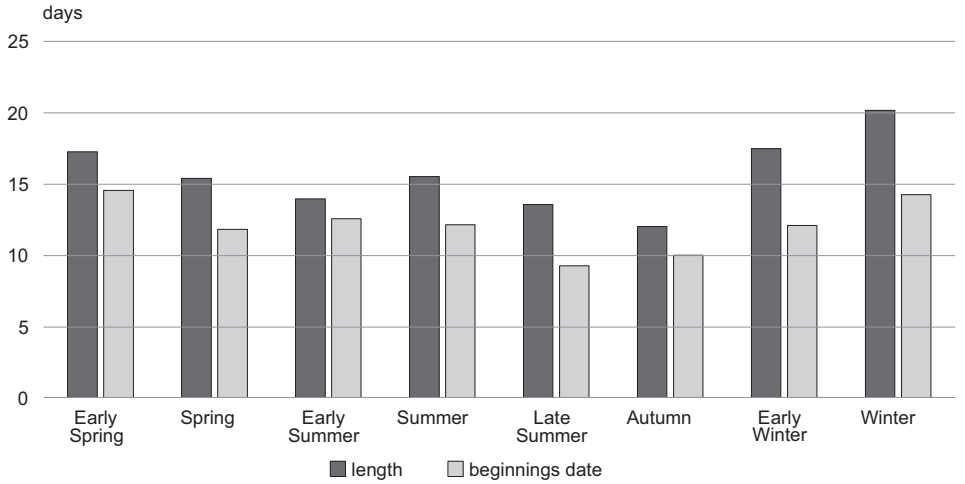


Fig 2. Mean standard deviation of the lengths (A) and dates of the beginning (B) of the thermal seasons. Data from 2001–2021

Ryc. 2. Średnie odchylenie standardowe czasu trwania (A) oraz dat początku (B) termicznych pór roku. Dane z lat 2001–2012

Correlation of start date and season duration

Correlation analysis revealed the relationship between duration of the thermal season and its start date. A stronger relationship between the duration of early spring and the date of crossing the 0°C threshold was shown at the foothill stations with a maximum of –0.92 at the Miercurea-Ciuc station, which was the strongest relationship in all examined cases, while the minimum was only –0.28 at the Ceahlău Toaca station (Tab. 5). Values for spring were not very volatile, with –0.89 for Rîmnicu Vîlcei standing out. The correlations between the duration of the foreflight and the date of crossing the 10°C threshold varied, with strong correlations at Ceahlău Toaca (–0.81) and Telgárta (–0.84). The correlation for thermal summer was strong at all stations, oscillating around –0.8, while for late summer it was clearly weaker, with –0.23 for the Miercurea-Ciuc station as the absolute minimum. The relationship between the duration and date of the onset of thermal autumn also varied. The lowest value was –0.35 for Ceahlău Toaca, while the highest was –0.73 for Rîmnicu Vîlcei. The correlation for the thermal foreground was moderate and ranged from –0.52 for Kasprowy Wierch and Vârful Omu to –0.74 for Zakopane. There was a very strong difference in the duration and date of descent below the 0°C threshold for thermal winter between the mountain stations with –0.8 for Chopok, Vârful Omu, and Ceahlău Toaca, while at the foothill stations the minimum value was –0.37 in Rîmnicu Vîlcei.

Table 5. Correlation coefficient of the length of the thermal seasons with the date of their beginning. Values in bold are statistically significant at p=0.05

Tabela 5. Wartości współczynników korelacji pomiędzy czasem trwania oraz datą początku termicznych pór roku. Wartości wytłuszczone są istotne statystycznie na poziomie p= 0.05

	Kasprowy Wierch	Chopok	Vârful Omu	Ceahlău	Zako-pane	Telgárt	Rîm-nicu Vîlcea	Miercu-rea Ciuc
Early spring	**–0.72**	**–0.75**	**–0.43**	–0.28	–0.89	–0.87	–0.59	–0.92
Spring	–0.61	–0.65	–0.75	–0.74	–0.58	–0.50	–0.89	–0.65
Early Summer	x	x	x	**–0.81**	**–0.56**	**–0.84**	**–0.54**	–0.39
Summer	x	x	x	x	**–0.85**	x	**–0.75**	**–0.82**
Late Summer	x	x	x	x	**–0.64**	x	**–0.66**	–0.23
Autumn	x	x	x	–0.35	**–0.64**	**–0.67**	**–0.73**	–0.38
Early Winter	–0.52	–0.59	–0.52	–0.73	–0.74	–0.70	–0.54	–0.63
Winter	**–0.73**	**–0.80**	**–0.80**	**–0.80**	**–0.63**	**–0.56**	–0.37	**–0.47**

Discussion

The aim of presented research was to determine the occurrence of thermal seasons in selected meteorological stations located in the Carpathian Mountains and to estimate the pace and direction of progressive changes.

Early spring

Summing up the results of the research, it should be stated that at all the analysed stations, regardless of the height above sea level, the average duration of early spring was from 30 to 40 days. However, the date of its beginning turned out to be the most unstable for all seasons, which was mainly influenced by the variable duration of winter. The most noticeable fluctuations in the date of crossing the 0°C threshold were found at the valley stations, which could be related to the greater dependence of lower-lying areas on the advection of sea air masses, which translated into such a high standard deviation in the start date (Micu et al., 2020). The decreasing trend in the duration of this season at the high-mountain stations of the Western Carpathians resulted from the earlier exceeding of the 10°C threshold and the prolonged end of the winter period, leading to a noticeably later start of this season, particularly in recent years. The rapid increase in temperature after the end of winter also contributed to the frequent absence of early spring, which was characteristic of the climate of the Southern and Eastern Carpathians (Micu et al., 2015). The significant extension of the early spring in Zakopane and Rîmnicu Vîlcea was the result of the shortening of winter. In the

area of the Western Carpathians, a strong relationship was also observed between the date of the beginning and the duration of early spring, in contrast to the area of the Romanian Carpathians.

Spring

The shortest thermal spring occurred in Rîmnicu Vîlcei, which resulted from a rapid temperature transition between 5 and 10°C and often also led to the non-occurrence of this season. In turn, the longest spring happened on Kasprowy Wierch and Chopok (42 days), which resulted from the lack of warmer seasons. At all stations, except for Rîmnicu Vîlcea, an earlier and earlier appearance of the thermal spring was noticed, which was to some extent a response to the shortening of winter. In most cases, it contributed to the lengthening of this season. The biggest increase in the duration of spring was recorded in the area of the Western Carpathians. The standard deviation in the date of the beginning of this season was noticeably lower in the case of stations from the Western Carpathians, which ultimately could have contributed to the lower correlation between the date for the beginning of this season and its duration.

Early summer

The duration of the early summer season was characterized by significant variability. The average duration on Ceahlău Toaca was only 22 days, which resulted from a relatively short period with temperatures above 10°C. The early summer recorded in Telgárt had a significant average duration (62 days), which was due to the lack of thermal summer in this area. A very clear shortening of the early summer in the analysed period in Zakopane (by more than 23 days) was the result of the prolonged spring and the earlier passage of the daily temperature over the threshold of 15°C. The most stable duration and date for the beginning of the early summer occurred in Miecurei-Ciuc.

Summer

Thermal summer occurred only at three of the analysed stations located in the Carpathians valleys. In previous studies (among others, Niedźwiedz, Limanówka, 1992), summer was not included among the seasons in Zakopane; however, in the analysed period, days typical of summer occurred, because the average daily temperature exceeded 15°C in this season. In turn, the temperatures at the station in Telgárt, located at a similar height above sea level, did not show such a tendency, which could be explained by its location at the end of a narrow mid-mountain valley (Kondracki, 1989). The strong increase in the duration of this season in Zakopane was mainly due to the increasingly earlier date of the temperature passing that threshold of 15°C, while in Miecurei-Ciuc it was mainly due to the lengthening of summer at the expense of late summer. In Rîmnic Vîlcei, summer lasted on average for 140 days, which was the result of its location at

a low absolute altitude on the southern side of the Carpathian massif. However, there were no significant changes in the duration and date of the beginning of this season.

Late summer

The duration of the late summer was distinguishable in those stations where there was no thermal summer, i.e. Telgárt (69 days) and Ceahlău Toaca (44 days). In all the studied cases, the average date for the beginning of this season was delayed as a result of the lengthening of the summer season or its shift towards autumn. The significant reduction in the duration of the season in Miercurea-Ciuc was due to the prolonged summer that quickly turned into autumn. The significant extension of the late summer at the top of Ceahlău Toaca, near Miercurei-Ciuc, was due to the fact that there was no thermal summer, so the increase in the duration of this season reflected the situation in mountains valleys, though only in the range of lower temperatures. Among all seasons, late summer was characterized by the greatest stability of the start date and duration, resulting from a significant number of days in this thermal range.

Autumn

A clearly longer thermal autumn on Kasprowy Wierch (62 days), Chopok (62 days), and Vârful Omu (54 days) was the result of the lack of warmer seasons. At these stations, a clear increase in the duration of this season was observed, resulting from a lengthening towards an early winter. The lengthening of autumn in Zakopane and Miecurei-Ciuc also had a similar genesis. The Ceahlău Toaca station stood out very clearly, where, due to the lengthening of the late summer, the average beginning of autumn shifted in the period under study by nearly 19 days.

Early winter

The early winter in the high mountain areas lasted significantly longer than in valleys, which resulted from a altitude differences. At six out of eight stations, a significant delay in the beginning of this season was noted at mountain stations. Nevertheless, at most of the analysed stations, an increase in the length of this season was noted, particularly noticeable at Kasprowy Wierch, where lasted to nearly 20 days. This situation was related to the ever-later descent of the average daily temperature below the 0°C threshold. The gradual increase in the number of days with the average daily temperature between 10 and 5°C also contributed to significant fluctuations in the date of the beginning of the early winter season.

Winter

Significant decreases in the duration of winter were recorded at most stations. These were closely related to the location of the station, which explained the

similar and complementary values recorded at the mountain and valley stations. In the analysed period, the strongest decrease in the duration of winter was observed in the area of the Southern Carpathians (nearly –32 days), where the disappearance of this season was almost observed in Rîmnicu Vîlcei. On the other hand, in the Western Carpathians, slight changes in the length of winter in the Low Tatras were found, with a strong shortening of this season in the Tatra Mountains. In the case of high-altitude stations, the shortening of winter resulted from its increasingly later beginning. On Kasprowy Wierch and Chopok, the rate for shifting the beginning of winter was stronger than the rate of its shortening, contributing to a slightly later date of its end, which was particularly noticeable in recent years. On the other hand, in valley stations, the shortening of winter was observed, mainly due to the earlier and earlier onset of early spring. This fact was illustrated by a significantly higher coefficient of correlation between the date of the beginning of winter and its duration in the case of mountain compared to that of the valleys stations. Rapid changes in the duration of this season contributed to the highest standard deviation in the duration of all seasons and a significant standard deviation for the date of the beginning of winter.

The shortening of winter and the lower average temperature of this season have contributed to the increasingly rare occurrence of a severe winter (Micu et al. 2020). Frequent thaws interrupted the period with daily temperatures below –5°C, making it possible to talk only about severe winter episodes, and not about a uniform season. The rarity of a severe winter in the second decade of the 21st century was a direct result of the rapid rise in temperatures (Adler et al., 2022).

Conclusions

Based on the results of the research on the occurrence of thermal seasons in selected meteorological stations located in the Carpathian Mountains, the following final conclusions can be drawn:

- The currently observed climate warming contributes to the extension of spring in most stations and autumn in the higher parts of the mountains, as well as the shortening of the thermal winter. In most of the analysed stations, early spring and spring appear earlier and later, late summer, autumn, early winter and winter.
- The length of winter in the Carpathian Mountains decreases the more intensively the further south the station is located. The rate of shortening of winter is very clear. In the lower sub montane areas of the Southern Carpathians, this season begins to appear episodically, and in the future it may disappear completely.
- Sever winter in the high parts of the Carpathians appears less and less often and lasts shorter and shorter, and the observed trend indicates that in the future this season may disappear completely.
- A clear convergence of the length of winter at the high-mountain station and the nearest sub-mountain station has been noticed.

- Early spring is characterized by the greatest variability of the start date of all seasons. At most stations, it appears earlier and earlier, which is not tantamount to an increase in its length.
- Thermal spring appears earlier and earlier, and its length increases especially intensively in the Western Carpathians.
- The onset of early winter is recorded later and later, and the length of this season increases due to the increasingly late appearance of winter.

References

Adler C., Wester P., Bhatt I., Huggel C., Insarov G.E., Morecroft M.D., Muccione V., Prakash A., 2022, Cross-Chapter Paper 5: Mountains Supplementary Material, [in:] H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.), Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Albrich K., Rammer W., Seidl R., 2020, Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests, Global Change Biology, 26: 4013–4027, https://doi.org/10.1111/GCB.15118

Birsan M.V., Dumitrescu A., Micu D.M., Cheval S., 2014, Changes in annual temperature extremes in the Carpathians since AD 1961, Natural Hazards, 74: 1899–1910, https://doi.org/10.1007/S11069-014-1290-5

Błażejczyk K., 2019, Seasonal and multiannual variability of selected elements of climate in the Tatra and Karkonosze Mts over the 1951–2015 period, Przegląd Geograficzny, 91: 41–62, https://doi.org/10.7163/PRZG.2019.1.2

Błażejczyk K., Skrynyk O., 2019, Long term changes of air temperature, precipitation and snow cover in three mountain ridges of Central Europe, [in:] L. Kolendowicz, E. Bednorz, A.M. Tomczyk (eds.), Zmienność klimatu Polski i Europy oraz jej cyrkulacyjne uwarunkowania, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, p. 53–70.

Bochenek W., 2016, Termiczne pory roku w Szymbarku (1968–2013), Prace Geograficzne, 147: 67–80.

Bochenek W., 2017, Termiczne pory roku w Szymbarku (1968–2013), Prace Geograficzne, 147: 67–80, https://doi.org/10.4467/20833113PG.16.022.6084

Cheval S., Birsa M.-V., Dumitrescu A., 2014, Climate variability in the Carpathian Mountains Region

over 1961–2010, Global and Planetary Change, 118: 85–96, https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.04.005

Czernecki B., Glogowski A., Nowosad J., 2020, Climate: An R Package to Access Free In-Situ Meteorological and Hydrological Datasets For Environmental Assessment, Sustainability, 12: 394, https://doi.org/10.3390/SU12010394

Czernecki B., Mietus M., 2017, The thermal seasons variability in Poland, 1951–2010, Theoretical and Applied Climatology, 127: 481–493, https://doi.org/10.1007/S00704-015-1647-Z/TABLES/5

Dubicka M., 1996, Termiczne pory roku we Wrocławiu, Acta Universitatis Wratislaviensis, 1794, Prace Instytutu Geograficznego, ser. C, Meteorologia i Klimatologia, 3: 5–31

Dumitrescu A., Cheval S., Birsan M., Micu D., 2015, Climate of the Romanian Carpathians, Springer.
Hess M., 1965, Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich, Zesz. Naukowe UJ, 115, Prace Geograficzne, 11.
Hess M., Niedźwiedź T., Obrębska-Starklowa B., 1977, Stosunki termiczne Beskidu Niskiego, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 123: 1–88.
Irannezhad M., Kløve B., 2015, Do atmospheric teleconnection patterns explain variations and trends in thermal growing season parameters in Finland? Int. J. Climatol., https://doi.org/10.1002/joc.4311
Kohler T., Giger M., Hurni H., Ott C., Wiesmann U., Dach S.W. von, Maselli D., 2010, Mountains and Climate Change: A Global Concern, Mountain Research and Development, 30: 53–55, https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-09-00086.1
Kondracki J., 1989, Karpaty, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne.
Kondracki J., 2011, Geografia regionalna Polski, Wyd. Naukowe PWN.
Kożuchowski K., 2012, Meteorologia i klimatologia, Wyd. Naukowe PWN.
Kożuchowski K., Degirmendžić J., 2005, Contemporary changes of climate in Poland: trends and variation in thermal and solar conditions related to plant vegetation, Pol. J. Ecol., 53: 283–297.
Kosiba A., 1958, O konieczności ujednolicenia skali międzynarodowej podstawowych kryteriów termicznych w klimatologii, Przegląd Geofizyczny, 3(11): 1.
Kozak J., Jurkiewicz T., Łepko M., 2011, Zmienność termicznych pór roku w masywie Trzech Koron w Pieninach, Nauka Przyroda Technologie, 5(4): 59.
Kozłowska A., Rączkowska Z., 1999, Środowisko wysokogórskie jako system wzajemnie powiązanych elementów, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 174: 121–132.
Kramer K., Leinonen I., Loistau D., 2000, The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and and mediterranean forests ecosystems: an overview, Int. J. Biometeorolog., 44: 67–75.
Laghari A.N., Walasai G.D., Jatoi A.R., Bangwar D.K., Shaikh A.H., 2018, Effects of Climate Change on Mountain Waters: A Case Study of European Alps, Engineering, Technology & Applied Science Research, 8: 3234–3237, https://doi.org/10.48084/ETASR.2169
Lobel B.D., Field C.B., 2007, Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming, Environ. Res. Lett., 2: 1–7.
Kwaśniewska E., Pereyma J., 2004, Termiczne pory roku w Hornsundzie (SW Spitsbergen), Problemy Klimatologii Polarnej, 157–169.
Makowiec M., 1983, Wyznaczanie termicznych pór roku, Przegląd Geofizyczny, 28(2): 209–220.
Melo M., Lapin M., Kapolková H., Pecho J., Kružicová A., 2013, Climate Trends in the Slovak Part of the Carpathians, Environmental Science and Engineering, 131–150, https://doi.org/10.1007/978-3-642-12725-0_10
Menzel A., Fabian P., 1999, Growing season extended in Europe, Nature, 397: 659.
Micu D., Dumitrescu A., Cheval S., Birsan M.-V., 2015, Climate of the Romanian Carpathians. Variability and Trends, Springer Atmospheric Sciences, Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-319-
Micu D.M., Dumitrescu A., Cheval S., Nita I.A., Birsan M.V., 2021, Temperature changes and elevation-warming relationships in the Carpathian Mountains, International Journal of Climatology, 41: 2154–2172, https://doi.org/10.1002/JOC.6952
Migała K., 2005, Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych, Wyd. UWr.
Moszczyńska J., 1971, Termiczne pory roku w Łodzi, Zesz. Nauk. UŁ, 2: 43.

Niedźwiedź T., Limanówka D., 1992, Termiczne pory roku w Polsce, Zesz. Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 90: 53–69.
Nowak M., 1967, Termiczne pory roku na obszarze województwa olsztyńskiego, Zesz. Geograficzne WSP, Gdańsk.
Nowosad M., Filipiuk E., 1999, Zmiany czasu trwania termicznych pór roku w Lublinie w latach 1951–1995, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica, 3: 231–240.
Ostrowski J., 1971, W górach Harghita, Poznaj Świat, 19, 1(218): 26–30.
Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A., 2007, Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrology and Earth System Sciences, 11: 1633–1644, https://doi.org/10.5194/HESS-11-1633-2007
Pepin N.C., Arnone E., Gobiet A., Haslinger K., Kotlarski S., Notarnicola C., Palazzi E., Seibert P., Serafin S., Schöner W., Terzago S., Thornton J.M., Vuille M., Adler C., 2022, Climate Changes and Their Elevational Patterns in the Mountains of the World, Reviews of Geophysics, 60: e2020RG000730, https://doi.org/10.1029/2020RG000730
Romer E., 1949, Regiony klimatyczne Polski (No. 16), Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
Pielke R.A., Stohlgren T., Schell T., Parton W., Doesken N., Redmond K., Moeny J., Mckee T., TGF K., 2002, Problems in evaluating regional and local trends in temperature: an example from eastern Colorado, USA, Int. J. Climatol., 22: 421–434.
Rebetez M., 1996, Public expectation as an element of human perception of climate change, Clim. Chang., 32: 495–509.
Ruosteenoja K., Räisänen J., Pirinen P., 2010, Projected changes in thermal seasons and the growing season in Finland, Int. J. Climatol., 31: 1473–1487.
Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorczyk I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Kraż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piatek 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, https://doi.org/10.7163/GPOL.0115
Song Y., Linderholm H.W., Chen D., Walther A., 2009, Trends of the thermal growing season in China, 1951–2007, Int. J. Climatol., 30: 33–43.
Spinoni J., Szalai S., Szentimrey T., Lakatos M., Bihari Z., Nagy A., Németh Á., Kovács T., Mihic D., Dacic M., Petrovic P., Kržič A., Hiebl J., Auer I., Milkovic J., Štepánek P., Zahradnícek P., Kilar P., Limanowka D., Pyrc R., Cheval S., Birsan M.V., Dumitrescu A., Deak G., Matei M., Antolovic I., Nejedlík P., Štastný P., Kajaba P., Bochnícek O., Galo D., Mikulová K., Nabyvanets Y., Skrynyk O., Krakovska S., Gnatiuk N., Tolasz R., Antofie T., Vogt J., 2015, Climate of the Carpathian Region in the period 1961–2010: climatologies and trends of 10 variables, International Journal of Climatology, 35: 1322–1341, https://doi.org/10.1002/JOC.4059
Szalai S., Lakatos M., Bihari Z., Cheval S., Birsan M., Dumitrescu A., 2014, Climate of the Carpathian Region in the period 1961–2010: Climatologies and trends of 10 variables Article in, International Journal of Climatology, https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.04.005
Szyga-Pluta K., 2011a, Termiczne pory roku w Poznaniu w latach 2001–2008. Thermal seasons in Poznań in the period 2001–2008, Przegląd Geograficzny, 83(1): 109–119.
Szyga-Pluta K., 2011b, Zmienność termicznych pór roku w Poznaniu, Badania Fizjograficzne, Geografia Fizyczna, A (A62): 181–195

Terzi S., Torresan S., Schneiderbauer S., Critto A., Zebisch M., Marcomini A., 2019, Review Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation Keywords: Multi-risk assessment Climate change adaptation Bayesian network System dynamic modelling Agent-based model Event trees, Journal of Environmental Management, 232: 759–771, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.100

Trepińska J., 2002, Górskie klimaty, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Trybowska E., 1963, Klimatologiczne pory roku w Rabce Zdroju, Przegl*ą*d Geofizyczny, 8(3): 151–154.

Zawadzki J., Sikorski W., Przeździecki K., 2014, Uzyskiwanie bezpłatnych danych z serwisu pogodowego www.ogimet.com, Roczniki Geomatyki, 12, 3(65): 317–325.

Żmudzka E., 2011, Współczesne zmiany klimatu wysokogórskiej części Tatr, Prace i Studia Geograficzne, 47: 217–226.

Występowanie sezonów termicznych w wybranych stacjach meteorologicznych Karpat

Zarys treści: Jedną z możliwości scharakteryzowania klimatu danego obszaru jest określenie dat występowania i czasu trwania termicznych pór roku. Na podstawie średniej dobowej temperatury powietrza z lat 2001–2021 zbadano okresy występowania sezonów termicznych na czterech wysokogórskich stacjach meteorologicznych i czterech stacjach dolinnych położonych w Karpatach. Określono średni termin rozpoczęcia i czas trwania każdego sezonu w analizowanych stacjach oraz wartość i kierunek trendu zmian daty początku oraz długości wyróżnionych sezonów w badanym okresie. Obserwowany globalny wzrost temperatury przyczynia się do ogólnej tendencji wydłużania się pór roku cieplejszych i skracania pór chłodnych na obszarze Karpat. Początek sezonu wczesnozimowego coraz częściej ma miejsce później, ale czas trwania tego sezonu wydłuża się z powodu opóźnionego początku zimy. Wczesna zima w wyższych partiach górskich trwała znacznie dłużej niż w dolinach. W górach epizodycznie zaczynają występować ostre zimy wskazujące na możliwość zbliżającego się zaniku tego okresu. Sezon wiosenny pojawia się wcześniej i jest dłuższy, a czas jego trwania wydłuża się zwłaszcza w zachodniej części gór. Lato termiczne odnotowano tylko na trzech z analizowanych stacji położonych w dolinach Karpat. Wyraźnie dłuższa termiczna jesień na terenach wysokogórskich to efekt braku cieplejszych pór roku.

Słowa kluczowe: termiczne pory roku, zmiany klimatu, Karpaty

Sekcja Geoinformacji
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Tomasz Matuszek, Adrian Nowacki, Martyna Bielecka, Radosław Jagła

Ocena sezonowej zmienności temperatury powierzchni terenu na obszarze Poznania i powiatu poznańskiego

Zarys treści: Teledetekcja jest aktualnie niezbędnym narzędziem w obserwacji środowiska oraz zachodzących w nim procesów. Wykorzystanie zobrazowań satelitarnych pozwala na monitorowanie zmian klimatycznych zachodzących na powierzchni Ziemi oraz zapobieganie ich negatywnym skutkom. Jednym z wielu powszechnych zastosowań zdjęć satelitarnych jest badanie temperatury powierzchni terenu, która pozwala na pomiar powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła na obszarach miejskich oraz jej zmienności przestrzennej i czasowej. Analiza przeprowadzona w Poznaniu i powiecie poznańskim miała na celu zbadanie i ocenę zmienności temperatury powierzchni terenu dla każdej z 4 pór roku. Otrzymane wyniki wykazały silną zależność temperatury powierzchni od typu zagospodarowania i użytkowania terenu. Największymi wartościami temperatury powierzchni dla każdej pory roku odznaczają się głównie osiedla śródmiejskie oraz mieszkaniowe, zlokalizowane na północ od centrum miasta. Kierunkowość zmienności temperatury powierzchni terenu uwidoczniła najcieplejsze obszary zlokalizowane w kierunku południowo-wschodnim oraz południowo-zachodnim od centrum, najzimniejsze natomiast – w kierunku północno-wschodnim. Obszarami o najwyższej temperaturze powierzchni, czyli tzw. wyspami ciepła, okazały się te, na których występują hale magazynowe i centra handlowe, a także tereny w ścisłym centrum miasta.

Słowa kluczowe: temperatura powierzchni terenu, miejska wyspa ciepła, zagospodarowanie terenu, zmienność sezonowa, Poznań

Wstęp

Postępujący rozwój technologii satelitarnych pozwala na coraz szersze wykorzystanie satelitów w wielu dziedzinach życia. Aktualnie technologie te odgrywają kluczową rolę w sferze badań różnorodnych aspektów środowiska naturalnego oraz procesów społeczno-gospodarczych. Teledetekcja satelitarna pozwala na efektywne monitorowanie zmian klimatycznych i podejmowanie decyzji dotyczących zarządzania zasobami naturalnymi planety. Poszczególne pasma spektralne wybranych satelitów umożliwiają nie tylko śledzenie ekstremalnych warunków pogodowych, takich jak upały (Dousset i in., 2011), ale także badanie zjawiska znanego jako „miejska wyspa ciepła" (ang. *Urban Heat Island*, UHI), poprzez wykorzystanie specjalnego kanału termalnego (Liu, Zhang, 2011). Pasmo to może być użyte przede wszystkim do obliczenia temperatury powierzchni terenu (ang. *Land Surface Temperature*, LST), którą stosuje się m.in. do wykrywania i prognozowania przymrozków czy monitorowania stresu wodnego upraw (Prata i in., 1995).

Miejska wyspa ciepła to zjawisko odnoszące się do występowania wyższej temperatury powietrza nad obszarem miejskim względem terenów go otaczających (Voogt, Oke, 2003). Termin ten został użyty po raz pierwszy już w 1818 roku przez Howarda, natomiast pierwszy raz zjawisko zbadano za pomocą technik satelitarnych dopiero w latach 70. XX wieku (Matson, 1978). Miejska wyspa ciepła dzieli się na dwa typy ze względu na rodzaj użytej metody badawczej. Pierwsza metoda opiera się na temperaturze powietrza mierzonej na wysokości 2 m nad gruntem (Stewart, Oke, 2012), druga natomiast – na pomiarach promieniowania elektromagnetycznego metodami zdalnymi (najczęściej za pomocą satelitów) w zakresie podczerwieni termalnej, co pozwala na wyznaczenie temperatury powierzchni terenu (Li i in., 2011). Można też wyróżnić dwa rodzaje miejskiej wyspy ciepła różniące się przedmiotem badań – uzyskiwaną na podstawie temperatury powietrza (ang. *Canopy Urban Heat Island*, CUHI), a także na podstawie temperatury powierzchni terenu (ang. *Surface Urban Heat Island*, SUHI).

Wartość temperatury powierzchni terenu jest uzależniona od typów pokrycia i zagospodarowania terenu (Yuan, Bauer, 2007). Obszary leśne lub ścisła zabudowa miejska charakteryzują się różnymi wartościami temperatury powierzchni, na które wpływa poziom odbicia promieniowania słonecznego (Grant, Prata, 2000). Temperatura powierzchni ulega również zmienności w zależności od pory roku (Guha i in., 2021). Ciekawym aspektem badań może być zatem analiza sezonowej zmienności rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni terenu i wyodrębnienie najbardziej charakterystycznych obszarów odznaczających się niskimi lub wysokimi jej wartościami, niezależnie od pory roku.

Zagadnieniu powiązania pokrycia terenu i użytkowania ziemi z temperaturą powierzchni LST poświęcono w literaturze wiele prac naukowych (Sun i in., 2012; Pal i in., 2017; Tran i in., 2017). Istnieją również badania dotyczące warunków termicznych podczas fal upałów i zimna dla obszaru miasta Poznania (Półrolniczak i in., 2018; Tomczyk i in., 2018). W ostatnim czasie skupiono się też na ocenie wpływu urbanizacji na temperaturę powierzchni ziemi na przykładzie miasta

Poznania (Zwolska i in., 2024). Wyniki tych badań sugerują istotne oddziaływanie antropogenicznych typów pokrycia terenu (obszarów zabudowy, dróg) na podwyższenie temperatury powierzchni. W innych badaniach opracowano model regresji nieliniowej pozwalający oszacować wartości temperatury powietrza na podstawie temperatury powierzchni terenu, co umożliwiło określenie zasięgu i siły zjawiska miejskiej wyspy ciepła w Poznaniu (Majkowska i in., 2017). Ci sami autorzy zauważyli zróżnicowanie intensywności zjawiska miejskiej wyspy ciepła w zależności od typu pokrycia terenu oraz części roku (ciepłej lub chłodnej). Dotychczas dla Poznania nie zbadano natomiast zmienności temperatury powierzchni ziemi oraz jej zależności od pokrycia terenu i użytkowania ziemi w podziale na cztery główne pory roku.

Celem artykułu było określenie zmienności temperatury powierzchni terenu dla każdej pory roku na obszarze miasta Poznania i powiatu poznańskiego. Ponadto drugim celem było zbadanie zależności pomiędzy temperaturą powierzchni terenu a typem jego zagospodarowania oraz wyznaczenie obszarów wyróżniających się podwyższonymi wartościami temperatury powierzchni względem większości terenu analizy.

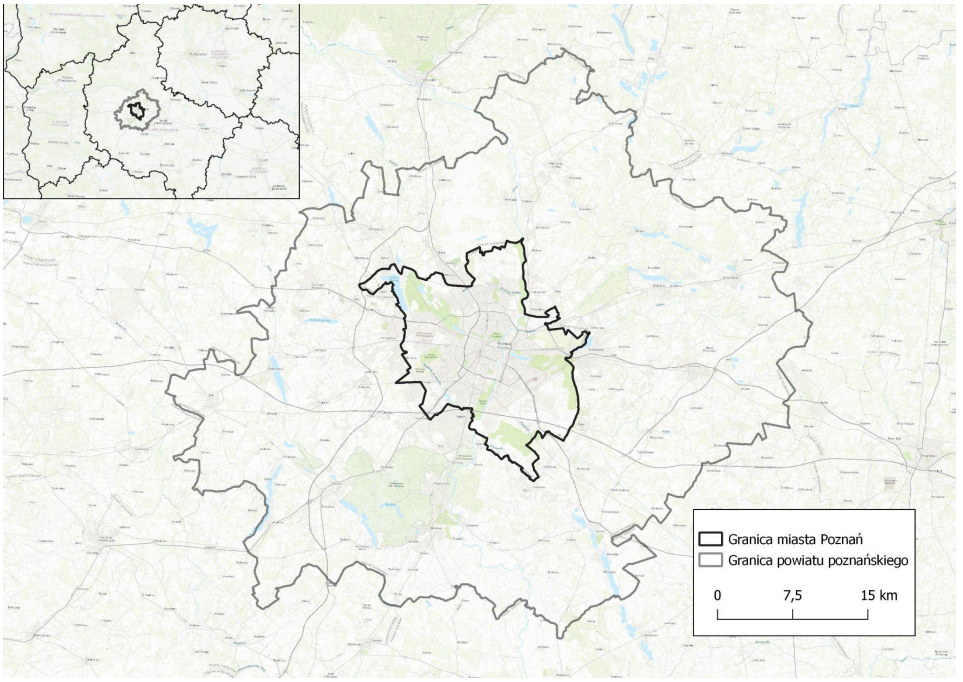
Obszar badań

Niniejszą analizę przeprowadzono dla Poznania oraz powiatu poznańskiego, znajdujących się w centralnej części województwa wielkopolskiego. Obszar ten jest zamieszkiwany łącznie przez około 983 tys. mieszkańców (na podstawie danych Narodowego Spisu Powszechnego 2021). Podczas gdy na terenie miasta Poznania dominują obszary zurbanizowane, w powiecie poznańskim poza zabudową oraz gruntami uprawnymi, spora część terytorium pokryta jest lasami – w powiecie znajduje się m.in. Wielkopolski PN, PK Puszcza Zielonka, Rogaliński PK, PK Promno oraz poligon wojskowy w Biedrusku (ryc. 1). Obszary te w znacznym stopniu kontrastują ze ścisłą zabudową miejską, co może wpływać na znaczące różnice temperatury powierzchni terenu oraz intensywność powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła.

Źródła danych i metody przetwarzania

Źródła danych

Całość analizy przeprowadzono w oparciu o 7 zobrazowań satelitarnych uzyskanych z programu Landsat 8, będącego częścią ogólnego programu Landsat prowadzonego przez Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (ang. *National Aeronautics and Space Administration*, NASA) oraz Służbę Geologiczną Stanów Zjednoczonych (ang. *United States Geological Survey*, USGS). Pochodziły one z zasobów Landsat kolekcji 2 poziomu 1 (ang. Collection 2, Level 1), charakteryzującego się brakiem skorygowania pod względem kalibracji radiometrycznej



Ryc. 1. Obszar badawczy – miasto Poznań oraz powiat poznański na tle mapy podkładowej
Źródło: opracowanie własne na podstawie Państwowego Rejestru Granic (PRG) oraz Esri.
Fig. 1. Study area – city of Poznań and poznański county with a basemap

i korekcji atmosferycznej. Pozyskane zobrazowania wybrano na podstawie możliwie minimalnego procentu zachmurzenia w ciągu 3 lat (2019–2022), ze względu na niedostateczną liczbę nadających się do analizy scen satelitarnych w ciągu jednego roku. Dzięki temu udało się wybrać zobrazowania nieposiadające istotnego zachmurzenia na obszarze analizy. Wybrano je dla 4 pór roku dla dni: 21 oraz 28 kwietnia 2021 (wiosna), 21 lipca oraz 26 czerwca 2019 (lato), 23 września oraz 2 listopada 2022 (jesień), a także dla 5 lutego 2020 (zima). Wszystkie zobrazowania odznaczały się wymiarami około 170 × 183 km oraz rozdzielczością 30 × 30 m (Acharya, 2015). W analizie wykorzystano tylko jeden kanał spektralny z całej sceny satelitarnej – kanał termalny 10 (ang. *Band 10 – Thermal Infrared 1, TIRS 1*).

W analizie wykorzystano także Bazę Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) – najdokładniejszy zbiór danych o pokryciu i użytkowaniu terenu dostępny na obszarze Polski. Baza ta została pozyskana w formie wektorowej o poziomie dokładności odpowiadającej mapie topograficznej w skali 1:10 000. Zbiór ten charakteryzuje się trzema poziomami szczegółowości, obejmującymi przede wszystkim dane o sieci komunikacyjnej, sieci wodnej, sieci uzbrojenia terenu, pokryciu i użytkowaniu terenu, a także budynkach, jednostkach podziału administracyjnego oraz wielu innych obiektach. W celu przedstawienia różnic temperatury powierzchni w zależności od zagospodarowania terenu, z bazy BDOT10k

wyodrębniono główne klasy pokrycia terenu, dla których przeprowadzono analizę: zabudowę, zabudowę przemysłową, lasy, wodę oraz obszary rolne i trawiaste.

Temperatura powierzchni terenu

Wartości temperatury powierzchni zostały wyszczególnione na podstawie obliczeń wykorzystujących kanał termalny 10 (ang. *Band 10 – Thermal Infrared 1, TIRS 1*). Temperaturę powierzchni terenu uzyskano poprzez zestawienie promieniowania widmowego górnej atmosfery (ang. *Top of Atmospheric Spectral Radiance*, TOA), temperatury promieniowania (ang. *Brightness Temperature*, TB), a także emisyjności powierzchni ziemi (ang. *Land Surface Emissivity*, LSE; Rajeshwari, 2014). Wartości wszystkich wymienionych zmiennych zostały udostępnione w pliku z metadanymi dla pozyskanego obrazu satelitarnego. Rastry z wartościami temperatury powierzchni uzyskano dzięki autorskiej aplikacji interaktywnej stworzonej za pomocą pakietu Shiny (Chang i in., 2017) w ramach środowiska R (R Core team, 2022), pozwalającej na automatyzację wszelkich obliczeń. Szczegółowe metody obliczenia temperatury powierzchni terenu zostały przedstawione przez Rajeshwari (2014).

Agregacja wartości temperatury powierzchni do warstw wektorowych

Jednym z celów pracy było zbadanie różnic w rozkładzie wartości temperatury powierzchni wraz z oddalaniem się od centrum miasta w różnych kierunkach świata. Aby przeprowadzić taką analizę kierunkowości rozkładu temperatury, wykonano mapy średniej wartości temperatury powierzchni terenu w pierścieniach koncentrycznie rozchodzących się z centrum Poznania. W ramach analizy pierwszym krokiem było stworzenie 50 koncentrycznych pierścieni podzielonych o szerokości 1 km, a następnie rozdzielenie każdego z nich na 8 równych części. Po docięciu pierścieni do obszaru badań obliczono średnią temperaturę powierzchni dla każdego segmentu.

W celu ustalenia dokładniejszego przestrzennego rozkładu temperatury powierzchni terenu na całym obszarze badań wykorzystano także dwie siatki heksagonalne o wielkości 500 m i 2000 m. Dla każdego z heksagonów o wielkości 2000 m obliczono średnią temperaturę powierzchni terenu oraz zwizualizowano wyniki na mapach dla wszystkich czterech pór roku.

Określenie zasięgu powierzchniowego miejskiej wyspy ciepła

Na podstawie danych rastrowych o temperaturze powierzchni terenu podjęto także próbę wyznaczenia wysp ciepła – obszarów istotnie cieplejszych niż średnia na wielu z analizowanych zdjęć satelitarnych. Przy wyznaczaniu wartości progowych zastosowano zmodyfikowaną metodę zaproponowaną przez Labiba (2022), która korzystała ze średniej wartości temperatury powierzchni terenu oraz jej odchyle-

nia standardowego. Przyjęto, że obszar jest wyspą ciepła, jeżeli jego temperatura jest wyższa niż średnia temperatura całego obszaru powiększona o 1,5-krotność odchylenia standardowego. Tym sposobem wyznaczono obszary ciepłe dla każdego z 7 zdjęć satelitarnych, a następnie nałożono wyniki na siebie i zidentyfikowano tereny, na których wskazania wysp ciepła się pokrywały.

Określenie zależności temperatury powierzchni od zagospodarowania terenu

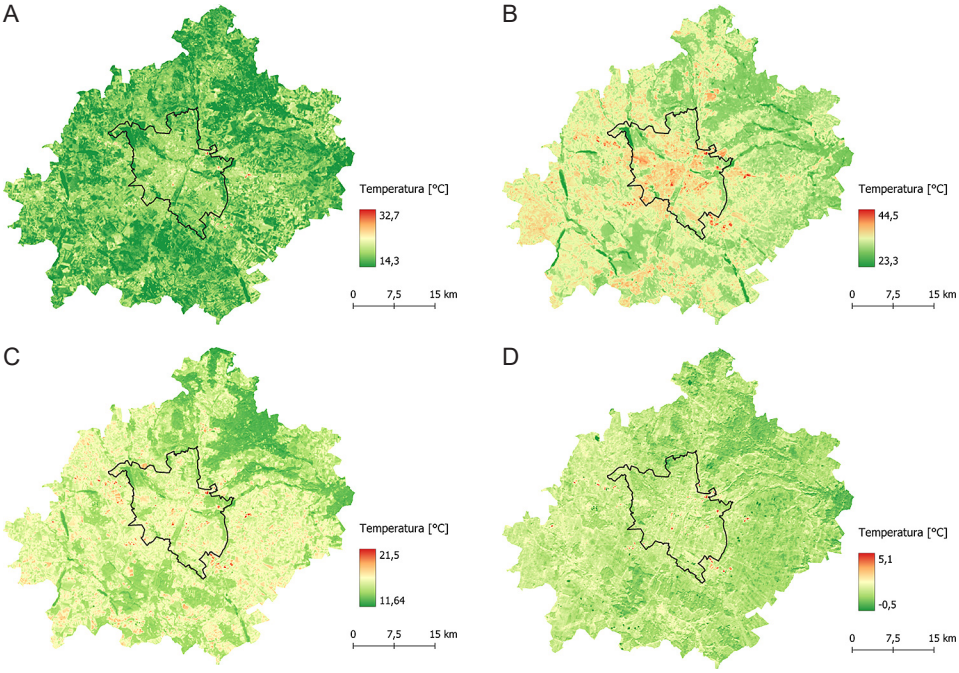
Typ zagospodarowania terenu ma bezpośredni wpływ na temperaturę podłoża, co opisują w swoich badaniach Kunert i Błażejczyk (2011). W celu zbadania, który z typów zagospodarowania terenu osiąga najwyższą temperaturę powierzchni, obliczono statystyki strefowe dla wybranych typów zagospodarowania. Wykorzystano bazę danych BDOT10k, kategoria PT – pokrycie terenu, z której wybrano klasy obiektów, takie jak: zabudowa (PTZB), teren leśny i zadrzewiony (PTLZ), roślinność trawiasta i uprawa rolna (PTTR), woda powierzchniowa (PTWP). Dla zabudowy wykorzystano poziom trzeci klasyfikacji obiektów. Klasa uległa podziałowi na: zabudowę przemysłowo-składową (PTZB03) oraz zabudowę, w której zostały zawarte pozostałe jej rodzaje (PTZB01, PTZB02, PTZB04, PTZB05).

Wyniki badań

Temperatura powierzchni terenu dla 4 pór roku

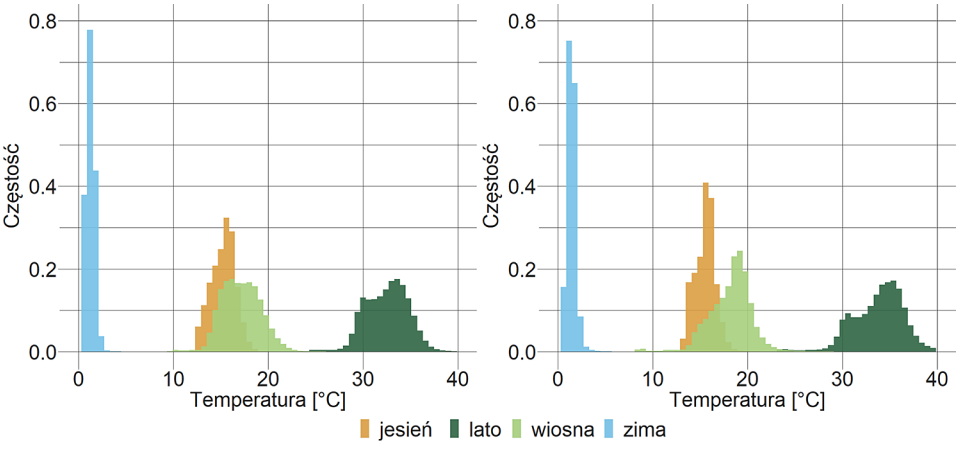
Rycina 2 przedstawia średnią temperaturę powierzchni terenu dla każdej z pór roku. Amplitudy temperatury (różnice pomiędzy najcieplejszym i najchłodniejszym pikselem na danym zobrazowaniu) wahały się pomiędzy około 10 a 12°C dla każdej z pór roku, poza zimą, cechującą się o wiele większą jednolitością, dla której wartość ta wyniosła około 5°C. Widoczny jest związek temperatury powierzchni terenu z jej pokryciem – zabudowa miejska czy kompleksy przemysłowe cechują się wyższą temperaturą powierzchni niż tereny zielone, lasy lub zbiorniki wodne.

Dla przedstawienia częstości występowania poszczególnej temperatury powierzchni terenu w zależności od pory roku wykonano wykres częstości (ryc. 3). Rozkład wartości dla obszaru miasta Poznania oraz powiatu poznańskiego jest bardzo zbliżony – główną różnicą jest większy zakres wartości dla każdej pory roku w powiecie poznańskim oraz lekkie przesunięcie ku wyższym wartościom w Poznaniu. W okresie zimowym najczęściej występującą wartością była temperatura powierzchni terenu wynosząca około 1,5–2,0°C, najrzadziej notowano temperaturę determinującą zakres wartości, tj. –0,5 oraz 5,1°C. Temperatury jesienią i wiosną kształtowały się podobnie. Dla jesieni najczęściej występujące wartości zawierały się w zakresie około 14,0–16,0°C, dla wiosny natomiast – około 16,0–17,0°C. W porównaniu z pozostałymi porami roku wiosna charakteryzuje



Ryc. 2. Temperatura powierzchni terenu dla każdej pory roku: A – wiosna, B – lato, C – jesień, D – zima

Fig. 2. Land surface temperature by season of the year: A – spring, B – summer, C – autumn, D – winter



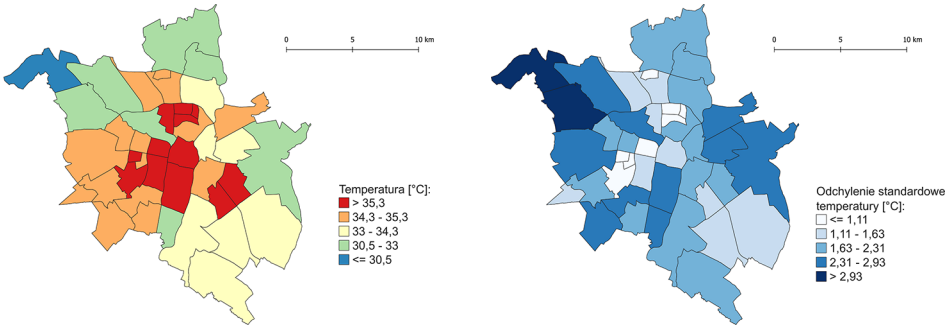
Ryc. 3. Częstość występowania wartości temperatury powierzchni terenu w podziale na pory roku dla: A – powiatu poznańskiego, B – miasta Poznania

Fig. 3. Frequency of land surface temperature values by season of the year for: A – poznański county, B – city of Poznań

się także rozkładem wartości najbardziej zbliżonym do normalnego. Temperatura powierzchni wynosiła latem najczęściej od 33,0 do 35,0°C..

Temperatura powierzchni terenu dla osiedli miasta Poznania

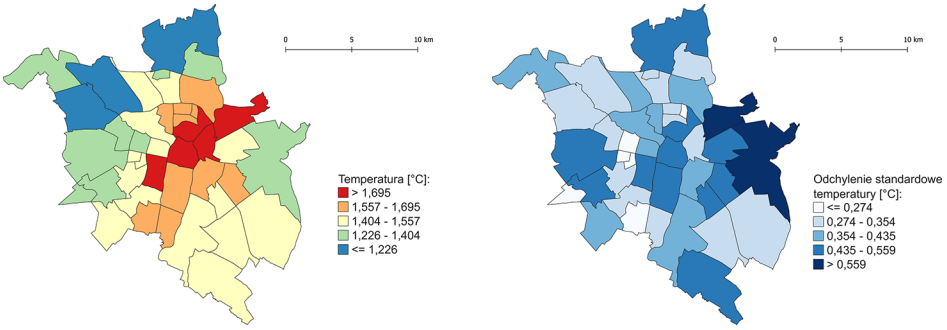
W ramach analizy zmienności rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni terenu obliczono statystyki strefowe ze średnią wartością temperatury dla każdej jednostki pomocniczej miasta Poznania (nazywanych potocznie osiedlami). Na rycinach 4 i 5 przedstawiono średnie wartości temperatury powierzchni terenu oraz jej odchylenie standardowe dla danych satelitarnych dla lata oraz zimy. W przypadku średniej temperatury powierzchni terenu dla lata (ryc. 4) można zauważyć, że najwyższe jej wartości zarejestrowano dla najgęściej zabudowanych dzielnic śródmiejskich (Stare Miasto, Jeżyce, Wilda, Łazarz) oraz osiedli mieszkaniowych (Nowe Winogrady, Rataje, Grunwald). Dzielnice z obszarami uprawnymi i trawiastymi jako dominującym pokryciem terenu (Krzesiny–Pokrzywno–Garaszewo, Naramowice, Ławica) charakteryzowały się temperaturą powierzchni terenu o średniej wartości, natomiast najchłodniejsze były dzielnice o wysokim zalesieniu (Sołacz, Strzeszyn, Kiekrz). Odchylenie standardowe wartości temperatury powierzchni terenu było wyższe w dzielnicach chłodniejszych, natomiast niższe w dzielnicach cieplejszych.



Ryc. 4. Średnia temperatura oraz odchylenie standardowe powierzchni terenu dla osiedli miasta Poznania w okresie letnim

Fig. 4. Standard deviation and average land surface temperature for estates in city of Poznań in summer

W przypadku danych o temperaturze powierzchni terenu z obrazu satelitarnego wykonanego zimą (ryc. 5) śródmiejskie osiedla Stare Miasto i Łazarz ponownie należały do najcieplejszych obszarów miasta. Oprócz tego wysoka temperatura powierzchni została zarejestrowana na północny wschód od centrum miasta, w dzielnicach Ostrów Tumski–Śródka–Zawady–Komandoria oraz Główna. Najchłodniejsze okazały się osiedla Morasko–Radojewo, Strzeszyn oraz Krzyżowniki–Smochowice. Największym zróżnicowaniem temperatury powierzchni terenu odznaczała się dzielnica Główna oraz osiedle Antoninek–Zieliniec–Kobylepole, co nie pokrywa się z trendem zauważonym w danych dla miesięcy letnich

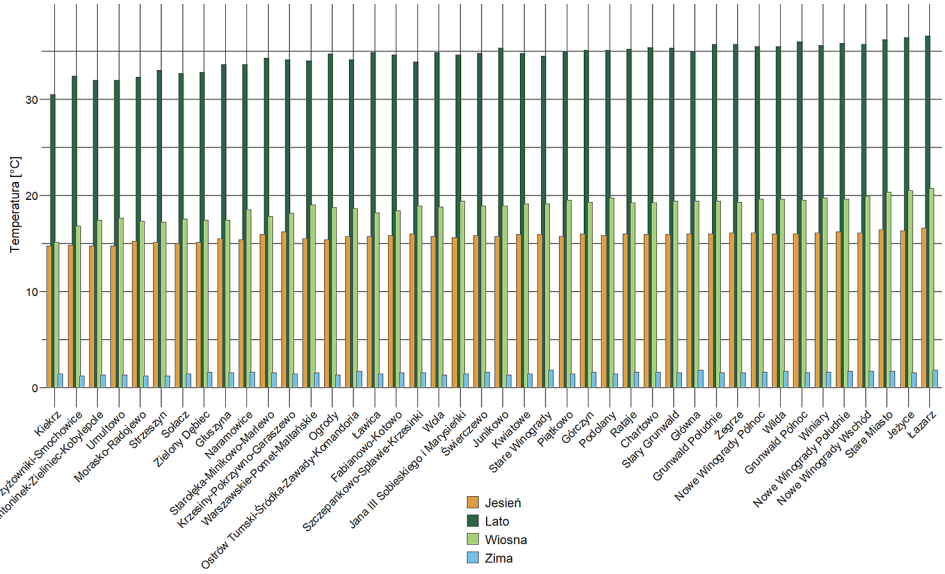


Ryc. 5. Średnia temperatura oraz odchylenie standardowe powierzchni terenu dla osiedli miasta Poznania w okresie zimowym

Fig. 5. Standard deviation and average land surface temperature for estates in city of Poznań in winter

– odwrotnie niż latem zimą największe zróżnicowanie temperatury powierzchni terenu wcale nie charakteryzowało obszarów o najniższej średniej temperaturze powierzchni terenu.

Wyżej opisane statystyki średniej wartości temperatury powierzchni terenu szczegółowo opisuje rycina 6. Uzupełnia ona statystyki dla pór roku o wiosnę oraz jesień, a także szereguje osiedla od najniższej do najwyższej ogólnej temperatury powierzchni terenu. W każdym z okresów najwyższe jej wartości



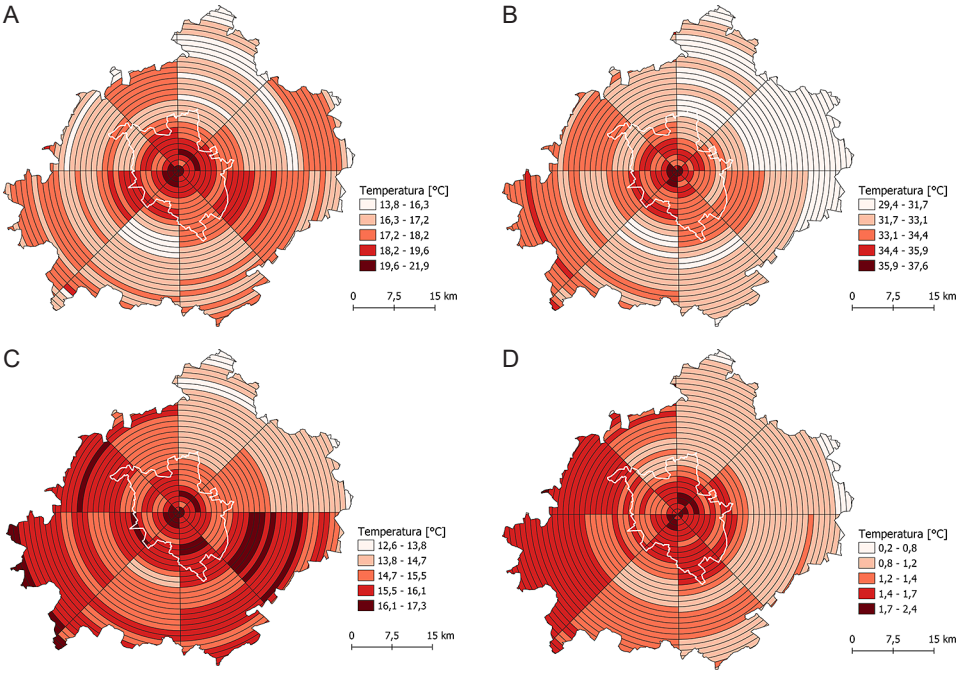
Ryc. 6. Wysokość średniej temperatury powierzchni terenu w podziale na jednostki pomocnicze m. Poznania oraz pory roku

Fig. 6. Average land surface temperature for estates in city of Poznań by season of the year

notowano w gęsto zagospodarowanym centrum miasta. Wartości średnie przypadały na osiedla ze znaczącym udziałem wysokich budynków mieszkalnych. Obszary bardzo oddalone od gęstej aglomeracji miejskiej, a także o wysokim zalesieniu, charakteryzowały się najmniejszymi wartościami średniej temperatury powierzchni terenu dla każdej z pór roku.

Zmienność kierunkowa temperatury powierzchni terenu

Rycina 7 przedstawia wartości średniej temperatury dla fragmentów jednokilometrowych pierścieni ułożonych koncentrycznie wokół centrum Poznania. Można zauważyć pewną systematyczność, że dla obszaru Poznania temperatura powierzchni terenu sięga większych wartości i stopniowo maleje wraz z oddalaniem się od centrum miasta. Obszar aglomeracji osiąga niższą temperaturę powierzchni dla terenów zlokalizowanych w północno-wschodniej części, ze względu na dominację obszarów zalesionych (Park Krajobrazowy Puszcza Zielonka). Na kierunku południowo-zachodnim widać także obniżoną temperaturę powierzchni w porównaniu do obszarów sąsiednich dla pierścieni pokrywających Wielkopolski Park Narodowy.

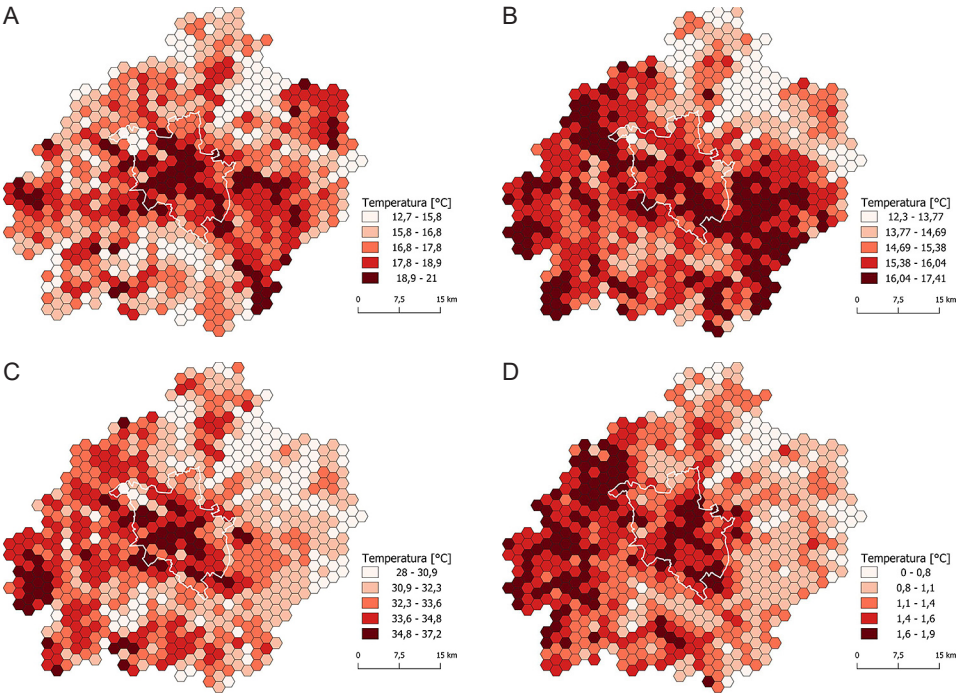


Ryc. 7. Średnia temperatura powierzchni terenu dla pierścieni w podziale na pory roku: A – wiosna, B – lato, C – jesień, D – zima

Fig. 7. Average land surface temperature for rings by season of the year: A – spring, B – summer, C – autumn, D – winter

Temperatura powierzchni terenu dla heksagonów 2000 m

Rycina 8 przedstawia średnie wartości temperatury powierzchni zagregowane dla siatki heksagonalnej o wielkości 2000 m. Najwyższa temperatura powierzchni występuje dla obszarów o wysokim stopniu zurbanizowania, natomiast na terenach o dużym współczynniku lesistości zauważalny jest zdecydowany spadek temperatury powierzchni. Szczególnym przypadkiem jest jesień, kiedy można zaobserwować wyższą temperaturę powierzchni w północno-zachodniej oraz południowo-wschodniej części obszaru badań. Na tych terenach dominują pola uprawne, natomiast jesień jest okresem zbiorów, przez co prawdopodobnie przyczyną wzrostu było odsłonięcie gleby, która jest podatniejsza na nagrzewanie się.

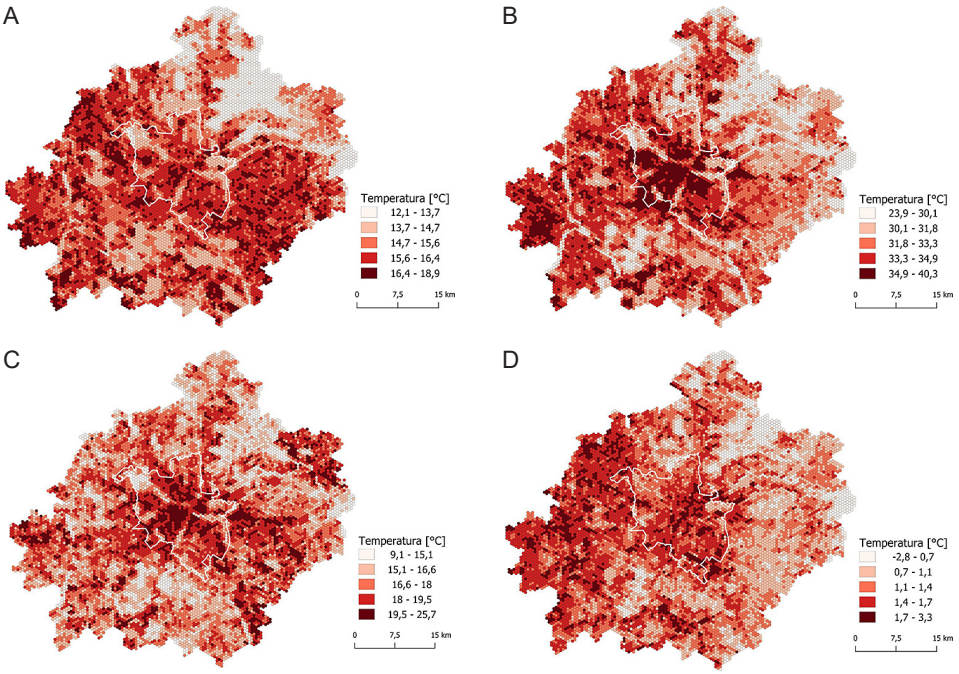


Ryc. 8. Średnia temperatura powierzchni terenu dla heksagonów 2000 m w podziale na pory roku: A – wiosna, B – lato, C – jesień, D – zima

Fig. 8. Average land surface temperature for 2000 m hexagons by season of the year: A – spring, B – summer, C – autumn, D – winter

Temperatura powierzchni terenu dla heksagonów 500 m

W ramach dokładniejszego zbadania przestrzennego rozkładu temperatury powierzchni terenu wykorzystano także siatkę heksagonalną o wielkości 500 m oraz obliczono dla każdego z heksagonów średnią temperaturę powierzchni. Największe wartości osiągają obszary zabudowane oraz kompleksy przemysłowe. Jest to zauważalne przede wszystkim na terenie miasta Poznania, w mniejszym stopniu w całej aglomeracji. W obrębie miasta Poznania tereny o niższej średniej temperaturze powierzchni to głównie parki oraz zbiorniki wodne. Z kolei w powiecie poznańskim najniższe temperatury powierzchni osiągają tereny zalesione. Z racji dużej rozdzielczości przestrzennej takiej siatki, obserwacje dotyczące rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni w większości pokrywają się z obserwacjami dokonanymi na podstawie map stworzonych z oryginalnych danych satelitarnych.

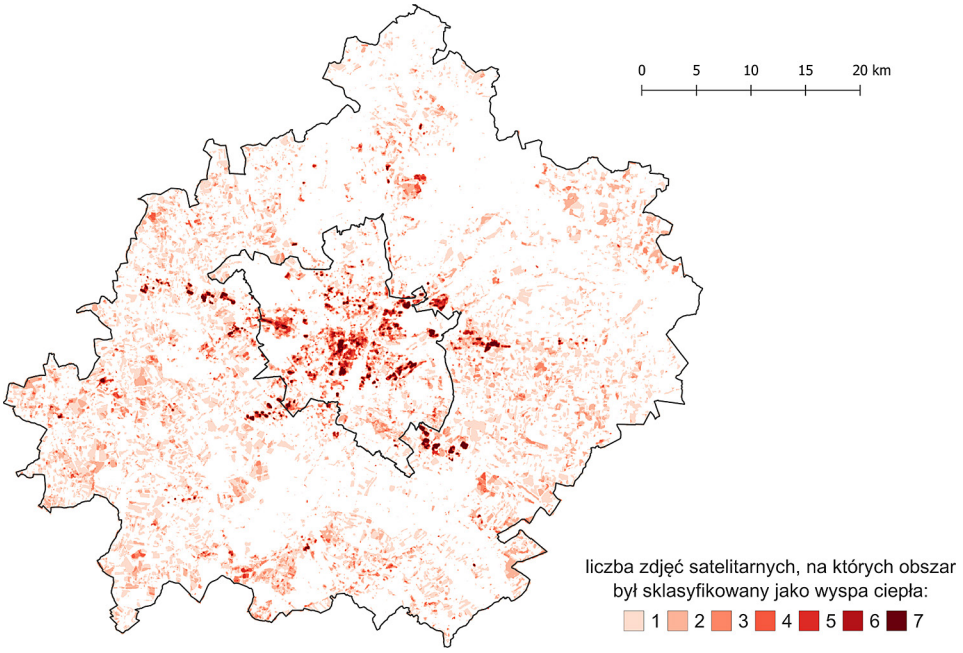


Ryc. 9. Średnia temperatura powierzchni terenu dla heksagonów 500 m: A – wiosna, B – lato, C – jesień, D – zima

Fig. 9. Average land surface temperature for 500 m hexagons: A – spring, B – summer, C – autumn, D – winter

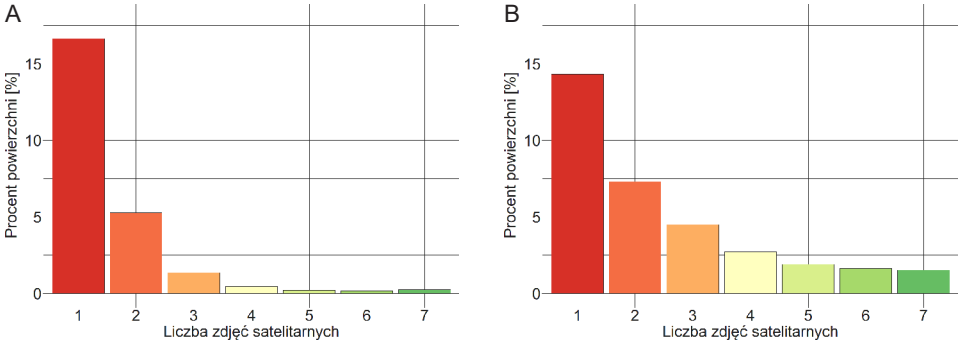
Powierzchniowa miejska wyspa ciepła

Rycina 10 przedstawia stopień pokrywania się obszarów sklasyfikowanych jako wyspa ciepła na różnych zobrazowaniach. Najczęściej wyspy ciepła występowały w miejscach będących obiektami magazynowymi i przemysłowymi, a także galeriami handlowymi czy terenami lotnisk. Oprócz tego rejon Międzynarodowych Targów Poznańskich został sklasyfikowany na każdym zdjęciu jako wyspa ciepła, a innymi obszarami o wysokiej koncentracji takich wskazań były dzielnice śródmiejskie Poznania: Stare Miasto (szczególnie w trójkącie ulic Półwiejska–Strzelecka–Krakowska), Wilda, Łazarz (okolice Rynku Łazarskiego) oraz Jeżyce (szczególnie pomiędzy ulicami Kraszewskiego i Polną).



Ryc. 10. Mapa obszarów sklasyfikowanych jako miejska wyspa ciepła
Fig. 10. Overlay of areas classified as urban heat island

W przypadku powiatu poznańskiego około 74% powierzchni nie sklasyfikowano jako obszar miejskiej wyspy ciepła na żadnym z użytych zdjęć satelitarnych, dla miasta Poznania było to około 66% powierzchni. Niemal 17% obszaru powiatu poznańskiego oraz 14% obszaru miasta Poznania sklasyfikowano jako wyspę ciepła na jednym zobrazowaniu (ryc. 11). Mniej niż 8% powierzchni powiatu poznańskiego sklasyfikowano jako wyspę ciepła na więcej niż jednym zobrazowaniu satelitarnym – w przypadku miasta wartość ta wynosi aż 20%. Wskazania wyspy ciepła na więcej niż 4 zdjęciach przyjmowały bardzo zbliżone wartości dla obu badanych obszarów – w przypadku powiatu poznańskiego wynosiły około 0,5%,



Ryc. 11. Udział procentowy obszarów w zależności od liczby zdjęć satelitarnych, na których wykryto miejską wyspę ciepła: A – powiat poznański, B – miasto Poznań
Fig. 11. The percentage of land depending on the number of satellite images where an urban heat island was detected: A – poznański county, B – city of Poznań

dla miasta Poznania natomiast – około 2–2,5%. Obszary te występowały jedynie punktowo i dotyczyły najczęściej konkretnych budynków lub ich zgrupowań.

Temperatura powierzchni w zależności od zagospodarowania terenu

Klasą pokrycia terenu osiągającą największą średnią temperaturę w każdej z pór roku jest zabudowa przemysłowa. Największe różnice w temperaturze powierzchni tej klasy w porównaniu do innych terenów zabudowanych zaobserwować można latem, kiedy wartość ta osiąga 2,05°C. Wiosną oraz latem najniższa temperatura została zmierzona dla obszarów wodnych ze średnią wartością kolejno: 14,63°C i 29,28°C, z kolei dla jesieni i zimy najniższą średnią temperaturę miały lasy: 14,06°C oraz 0,95°C. Obszary uprawne w każdej z czterech pór roku były klasą pokrycia terenu o niższej temperaturze powierzchni niż zabudowania, ale o wyższej temperaturze niż obszary zalesione i wody powierzchniowe. Warto jednak zwrócić uwagę na to, że dla jesieni temperatura pól uprawnych była prak-

Tabela 1. Średnia temperatura powierzchni w podziale na typ pokrycia terenu z określonym buforem oraz porę roku w stopniach Celsjusza [°C]
Table 1. Average land surface temperature by land use type and season of the year in degrees Celsius [°C]

	Zabudowa [bufor 10 m]	Zabudowa przemysłowa [bufor 10 m]	Lasy [bufor 30 m]	Woda [bufor 30 m]	Obszary rolne i trawiaste [bufor 30 m]
Wiosna	18,8	20,8	15,9	14,6	17,8
Lato	34,5	36,6	30,9	29,3	33,3
Jesień	15,7	16,7	14,1	14,2	15,7
Zima	1,5	1,8	1,0	1,5	1,3

tycznie taka sama jak powierzchni terenów zabudowanych. Jest to spowodowane prawdopodobnie tym, że w momencie wykonywania zdjęć satelitarnych w miesiącach jesiennych pola były już po żniwach, przez co nie było na nich roślinności, a jedynie odkryta ziemia.

Wnioski i podsumowanie

W pracy poddano analizie zmienność temperatury powierzchni terenu w zależności od pory roku dla Poznania i powiatu poznańskiego. Analiza rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni terenu wykazała jej silny związek z typem zagospodarowania i użytkowania terenu, co jest spójne z wynikami poprzednich badań na ten temat (Półrolniczak i in., 2018; Zwolska i in., 2024). Najcieplejszymi osiedlami Poznania okazały się dzielnice śródmiejskie oraz stosunkowo gęsto zabudowane osiedla mieszkaniowe na Piątkowie i Ratajach. Obszary zalesione były znacząco chłodniejsze od terenów zabudowanych w każdej analizowanej porze roku. Ma to prawdopodobnie związek z tym, że dzielnice śródmiejskie są w większości pokryte gęstą zabudową (o wysokiej temperaturze), natomiast w dzielnicach o niższej średniej temperaturze obszary zalesione i zbiorniki wodne sąsiadują z obszarami zabudowanymi, co sprawia, że wartości temperatury powierzchni są na tych obszarach bardziej zróżnicowane.

Analiza kierunkowości zjawiska zmienności temperatury powierzchni wykazała, że w powiecie poznańskim najcieplejszymi terenami są gminy Kórnik, Komorniki, Dopiewo i Tarnowo Podgórne (kierunek południowo-wschodni i południowo-zachodni). Ma to związek z intensywną rozbudową obszarów zurbanizowanych (podmiejskich) oraz lokalizacją wielu hal magazynowych w tych gminach. Najniższe wartości temperatury powierzchni notowano na kierunku północno-wschodnim, gdzie spory obszar zajmuje Puszcza Zielonka. Zauważalny był także wpływ lasów Wielkopolskiego PN na obniżenie temperatury powierzchni na kierunku południowym.

W ramach przeprowadzonych prac wyznaczono też obszary o stałej podwyższonej temperaturze powierzchni względem terenów otaczających, zwane wyspami ciepła. Były to miejsca, które na większości przeanalizowanych zdjęć satelitarnych odznaczały się istotnie wyższą temperaturą powierzchni terenu niż jej średnia wartość dla danego zdjęcia satelitarnego. Wyspy te zostały wyznaczone głównie w lokalizacjach zajmowanych przez wielkopowierzchniowe hale czy galerie handlowe, a także w ścisłym centrum Poznania (dzielnicach śródmiejskich) – szczególnie w kwartałach ulic bardziej oddalonych od parków miejskich.

Niniejsza analiza wykazała, że istnieje związek pomiędzy temperaturą powierzchni terenu a sposobem jego zagospodarowania. Widoczny był wpływ obszarów zalesionych na obniżanie wartości temperatury powierzchni terenu, a także zabudowy (szczególnie przemysłowej) na ich podwyższanie. Zależność ta wynika prawdopodobnie ze zwiększonej absorpcji ciepła przez wodę w okresie letnim i powolnej jego utraty w późniejszych sezonach.

Literatura

Acharya T.D., Yang I., 2015, Exploring landsat 8, International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR), 4(4): 4–10.

Chang W., Cheng J., Allaire J., Xie Y., McPherson J., 2017, Shiny: web application framework for R, R package version, 1(5).

Dousset B., Gourmelon F., Laaidi K., Zeghnoun A., Giraudet E., Bretin P., ... Vandentorren S., 2011, Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area, International Journal of Climatology, 31(2): 313–323.

Grant I.F., Prat A.J., Cechet R.P., 2000, The impact of the diurnal variation of albedo on the remote sensing of the daily mean albedo of grassland, Journal of Applied Meteorology, 39(2): 231–244.

GUGiK [Główny Urząd Geodezji i Kartografii], 2023, Baza danych obiektów topograficznych (BDOT10k) (https://www.geoportal.gov.pl/pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot10k).

Guha S., Govil H., Gill N., Dey A., 2021, A long-term seasonal analysis on the relationship between LST and NDBI using Landsat data, Quaternary International, 575: 249–258.

Howard L., 1818, The climate of London: deduced from meteorological observations, made at different places in the neighbourhood of the metropolis (Vol. 1). W. Phillips, George Yard, Lombard Street, sold also by J. and A. Arch, Cornhill; Baldwin, Cradock, and Joy, and W. Bent, Paternoster Row; and J. Hatchard, Picadilly.

Kunert A., Błażejczyk K., 2011, Zróżnicowanie temperatury powietrza w skali lokalnej w różnych typach krajobrazu Polski, Przegląd Geograficzny, 83(1): 69–90.

Labib M.S., Wibowo A., Shidiq I.P.A., 2022, LST-based threshold method for detecting UHI in a complex urban landscape, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 986, 1.

Li J., Song C., Cao L., Zhu F., Meng X., Wu J., 2011, Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China, Remote Sensing of Environment, 115(12): 3249–3263.

Liu L., Zhang Y., 2011, Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong, Remote Sensing, 3(7): 1535–1552

Majkowska A., Kolendowicz L., Półrolniczak M., Hauke J., Czernecki B., 2017, The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM, Theoretical and Applied Climatology, 128(3): 769–783.

Matson M., Mcclain E.P., McGinnis Jr D.F., Pritchard J.A., 1978, Satellite detection of urban heat islands, Monthly Weather Review, 106(12): 1725–1734.

Pal S., Ziaul S.K., 2017, Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20(1): 125–145.

Półrolniczak M., Tomczyk A.M., Kolendowicz L., 2018, Thermal conditions in the city of Poznań (Poland) during selected heat waves, Atmosphere, 9(1): 11.

Prata A.J., Caselles V., Coll C., Sobrino J.A., Ottle C., 1995, Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: Current status and future prospects, Remote Sensing Reviews, 12(3–4): 175–224.

Rajeshwari A., Mani N.D., 2014, Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data, International Journal of Research in Engineering and Technology, 3(5): 122–126.

R Core Team, A., R Core Team, 2022, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Stewart I.D., Oke T.R., 2012, Local climate zones for urban temperature studies, Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12): 1879–1900.
Sun Q., Wu Z., Tan J., 2012, The relationship between land surface temperature and land use/land cover in Guangzhou, China, Environmental Earth Sciences, 65: 1687–1694.
Tomczyk A.M., Półrolniczak M., Kolendowicz L., 2018, Cold waves in Poznań (Poland) and thermal conditions in the city during selected cold waves, Atmosphere, 9(6): 208.
Tran D.X., Pla F., Latorre-Carmona P., Myint S.W., Caetano M., Kieu H.V., 2017, Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 124: 119–132.
Voogt J.A., Oke T.R., 2003, Thermal remote sensing of urban climates, Remote Sensing of Environment, 86(3): 370–384.
Yuan F., Bauer M.E., 2007, Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, Remote Sensing of Environment, 106(3): 375–386.
Zwolska A., Półrolniczak M., Kolendowicz L., 2024, Urban growth's implications on land surface temperature in a medium-sized European city based on LCZ classification, Scientific Reports, 14(1): 8308.

Assessment of the variability of land surface temperature for each season: case study of Poznań and poznański county

Abstract: Remote sensing is currently an essential element in observing the environment and the processes occurring in it. The use of satellite imagery allows for monitoring climate changes on the Earth's surface and preventing their negative effects. One of the many common applications of satellite images is the study of land surface temperature, which allows for the measurement of the surface urban heat island in urban areas and its spatial and temporal variability. The analysis carried out in the area of the city of Poznań and poznański county was aimed at assessing the variability of land surface temperature for each of the four seasons of the year. The results showed a strong dependence of the land surface temperature on the type of land use. The highest temperature for each season are mainly found in downtown and residential estates located north of the city center. The directionality of land surface temperature variability revealed the warmest areas located to the south-east and south-west of the center, while the coldest – towards the north-east. Areas with the highest land surface temperature, i.e. the so-called "heat islands" turned out to be areas including warehouses and shopping centers, as well as areas in the very center of the city.

Keywords: land surface temperature, urban heat island, land use, seasonal variability

Sekcja Geoinformacji
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Adrian Nowacki, Igor Graczykowski, Filip Ratajszczak, Radosław Jagła

Porównanie dokładności różnych źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi na przykładzie miasta Poznania i powiatu poznańskiego

Zarys treści: Teledetekcja jest kluczowym elementem w obserwacji Ziemi oraz monitorowaniu procesów zachodzących na jej powierzchni. Na podstawie danych satelitarnych tworzone są mapy pokrycia terenu i użytkowania ziemi, umożliwiające śledzenie zmian w środowisku. Badania na terenie miasta Poznania i powiatu poznańskiego miały na celu ocenę dokładności sześciu różnych źródeł danych dotyczących pokrycia terenu i użytkowania ziemi w porównaniu z najdokładniejszym źródłem referencyjnym, jakim była Baza Danych Obiektów Topograficznych. Urban Atlas, zaprojektowany do obszarów miejskich, okazał się najdokładniejszym źródłem informacji o pokryciu terenu i użytkowania ziemi dla miasta Poznania. Na całym analizowanym obszarze najwyższą dokładność osiągnął LUCAS, który opiera się na obserwacjach terenowych, danych satelitarnych oraz CORINE Land Cover. Dokładność źródeł danych silnie zależy od rozdzielczości, stopnia generalizacji oraz przeznaczenia danego zbioru. Wyniki wskazują na mniejszą spójność zbiorów danych z BDOT10k na obszarze miasta Poznania ze względu na dużą zmienność pokrycia terenu i użytkowania ziemi w środowisku miejskim. Obszarami najtrudniejszymi do poprawnej klasyfikacji we wszystkich analizowanych zbiorach danych okazały się obszary podmokłe, natomiast najlepiej sklasyfikowane zostały obszary wód powierzchniowych.

Słowa kluczowe: pokrycie terenu i użytkowanie ziemi, dokładność, klasyfikacja, zgodność, BDOT10k, źródło danych

Wstęp

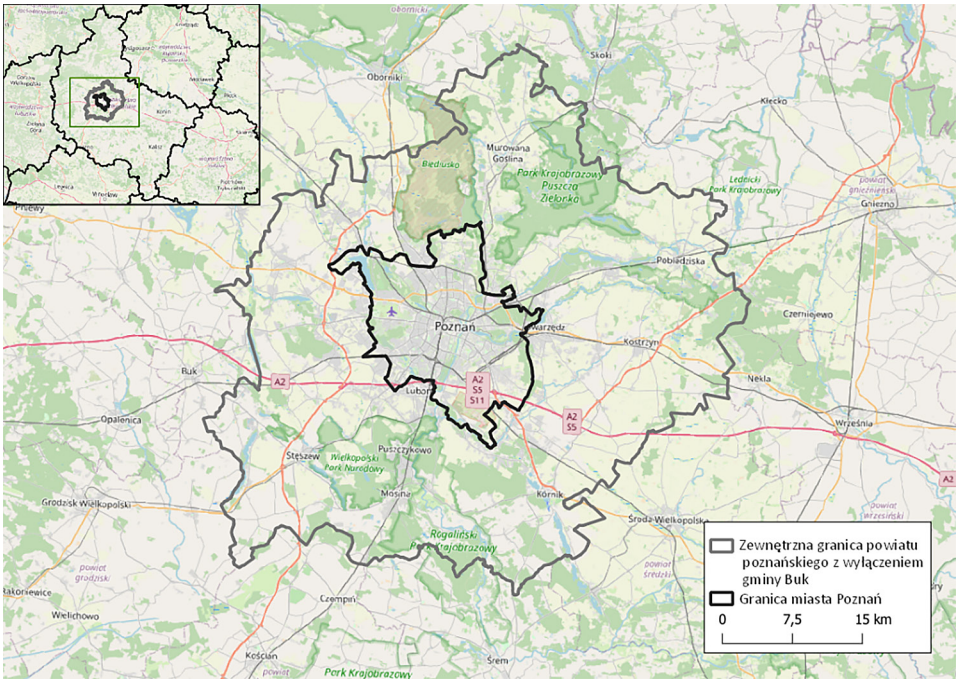
Współczesne technologie satelitarne odgrywają coraz istotniejszą rolę w różnych dziedzinach życia gospodarczego i społecznego. Teledetekcja staje się kluczowym elementem w obserwacji Ziemi oraz procesów zachodzących na jej powierzchni. Wykorzystując zobrazowania satelitarne, jesteśmy w stanie efektywniej monitorować zmiany klimatu oraz stan środowiska naturalnego, dzięki czemu można nie tylko reagować na bieżące sytuacje, ale także planować z wyprzedzeniem odpowiednie działania pomagające zapobiegać negatywnym wydarzeniom (POLSA, 2023). Systemy satelitarne pozwalają na uzyskanie danych dotyczących przekształceń środowiska geograficznego pod wpływem procesów naturalnych oraz spowodowanych czynnikami antropogenicznymi (Olędzki, 2001). Podstawowym zastosowaniem metod cyfrowej klasyfikacji zdjęć satelitarnych jest pozyskiwanie informacji o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi. W odróżnieniu od użytkowania ziemi, rozumianego jako obszar antropogeniczny, eksploatowany i przekształcony przez człowieka, pokryciem terenu nazywa się naturalny stan powierzchni ziemi (Hejmanowska, Wężyk, 2020). Produktem klasyfikacji zdjęć satelitarnych są mapy pokrycia terenu i użytkowania ziemi (ang. *Land Use Land Cover*, LULC), umożliwiające m.in. monitoring zmian zachodzących na powierzchni terenu lub analizy krajobrazowe. Kluczowymi elementami w interpretacji zmian zachodzących w środowisku oraz analizie krajobrazu są klasy pokrycia terenu i użytkowania ziemi, które odzwierciedlają różne rodzaje i funkcje obszarów na powierzchni ziemi, pozwalając na klasyfikację terenów na podstawie ich fizycznych, biologicznych i użytkowych cech. Przy dzisiejszym rozwoju technologii satelitarnych oraz komputerowych rozdzielczość czasowa danych o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi zwiększyła się do nawet kilku dni, podczas gdy przykładowa realizacja drugiej edycji projektu CORINE Land Cover CLC2000 trwała około 4 lat (GIOŚ, 2023). Rozwój technologii jest szczególnie zauważalny w projekcie Dynamic World, który publikuje dane o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi w przedziale czasowym od 2 do 5 dni (zależnie od lokalizacji), przy zastosowaniu metody uczenia maszynowego na zobrazowaniach satelitarnych misji Sentinel-2 (Brown i in., 2022). Nie wszystkie zbiory danych o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi są tworzone na podstawie danych satelitarnych – Baza Danych Obiektów Topograficznych, będąca zbiorem referencyjnym na potrzeby niniejszego opracowania, jest tworzona na podstawie danych pochodzących z wielu innych baz danych, m.in. Ewidencji Gruntów i Budynków (EGiB) czy Geodezyjnej Ewidencji Sieci Uzbrojenia Terenu (GESUT).

Celem pracy była ocena dokładności klasyfikacji sześciu różnych zbiorów danych dotyczących pokrycia terenu oraz użytkowania ziemi na obszarze powiatu poznańskiego i miasta Poznania w porównaniu z referencyjnym zbiorem danych, którym była Baza Danych Obiektów Topograficznych. Wykorzystując metody oceny jakości i dokładności źródeł danych, możliwe jest dokładne zbadanie, na ile każde źródło danych jest zgodne i precyzyjne w klasyfikacji pokrycia terenu i użytkowania ziemi w porównaniu z danymi referencyjnymi.

Obszar badań

Powiat poznański oraz miasto Poznań są zlokalizowane w zachodniej części województwa wielkopolskiego (ryc. 1). Obszary te charakteryzuje bardzo duża powierzchnia – Poznań, miasto na prawach powiatu o powierzchni równej 262 km^2, znajduje się w pierwszej dziesiątce największych miast w Polsce. Powiat poznański o powierzchni 1900 km^2, który dzieli się na 17 gmin otaczających Poznań, jest jednym z największych powiatów w kraju (GUS, 2022). Obszar ten, ze względu na bliskość dużego miasta i terenów wiejskich, wyróżnia się znacznym zróżnicowaniem pokrycia terenu i użytkowania ziemi, a także zmiennym krajobrazem poszczególnych klas, który może wpływać na różnice w dokładności klasyfikacji terenu przez różne zbiory danych (Smith i in., 2003). Ze względu na brak danych dotyczących pokrycia terenu i użytkowania ziemi zasobu Urban Atlas w granicach gminy Buk w powiecie poznańskim, gmina ta została wyłączona z analizy. Łączny obszar powiatu poznańskiego oraz miasta Poznania, z uwagi na precyzyjność formułowania oraz charakterystykę nazewnictwa obu powiatów, nazywany jest dalej „aglomeracją" (podział wg Swianiewicza i Klimskiej, 2005).

W celu porównania dokładności klasyfikacji pokrycia terenu i użytkowania ziemi cały obszar został sklasyfikowany na podstawie 7 różnych zbiorów danych do 6 wspólnych klas: obszarów podmokłych, obszarów wodnych, zabudowy, lasów,



Ryc. 1. Obszar badań zaprezentowany na podkładzie mapowym OpenStreetMap
Źródło: projekt OpenStreetMap (OSM) oraz Państwowy Rejestr Granic.

Fig. 1. Research area presented on OpenStreetMap map background

obszarów trawiastych i krzewiastych, a także pól uprawnych. Ujednolicono w ten sposób strukturę przestrzenną obu powiatów do najważniejszych kategorii, co pozwoliło na uzyskanie precyzyjnych wyników. Teren badań został wybrany do analizy ze względu na możliwość zauważenia wielu różnic w dokładności klasyfikacji różnorodnych zbiorów danych, z uwagi na duże zróżnicowanie pokrycia terenu i użytkowania ziemi obu powiatów oraz bezpośrednie sąsiedztwo terenów wiejskich z obszarem miejskim.

Źródła danych i metody przetwarzania

Źródła danych

Do analizy wykorzystano siedem zbiorów danych dotyczących użytkowania ziemi oraz pokrycia terenu (ang. *land use and land cover*) w formie wektorowej oraz rastrowej. Użyte zbiory danych to dane ogólnodostępne i darmowe, pochodzące z 2018 roku (wyjątek stanową Sentinel-2 Global Land Cover z 2017 roku oraz ESA WorldCover z roku 2020).

Referencyjnym zbiorem danych, do którego porównywano pozostałe produkty, była Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k), będąca wektorową bazą danych zawierającą lokalizację przestrzenną obiektów topograficznych wraz z ich atrybutami opisowymi. Zasób BDOT10k zorganizowany jest na trzech poziomach szczegółowości, obejmując swoim zakresem tematycznym m.in. dane o sieci wodnej, sieci komunikacyjnej, sieci uzbrojenia terenu, pokryciu i użytkowaniu terenu, budynkach, budowlach i urządzeniach, terenach chronionych, jednostkach podziału administracyjnego oraz wielu innych obiektach. Poziom dokładności i szczegółowości tego źródła odpowiada tradycyjnej mapie topograficznej w skali 1:10 000 (GUGiK, 2023).

Baza CORINE Land Cover (CLC) jest jednym z działów tematycznych programu CORINE (ang. *CO-oRdination of INformation on Environment*), który zakłada dostarczanie danych o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi kontynentu europejskiego w równych, regularnych cyklach (aktualizacje mają miejsce co 6 lat). Klasy pokrycia terenu oraz użytkowania ziemi w projekcie CORINE Land Cover są uporządkowane na trzech poziomach. Pierwszy poziom obejmuje pięć podstawowych typów pokrycia terenu i użytkowania ziemi, drugi natomiast – 15 klas. Trzeci, najbardziej szczegółowy poziom, zawiera aż 44 klasy, z czego na terenie Polski występuje 31 klas. Przy opracowywaniu baz danych CORINE Land Cover na poziomie 3 przyjęto szczegółowość kartowania pokrycia terenu i użytkowania ziemi odpowiadającą mapie w skali 1:100 000 (GIOŚ, 2023). W projekcie wykorzystano wersję wektorową, odpowiadającą postaci rastrowej w rozdzielczości 100 m.

Baza danych Urban Atlas jest częścią komponentu lokalnego koordynowanego przez Europejską Agencję Środowiska (ang. *European Environment Agency*, EEA). Urban Atlas zawiera szczegółowe dane o użytkowaniu ziemi oraz pokryciu terenu dla funkcjonalnych obszarów miejskich (ang. *Functional Urban Areas*, FUA;

Hejmanowska, Wężyk, 2020). Baza danych UA opracowana jest dla najbardziej zaludnionych miast europejskich – głównie miast powyżej 50 000 mieszkańców (IGiK, 2023). W klasyfikacji wyróżniono 17 klas miejskich (z czego 5 klas dotyczy obszarów zabudowanych o różnej gęstości zabudowy) oraz 10 klas wiejskich zawierających informacje o innych formach pokrycia terenu i użytkowania ziemi (Copernicus Land Monitoring Service, 2023).

Projekt Sentinel-2 Global Land Cover (S2GLC) został utworzony przez Europejską Agencję Kosmiczną (ang. *European Space Agency*, ESA), a zrealizowany przez konsorcjum pod przewodnictwem Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK PAN). Celem projektu było stworzenie nowej, wysokorozdzielczej mapy globalnego pokrycia terenu i użytkowania ziemi w oparciu o zdjęcia satelitarne pochodzące z misji Sentinel-2. Zbiór danych S2GLC 2017 jest dostarczany w rozdzielczości przestrzennej 10 m z legendą złożoną z 13 klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi (Malinowski i in., 2020).

Projekt WorldCover również został zainicjowany przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA), a kluczowym rezultatem projektu było udostępnienie ogólnodostępnych danych dotyczących globalnego pokrycia terenu i użytkowania ziemi w rozdzielczości 10 m opartych na danych Sentinel-1 i Sentinel-2 (Zanaga i in., 2021). Produkty wytworzone w ramach projektu zawierają 11 klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi oraz zostały zrealizowane dla lat 2020 i 2021. Pionierskim rozwiązaniem przy tworzeniu tego produktu jest wykorzystanie danych radarowych (SAR) pochodzących z misji Sentinel-1.

Esri Land Cover to przedsięwzięcie, którego produktami są coroczne mapy powierzchni Ziemi w rozdzielczości 10 m dla lat 2017–2022. Wytworzone dane oparte są na danych ze zdjęć ESA Sentinel-2, a każda mapa zawiera 9 klas użytkowania ziemi i pokrycia terenu. Zbiory danych zostały wyprodukowane przez Impact Observatory na komputerze planetarnym Microsoft i są licencjonowane przez firmę Esri (Karra i in., 2021).

Oryginalne dane z projektu LUCAS (ang. *Land Use/Cover Area frame Survey*) to dane punktowe, w których to lokalizacjach rachmistrzowie zbierali informacje o typie pokrycia terenu i użytkowania ziemi na danym terenie. Otrzymane dane punktowe zostały wykorzystane do stworzenia produktu wykorzystanego w niniejszym opracowaniu – zbioru danych sporządzonego w oparciu o metody uczenia maszynowego EML (ang. *Ensemble Machine Learning*), z próbkami uzyskanymi z projektu LUCAS, danymi CORINE Land Cover oraz zharmonizowanymi zdjęciami satelitarnymi GLAD Landsat ARD. Powstały produkt odtwarza system klasyfikacji CORINE Land Cover, składający się z 5 klas na najwyższym poziomie, 14 klas na drugim poziomie i 44 klas na trzecim poziomie (Witjes i in., 2022), jednak charakteryzuje się wyższą rozdzielczością przestrzenną niż CLC – 30 m. Przy zastosowaniu opracowanego algorytmu stworzono coroczne dane na temat pokrycia terenu i użytkowania ziemi dla lat 2000–2019.

Tabela 1. Podstawowe informacje na temat wykorzystanych źródeł danych
Table 1. Basic information about the data sources used

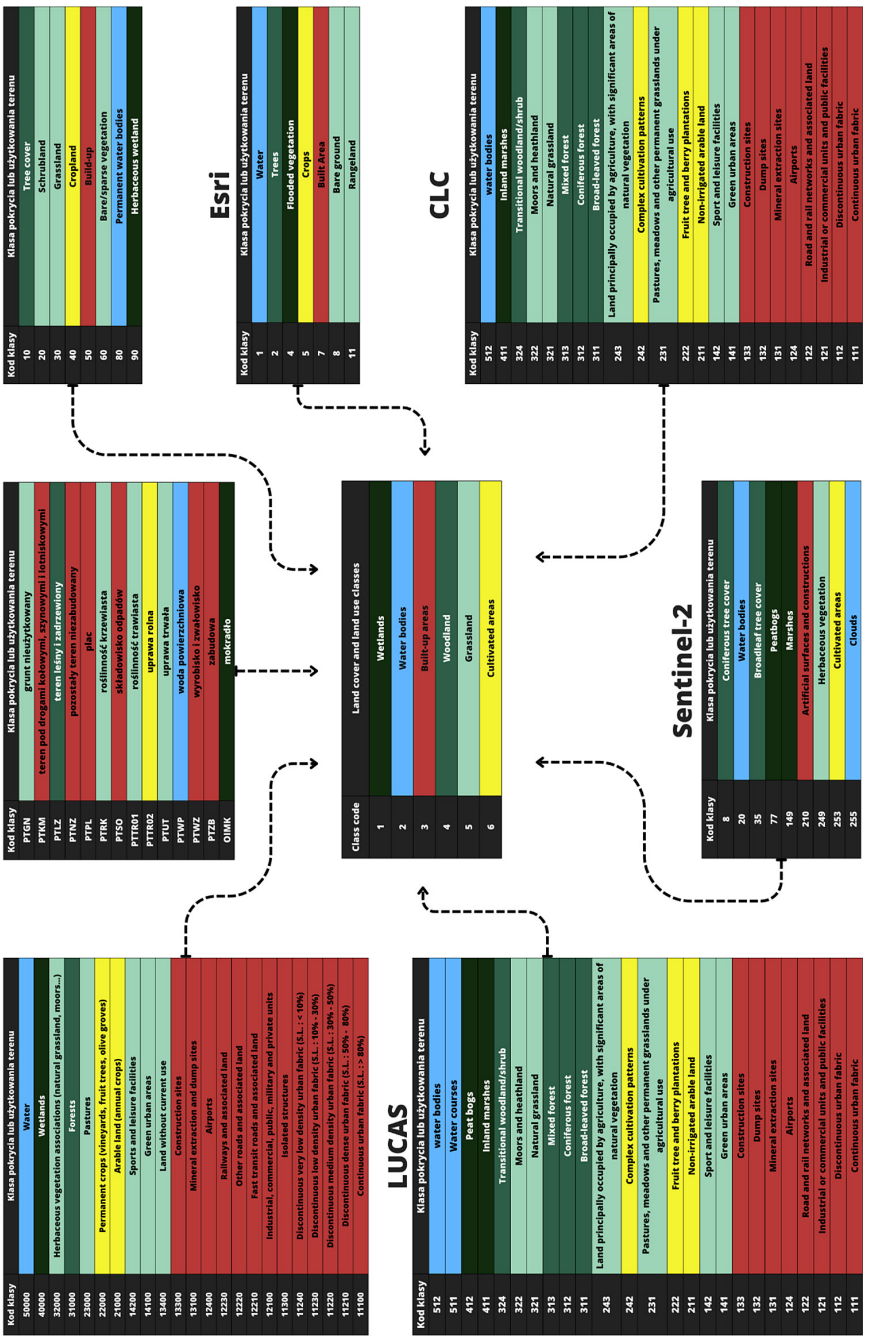
Źródło danych	Rok pozyskania	Pierwotny układ współrzędnych	Rozdzielczość przestrzenna
Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k)	2018	ETRF2000-PL / CS92 (EPSG:2180)	1:10 000, co odpowiada 5 m (Nagi, 2023)
Corine Land Cover (CLC)	2018	ETRS89-extended / LAEA Europe (EPSG:3035)	100 m
Urban Atlas	2018	ETRS89-extended / LAEA Europe (EPSG:3035)	1:10 000, co odpowiada 5 m (Nagi, 2023)
Sentinel-2 Global Land Cover	2017	WGS84 – UTM zone 33N (EPSG: EPSG:32633)	10 m
ESA WorldCover	2020	World Geodetic System 1984 (WGS 84, EPSG:4326)	10 m
Esri Sentinel-2 Land Use/Land Cover	2018	WGS84 – UTM zone 33N (EPSG: EPSG:32633)	10 m
LUCAS	2018	ETRS89-extended / LAEA Europe (EPSG:3035)	30 m

Metody przetwarzania danych

Wśród wielu dostępnych źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi wykorzystano Bazę Danych Obiektów Topograficznych 1:10 000 (BDOT10k), ESA WorldCover, Esri Sentinel-2 Land Use/Land Cover, Corine Land Cover (CLC), opracowanie Land Use/Cover Area frame Survey (LUCAS), Urban Atlas oraz Sentinel-2 Global Land Cover (tab. 1). Pozostałe produkty odrzucono ze względu na nieobejmowanie obszaru badań (USGS National Land Cover Database), nieodpowiedni rok pozyskania danych (GlobeLand 30, 2010), niską rozdzielczość przestrzenną (ESA CCI) lub nieodpowiedni typ danych (oryginalny LUCAS).

Jako referencyjny zbiór danych wybrano BDOT10k z powodu wysokiej szczegółowości (skala 1:10 000) oraz włączenia go do Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego, czyniąc go najbardziej wiarygodnym źródłem pokrycia terenu i użytkowania ziemi na obszarze Polski. Na podstawie największej dostępności lat wśród zasobów wybrano rok 2018, natomiast w przypadku braku roku 2018 wybierano najbliższy dostępny rocznik (Sentinel-2 GLC 2017, ESA WorldCover 2020).

Wszystkie źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi zreklasyfikowano do 6 klas głównych (ryc. 2): obszary podmokłe, obszary wodne, zabudowa, lasy, obszary trawiaste i krzewiaste i pola uprawne. Klasy główne wydzielono na podstawie możliwości reklasyfikacji według dokumentacji producenta, a także



Ryc. 2. Schemat reklasyfikacji źródeł danych
Fig. 2. Diagram of data source reclassification

uwzględniono jedynie klasy występujące na obszarze badań. Przy przekształcaniu BDOT10k zaliczono do klasy drugiego poziomu pokrycia terenu i użytkowania ziemi przy wykorzystaniu poziomu trzeciego dla roślinności trawiastej i uprawy rolnej. Z powodu braku klas kwalifikujących się jako obszary podmokłe w poziomie pierwszym użyto klas z poziomu pierwszego obiektów z kategorii „inne": mokradeł (OIMK) oraz szuwarów (OISZ). W przypadku Sentinela-2 GLC klasę chmur zaliczono do obszarów wodnych z racji pokrywania się ze zbiornikami wodnymi i ciekami oraz braku głównej klasy odpowiadającej chmurom. Ręcznej ingerencji w reklasyfikację dokonano w przypadkach dużego udziału procentowego danej klasy lub dużego obszaru zajmowanego przez klasę prowadzącą do ewentualnej zmiany przydziału.

Porównanie źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi przeprowadzono w źródłowym układzie współrzędnych BDOT10k – ETRS2000-PL/CS92 (EPSG:2180). Po przekształceniu danych wektorowych (CORINE Land Cover i BDOT10k) na dane rastrowe do rozdzielczości przestrzennej 10 m, dane rastrowe z pozostałych źródeł przepróbkowano do rozdzielczości 10 m metodą najbliższego sąsiada (ang. *nearest neighbour*). Otrzymane wyniki przekształcono do układu współrzędnych ETRS2000-PL/CS92 metodą najbliższego sąsiada i przycięto do obszaru badań określonego wcześniej na podstawie Państwowego Rejestru Granic.

Analizę porównawczą dokładności wszystkich źródeł oraz poszczególnych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi przeprowadzono w oparciu o macierze błędów (tzw. macierze przejść). W celu przedstawienia szczegółowej dokładności poszczególnych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi dla każdego źródła, na podstawie macierzy przejść obliczono precyzję (ang. *precision*), czułość (ang. *recall)*, a także wskaźnik F1 (ang. *F1 – score*). Wszystkie wskaźniki zostały obliczone na podstawie proporcji sklasyfikowanych komórek rastra obu zestawianych źródeł – porównywanego oraz referencyjnego (Rwanga, Ndambuki, 2017). Precyzja odnosi się do procentu obszarów, w jakim dana klasa źródła danych zgadza się z tą samą klasą źródła referencyjnego (BDOT10k), czułość natomiast określa procent, w jakim dana klasa źródła referencyjnego (BDOT10k) zgadza się z tą samą klasą innego źródła danych. Wskaźnik F1 to średnia harmoniczna pomiędzy precyzją i czułością – im jego wartość jest większa, tym lepsze odwzorowanie danej klasyfikacji względem źródła referencyjnego. Macierz błędów umożliwia określenie dokładności odwzorowania rzeczywistego stanu terenu oraz błędów i rozbieżności występujących w klasyfikacji. W celu przedstawienia najbliższego pod względem dokładności klasyfikacji źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi, posłużono się proporcją liczby komórek sklasyfikowanych poprawnie do liczby wszystkich występujących komórek, a także wskaźnikiem Kappa – miarą pozwalającą określić stopień zgodności pomiędzy reklasyfikacjami, uwzględniającą przypadkowe błędy.

Wyniki badań

Charakterystyka źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi po reklasyfikacji

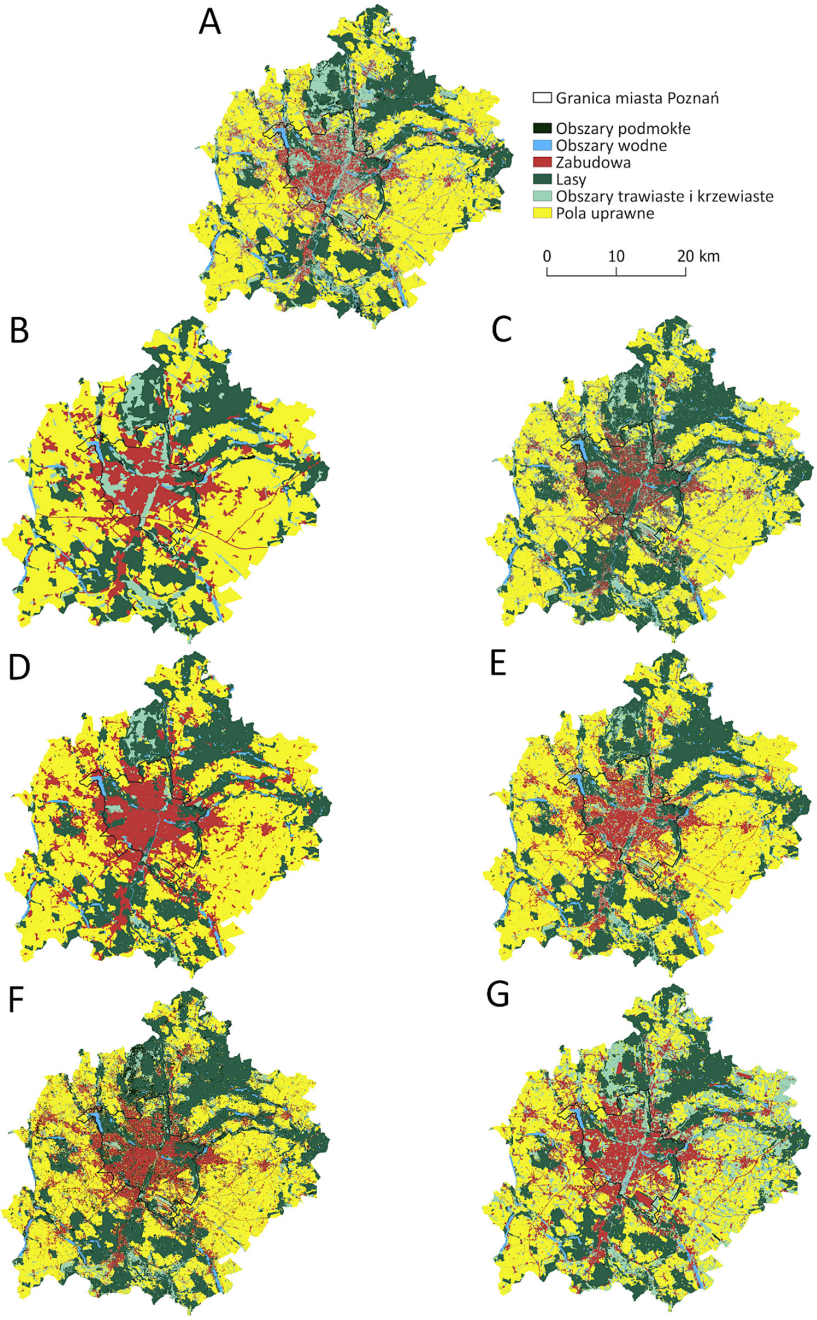
Rozkład przestrzenny klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi po wykonaniu reklasyfikacji uwidocznił najbardziej charakterystyczne cechy poszczególnych zbiorów, które informują wizualnie przede wszystkim o różnicach w pierwotnej rozdzielczości czy stopniu generalizacji, a także dominujących klasach i skłonności do przeszacowania lub niedoszacowania poszczególnych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Wizualna analiza map przedstawionych na (ryc. 3) pozwala na ocenę, w jaki sposób poszczególne źródła danych klasyfikują różne elementy krajobrazu.

Największe wizualne różnice względem BDOT10k są dostrzegalne przede wszystkim w zbiorze CLC (ryc. 3B), który charakteryzuje się rozkładem przestrzennym uzyskanym z rozdzielczości dużo mniejszej od pozostałych – 100 m. Wśród innych zbiorów najbardziej zauważalnymi różnicami odznaczają się Sentinel-2 (ryc. 3F) i Urban Atlas (ryc. 3G), które przeszacowują występowanie kolejno obszarów podmokłych oraz obszarów trawiastych i krzewiastych.

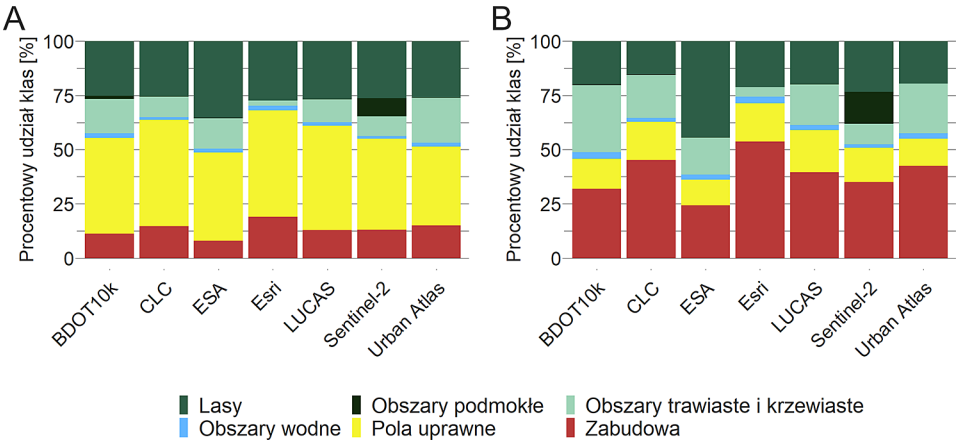
Procentowy udział klas dla każdego ze źródeł danych pozwala stwierdzić ich przeszacowanie bądź niedoszacowanie względem źródła danych BDOT10k (ryc. 4). Poziom zurbanizowania terenu miasta Poznania jest zdecydowanie większy w porównaniu do całej aglomeracji, jednak zabudowa jest klasą w większości przeszacowaną zarówno dla aglomeracji, jak i miasta Poznania. W tym przypadku Esri jest źródłem, które cechowało się największym przeszacowaniem udziału procentowego zabudowy, wynoszącym względem aglomeracji około 8%, natomiast dla miasta Poznania – około 22%. Klasą charakteryzującą się największym niedoszacowaniem są obszary trawiaste i krzewiaste, sklasyfikowane w ramach źródła Esri. Jedną z klas, która osiągnęła bardzo zbliżone wartości względem referencyjnego źródła, są lasy – te jednak w przypadku źródła ESA zostały w dużym stopniu przeszacowane o niemal 10% dla aglomeracji oraz o 24,42% dla miasta Poznania. Największym przeszacowaniem na terenie aglomeracji oraz miasta odznaczają się obszary podmokłe w ramach zasobu Sentinel-2, których udział procentowy wynosi odpowiednio 7% oraz 14%. W przypadku klasy pola uprawne dla aglomeracji największy błąd ma źródło Urban Atlas z niedoszacowaniem o 7,93%, natomiast dla miasta Poznania pola uprawne zostały przeszacowane przez Lucas o 5,60%. Udział procentowy obszarów uprawnych oraz wodnych dla wszystkich porównywanych źródeł na terenie aglomeracji oraz miasta Poznania jest bardzo zbliżony do referencyjnych danych BDOT10k.

Zgodność z BDOT10k

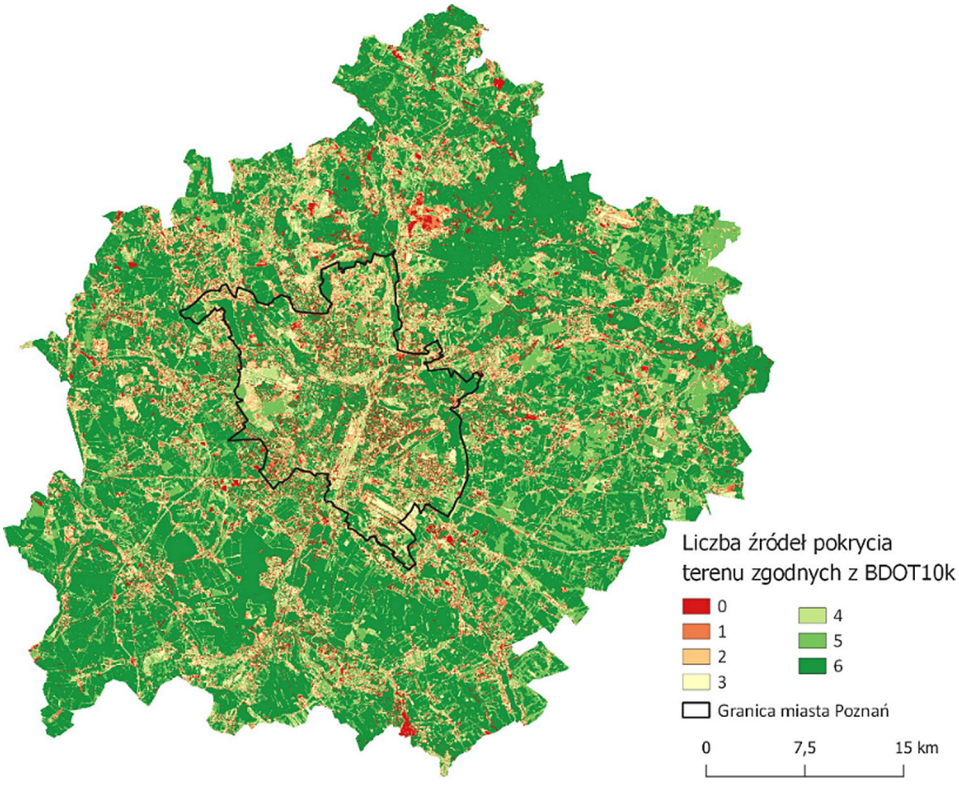
Ze względu na specyfikację porównywanych źródeł danych oraz terenu badań, możemy zaobserwować duże różnice w zgodności klasyfikacji tych samych obszarów wobec źródła referencyjnego. Rycina 5 przedstawia liczbę źródeł po-



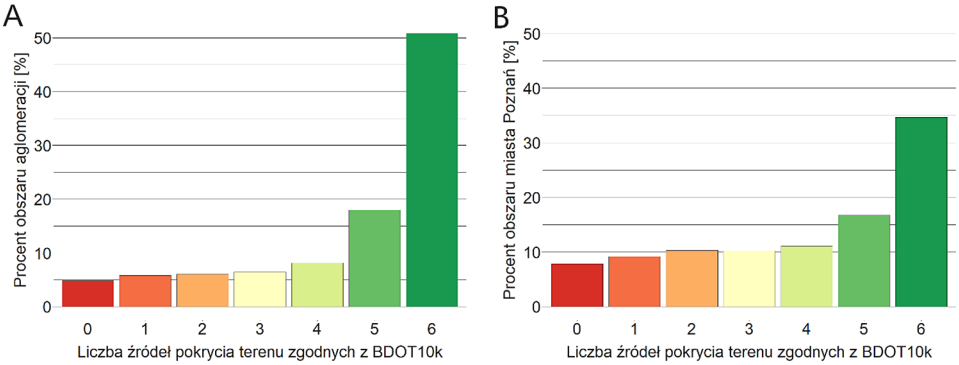
Ryc. 3. Rozkład klas po reklasyfikacji dla wszystkich źródeł danych
A – BDOT10k, B – CLC, C – ESA, D – Esri, E – Lucas, F – Sentinel-2, G – Urban Atlas
Fig. 3. Distribution of classes after reclassification for all data sources
A – BDOT10k, B – CLC, C – ESA, D – Esri, E – Lucas, F – Sentinel-2, G – Urban Atlas



Ryc. 4. Procentowy udział klas po reklasyfikacji dla wszystkich źródeł danych
A – aglomeracja, B – miasto Poznań
Fig. 4. Percentage of each class after reclassification for all data source
A – metropolitan area, B – city of Poznań



Ryc. 5. Zgodność źródeł danych z BDOT10k
Fig. 5. Data sources compliance with BDOT10k



Ryc. 6. Procentowy udział zgodności źródeł danych z BDOT10k
A – aglomeracja, B – miasto Poznań
Fig. 6. Precentage of data source compliance with BDOT10k
A – metropolitan area, B – city of Poznań

krycia terenu i użytkowania ziemi, których to obszary zostały zaklasyfikowane poprawnie względem BDOT10k wraz z udziałem procentowym. Przedstawiona mapa obrazuje przede wszystkim wpływ złożoności przestrzennej na poprawność reklasyfikacji przez wszystkie źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi – im większe, jednolite obszary danej klasy, tym większa zgodność wszystkich zasobów. Największą zgodnością odznaczają się zatem rozległe tereny lasów oraz pól uprawnych.

Ponad 50% obszarów całej aglomeracji zostało sklasyfikowanych poprawnie względem BDOT10k przez wszystkie pozostałe źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi – w przypadku miasta Poznania wartość ta wynosi jedynie około 35% (ryc. 6). Obszary, w których pięć źródeł jest zgodnych z BDOT10k, zajmują około 17% powierzchni dla aglomeracji oraz miasta Poznania. Zgodność dla czterech źródeł i mniej odznacza się stopniowym spadkiem – im mniejsza liczba zasobów zgodnych z BDOT10k, tym stanowi ona mniejszy udział procentowy powierzchni obu obszarów – aglomeracji oraz miasta. Żadne z porównywanych źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi nie były zgodne z referencyjnym źródłem BDOT10k na około 5% obszarów aglomeracji oraz około 8% w przypadku miasta Poznania.

Porównanie dokładności klasyfikacji

W celu oceny jakości i dokładności każdego źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi przeprowadzono analizę przy użyciu macierzy przejść (tab. 2). Najdokładniejszym zasobem dla całej aglomeracji okazał się LUCAS, o dokładności 0,80 i Kappa wynoszącym 0,71. Najsłabszym natomiast – Urban Atlas, z dokładnością i Kappa wynoszącymi odpowiednio 0,74 i 0,64. Obszar miasta Poznania najdokładniej względem BDOT10k został sklasyfikowany przez zasób Urban Atlas (dokładność: 0,71, Kappa: 0,6), czyli projekt obejmujący pokrycie terenu i użytkowanie ziemi głównie obszarów miejskich. Najmniej dokładnym zasobem w powiecie

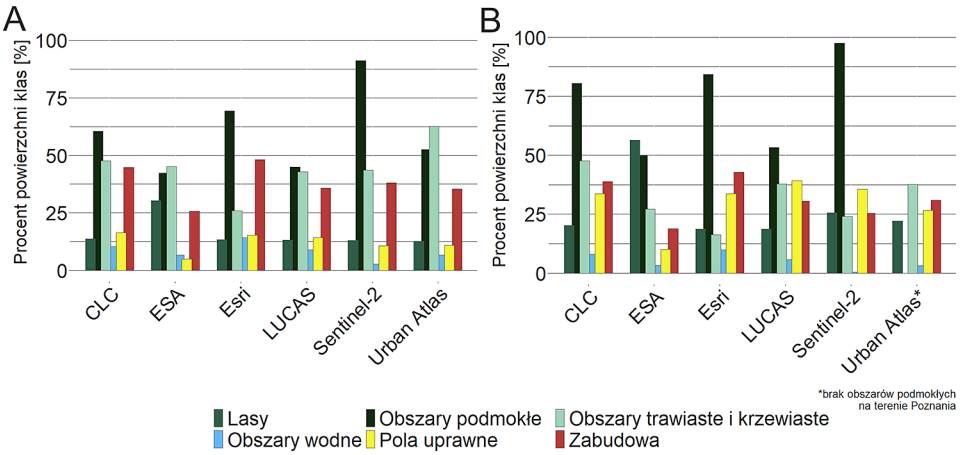
Tabela 2. Dokładność oraz wskaźnik Kappa dla porównywanych źródeł
Table 2. Accuracy and Kappa index for the compared land cover and land use sources

Źródło pokrycia terenu	Aglomeracja – dokładność	Aglomeracja – Kappa	Poznań – dokładność	Poznań – Kappa
LUCAS	0,802	0,713	0,693	0,590
ESA WorldCover 2020	0,786	0,695	0,644	0,535
Esri	0,787	0,691	0,660	0,545
S2GLC 2017	0,754	0,658	0,628	0,530
CLC	0,771	0,668	0,636	0,508
Urban Atlas	0,742	0,644	0,706	0,601

Poznań okazał się Sentinel-2, o dokładności wynoszącej jedynie 0,63 i wskaźniku Kappa równym 0,53.

Poza oceną dokładności wszystkich źródeł danych przeanalizowano również poszczególne klasy pokrycia terenu i użytkowania ziemi każdego z nich. Poniżej przedstawiono procentowy udział kategorii pokrycia terenu i użytkowania ziemi, które zostały niepoprawnie zaklasyfikowane względem BDOT10k, uzyskany na podstawie macierzy błędów (ryc. 7). W przypadku miasta Poznania średnia błędu dla obszarów podmokłych nie obejmuje zasobu Urban Atlas, ze względu na brak występowania tej klasy w zasobie.

Klasą obarczoną największym błędem klasyfikacji, zarówno na terenie aglomeracji, jak i miasta Poznania, są obszary podmokłe, ze średnim błędem równym kolejno 0,65 i 0,73. Obszary podmokłe we wszystkich zbiorach zajmują pierwsze bądź drugie miejsce z największym procentem powierzchni niepoprawnie



Ryc. 7. Procentowy udział niepoprawnie zaklasyfikowanych klas dla każdego źródła danych względem BDOT 10k
A – aglomeracja, B – miasto Poznań
Fig. 7. Percentage of incorrectly classified classes for each data source relative to BDOT 10k
A – metropolitan area, B – city of Poznań

sklasyfikowanej. Potwierdza to fakt, że jest to najtrudniejsza klasa do klasyfikacji bazującej na zdjęciach satelitarnych, z uwagi na podobieństwo widm do innych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi oraz występowanie różnych typów terenów podmokłych (Ozesmi, Bauer, 2002). Kolejnymi klasami z dość dużymi błędami klasyfikacji są obszary trawiaste i krzewiaste, których 44,6% powierzchni na terenie aglomeracji oraz 31,7% w mieście Poznaniu zostało zaklasyfikowane niepoprawnie, a także zabudowa – odpowiednio 38% i 31,2%. Klasą o największej dokładności klasyfikacji względem BDOT10k okazały się obszary wodne, ze średnim błędem wynoszącym 0,05 w przypadku miasta Poznania i 0,08 w przypadku aglomeracji. Ze względu na dość znaczące pokrycie powiatu poznańskiego lasami (ponad 25% powiatu) oraz polami uprawnymi (44%), a także przede wszystkim na ich złożoność przestrzenną, klasy te w przypadku aglomeracji również wyróżniają się niskim błędem klasyfikacji – odpowiednio jedynie 0,16 i 0,12.

Szczegółową dokładność poszczególnych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi dla każdego źródła przedstawiają wskaźniki: precyzja, czułość oraz ich średnia harmoniczna F1 (tab. 3). Średnia harmoniczna dla każdego ze źródeł osiąga najniższe wartości dla klasy obszarów podmokłych zarówno dla całej aglomeracji, jak i samego miasta Poznania. Najwyższą wartością precyzji na terenie całej aglomeracji odznaczają się obszary leśne, które uzyskują ponad 90% w każdym

Tabela 3. Wskaźniki dokładności klasyfikacji dla: A – aglomeracji, B – miasta Poznania
Table 3. Classification accuracy indicators for: A – agglomeration, B – city of Poznań

A	Obszary podmokłe	Obszary wodne	Zabudowa	Lasy	Obszary trawiaste i krzewiaste	Pola uprawne
LUCAS – precyzja	0,11	0,70	0,75	0,92	0,37	0,93
LUCAS – czułość	0,55	0,91	0,64	0,87	0,57	0,86
LUCAS – F1	0,19	0,79	0,69	0,89	0,45	0,89
ESA –precyzja	0,16	0,74	0,54	0,97	0,48	0,89
ESA –czułość	0,58	0,93	0,74	0,70	0,55	0,95
ESA – F1	0,25	0,83	0,62	0,81	0,51	0,91
Esri – precyzja	0,01	0,82	0,88	0,94	0,11	0,94
Esri – czułość	0,31	0,86	0,52	0,87	0,74	0,85
Esri – F1	0,01	0,84	0,65	0,90	0,19	0,89
Sentinel-2 - precyzja	0,51	0,52	0,73	0,91	0,33	0,85
Sentinel-2 - czułość	0,09	0,97	0,62	0,87	0,56	0,89
Sentinel-2 - F1	0,15	0,68	0,67	0,89	0,41	0,87
CLC - precyzja	0,07	0,52	0,73	0,91	0,33	0,85
CLC - czułość	0,39	0,90	0,55	0,86	0,52	0,84
CLC - F1	0,12	0,66	0,63	0,87	0,39	0,88
Urban Atlas - precyzja	0,01	0,75	0,87	0,90	0,49	0,73
Urban Atlas - czułość	0,47	0,93	0,65	0,87	0,37	0,89
Urban Atlas - F1	0,02	0,83	0,74	0,89	0,42	0,80

B	Obszary podmokłe	Obszary wodne	Zabudowa	Lasy	Obszary trawiaste i krzewiaste	Pola uprawne
LUCAS – precyzja	0,16	0,70	0,86	0,81	0,38	0,86
LUCAS – czułość	0,47	0,94	0,69	0,81	0,62	0,61
LUCAS – F1	0,24	0,80	0,77	0,81	0,47	0,71
ESA –precyzja	0,19	0,75	0,61	0,97	0,40	0,77
ESA –czułość	0,50	0,97	0,81	0,44	0,73	0,90
ESA – F1	0,27	0,84	0,70	0,60	0,52	0,83
Esri – precyzja	0,85	0,12	0,87	0,96	0,84	0,02
Esri – czułość	0,16	0,90	0,57	0,81	0,84	0,66
Esri – F1	0,04	0,87	0,72	0,84	0,21	0,74
Sentinel-2 - precyzja	0,65	0,54	0,82	0,88	0,23	0,74
Sentinel-2 - czułość	0,03	1,00	0,74	0,74	0,76	0,64
Sentinel-2 - F1	0,05	0,70	0,78	0,81	0,35	0,69
CLC - precyzja	0,11	0,54	0,87	0,61	0,34	0,85
CLC - czułość	0,19	0,92	0,61	0,80	0,52	0,66
CLC - F1	0,14	0,68	0,72	0,69	0,41	0,74
Urban Atlas - precyzja	0,00	0,81	0,92	0,77	0,46	0,66
Urban Atlas - czułość	–	0,97	0,69	0,78	0,62	0,73
Urban Atlas - F1	–	0,88	0,79	0,77	0,53	0,70

zbiorze danych. W przypadku miasta Poznania klasami, które w największym stopniu zgadzają się z BDOT10k, są obszary leśne oraz zabudowa. Najniższe wartości precyzji oraz czułości dla obszaru miasta oraz całej aglomeracji charakterystyczne są dla obszarów podmokłych, które nie przekraczają średniej harmonicznej równej 0,27. Wszystkie wartości wskaźników są bardzo zróżnicowane dla każdej badanej klasy i zbioru danych, jednak najwyższą średnią harmoniczną uzyskują dwa wyróżnione zbiory – LUCAS na obszarze aglomeracji oraz Urban Atlas na terenie miasta Poznania.

Wnioski i podsumowanie

W pracy przeanalizowano dokładność 6 różnych zbiorów danych na obszarze miasta Poznania i całej aglomeracji oraz porównano uzyskane wyniki względem najdokładniejszego źródła pokrycia terenu i użytkowania ziemi dostępnego w Polsce – Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k). Wybrany obszar badań umożliwił szczegółowe porównanie zgodności oraz dokładności klasy każdego ze źródeł danych z klasą referencyjną zasobu BDOT10k dla dwóch zróżnicowanych terenów – dużego miasta oraz całej aglomeracji obejmującej powiat Poznań i powiat poznański, charakteryzujący się poza miastem w większości terenami leśnymi oraz rolniczymi. Uzyskane wyniki charakteryzują się mniejszą zgodnością poszczególnych zasobów danych z BDOT10k oraz dokładnością źródeł na obszarze

miasta Poznania, na terenie całej aglomeracji miary te przyjmują natomiast wyższe wartości. Najdokładniejszym źródłem pokrycia terenu i użytkowania ziemi w mieście miasta okazał się Urban Atlas, w aglomeracji natomiast – LUCAS. Warto zauważyć, iż w przypadku miasta Poznań zbiór LUCAS był drugim najdokładniejszym zbiorem i o jedynie punkt procentowy mniej dokładnym od Urban Atlas – ten natomiast w przypadku aglomeracji plasuje się na ostatnim miejscu. Powyższe wyniki ukazują dość dobry stopień dokładności na terenie Poznania zbioru Urban Atlas, który ze względu na swoją specyfikę oraz rozdzielczość jest dedykowany dla obszarów miejskich. Bardzo dobra dokładność na obu badanych obszarach uzyskana przez projekt LUCAS może wskazywać na przydatność informacji uzyskanych w terenie przez rachmistrzów oraz ich wpływ na zwiększenie dokładności, a co za tym idzie – bardziej szczegółowych informacji odnośnie rzeczywistego pokrycia.

Dokładność poszczególnych klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi dla każdego zbioru danych jest dość zróżnicowana, jednak w większości przypadków klasy najmniej oraz najbardziej dokładne względem BDOT10k są ze sobą zgodne w każdym z porównywanych zbiorów. Na obu badanych obszarach w 4 z 6 zbiorów danych – CLC, Esri, LUCAS oraz Sentinel-2, najmniej dokładną klasą są obszary podmokłe. Otrzymane wyniki potwierdzają fakt, że ich w pełni poprawna klasyfikacja ze zdjęć satelitarnych jest niezwykle trudna, co łatwo zauważyć na przykładzie zajmowanej powierzchni klas zaklasyfikowanych niepoprawnie dla każdego zbioru danych (ryc. 7). Zarówno na obszarze aglomeracji, jak i samego miasta Poznania najdokładniejszą klasą pokrycia terenu i użytkowania ziemi okazały się obszary wodne – w przypadku całej aglomeracji podobnymi wynikami cechowały się pola uprawne.

Szacunkową zgodność oraz dokładność względem BDOT10k można zauważyć, analizując jedynie mapy tematyczne przedstawiające rozkład kategorii pokrycia terenu i użytkowania ziemi po reklasyfikacji (ryc. 3), a także mapę ukazującą liczbę źródeł zgodnych z BDOT10k (ryc. 5). Na obie wartości, oprócz samego sposobu reklasyfikacji do wspólnych klas, wpływa przede wszystkim rozdzielczość oraz przeznaczenie danego zbioru danych – lokalne lub globalne. Oprócz tego występuje zdecydowana zależność pomiędzy zgodnością i dokładnością klas a konfiguracją i kompozycją krajobrazu – przede wszystkim różnorodnością i zwartością klas. Powiat poznański charakteryzuje się występowaniem większych płatów mniejszej liczby klas w stosunku do miasta Poznania – wpływa to na znacznie większą zgodność i dokładność wszystkich źródeł oraz klas na obszarze całej aglomeracji.

Ocena dokładności źródeł pokrycia terenu i użytkowania ziemi zależna jest przede wszystkim od poprawności reklasyfikacji kategorii poszczególnych zbiorów i próby ujednolicenia wszystkich do kilku wybranych, głównych klas. Otrzymane rezultaty są jedynie przybliżeniem rzeczywistej dokładności zbiorów danych i wynikają z subiektywnej klasyfikacji kategorii pokrycia terenu i użytkowania ziemi, opartej na sugerowanej agregacji klas według dokumentacji poszczególnych zbiorów danych. Powyższa analiza może zostać wykorzystana do wyboru najbardziej użytecznego zbioru danych na poziomie lokalnym w innych opracowaniach oraz

przyczynić się do rozszerzenia badań w kierunku porównania dokładności klas pokrycia terenu i użytkowania ziemi z metrykami krajobrazowymi.

Literatura

Brown C.F., Brumby S.P., Guzder-Williams B. i in., 2022, Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping, Scientific Data, 9(1): 251.

EEA [European Environment Agency], 2023, Urban Atlas, Copernicus Land Monitoring Service (https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas; dostęp: 21.09.2023).

GIOŚ [Główny Inspektorat Ochrony Środowiska], 2023, CORINE Land Cover – CLC (https://clc.gios.gov.pl/index.php/o-clc/program-clc; dostęp: 21.09.2023).

GUGiK [Główny Urząd Geodezji i Kartografii], 2023, Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) (https://www.geoportal.gov.pl/pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot10k/; dostęp: 21.09.2023).

Hejmanowska B., Wężyk P. (red.), 2020, Dane satelitarne dla administracji publicznej, Polska Agencja Kosmiczna.

Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z., Mazzariello J.C., Mathis M., Brumby S.P., 2021, July, Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning, 2021 IEEE international geoscience and remote sensing symposium IGARSS, IEEE, s. 4704–4707.

Malinowski R., Lewiński S., Rybicki M., Gromny E., Jenerowicz M., Krupiński M., Nowakowski A., Wojtkowski C., Krupiński M., Krätzschmar E., Schauer P., 2020, Automated Production of a Land Cover/Use Map of Europe Based on Sentinel-2 Imagery, Remote Sensing, 12(21): 3523.

Nagi R., 2023, On map scale and raster resolution (https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/on-map-scale-and-raster-resolution/; dostęp: 21.09.2023).

Olędzki J.R., 2001, Teledetekcja a zmiany środowiska, Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, 48(104): 131–141.

Ozesmi S.L., Bauer M.E., 2002, Satellite remote sensing of wetlands, Wetlands Ecology and Management, 10: 381–402.

Polska [Polska Agencja Kosmiczna], 2023, Wiedza ogólna (https://nsisplatforma.polsa.gov.pl/baza-wiedzy/wiedza-ogolna; dostęp: 21.09.2023).

Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2022 r. (https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5468/7/19/1/powierzchnia_i_ludnosc_w_przekroju_terytorialnym_w_2022_roku.pdf; dostęp: 20.09.2023).

Rwanga S.S., Ndambuki J.M., 2017, Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS, International Journal of Geosciences, 8(04): 611.

Smith J.H., Stehman S.V., Wickham J.D., Yang L., 2003, Effects of landscape characteristics on land-cover class accuracy, Remote Sensing of Environment, 84(3): 342–349.

Swianiewicz P., Klimska U., 2005, Społeczne i polityczne zróżnicowanie aglomeracji w Polsce – waniliowe centrum, mozaika przedmieść, Prace i Studia Geograficzne, 35: 45–70.

Witjes M., Parente L., van Diemen C.J., Hengl T., Landa M., Brodský L., Halounova L., Križan J., Antonić L., Ilie C.M., Craciunescu V., Kilibarda M., Antonijević O., Glušica L., 2022, A spatiotemporal ensemble machine learning framework for generating land use/land cover time-series maps for Europe (2000–2019) based on LUCAS, CORINE and GLAD Landsat, PeerJ, 10: e13573.

Zanaga D., van de Kerchove R., De Keersmaecker W., Souverijns N., Brockmann C., Quast R., Wevers J., Grosu A., Paccini A., Vergnaud S., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Geor-

gieva I., Lesiv M., Carter S., Herold M., Li L., Tsendbazar N.E., Ramoino F., Arino O., 2021, ESA WorldCover 10 m 2020 v100.

Comparison of the accuracy of various land cover and land use sources: case study of Poznań and poznański county

Abstract: Remote sensing is an essential element in observing the Earth and monitoring processes occurring on its surface. Land cover and land use maps are created based on the satellite data. They are allowed to track changes in the environment. Research carried out in Poznań and poznański county were intended to evaluate accuracy of six data sources with the most accurate reference source – the Topographic Objects Database (BDOT10k). Urban Atlas, designed for urban areas, has proven to be the most accurate source of land cover information for the Poznań. In the entire analyzed area, the highest accuracy was achieved by LUCAS, which is based on field observations, satellite data and CORINE Land Cover. The accuracy of data sources strongly depends on the resolution, level of generalization and purpose of the data source. The results indicate less consistency of data sources from BDOT10k in the area of Poznań due to the high variability of land cover in the urban environment. The most difficult areas to classify correctly in all analyzed data sources were wetlands, while surface of water areas were best classified.

Keywords: land cover and land use, accuracy, classification, compatibility, BDOT10k, data source

Sekcja Kartografii i Geomatyki
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wojciech Rymarkiewicz

Analiza zmian przestrzeni geograficznej z wykorzystaniem dawnych map topograficznych w skali 1:25 000 na przykładzie kamieniołomów Wapienno–Bielawy–Piechcin w latach 1911–2023

Zarys treści: Artykuł podejmuje tematykę zmian przestrzeni geograficznej wywołanych działalnością kamieniołomów Wapienno–Bielawy–Piechcin w latach 1911–2023. Jego ideą jest prześledzenie zmian jakościowych, jakie zaszły w środowisku, oraz wskazanie tendencji przekształceń powierzchni zajmowanej przez prace górnicze. W pracy wykorzystano arkusze map topograficznych w skali 1:25 000 z wybranych okresów historycznych. Stwierdzono znaczny wzrost obszaru objętego pracami górniczymi na terenie kamieniołomów Wapienno i Bielawy, a także dostrzeżono częściową rewitalizację kamieniołomu Piechcin. Wskazano, że główny kierunek rozwoju kopalni koncentruje się na linii z północnego zachodu na południowy wschód. Wykazano, że rozwój kamieniołomów Wapienno i Bielawy skutkował zmniejszeniem się powierzchni lasu, terenów podmokłych i gruntów ornych oraz przerwaniem niektórych szlaków komunikacyjnych i likwidacją terenów zabudowanych w miejscowościach Wilkowo i Bielawy.

Słowa kluczowe: mapy topograficzne, zmiany przestrzeni geograficznej, Messtischblatt, BDOT10k, kamieniołomy skał wapiennych

Wstęp

Środowisko geograficzne ulega ciągłym przemianom. Część z nich jest wywoływana przez naturalne czynniki przyrodnicze. Jednak często dużo większe i szybsze zmiany są skutkiem działalności ludzkiej. Od najdawniejszych czasów człowiek ingerował w środowisko, budując coraz bardziej okazałe budowle, zagospodarowując nowe tereny oraz eksploatując surowce naturalne. Nasilenie ingerencji zaczęło intensywnie wzrastać w okresie rewolucji przemysłowej. Do pracy w terenie zaczęto wykorzystywać coraz wydajniejszy ciężki sprzęt. Rozwój technologii znacząco ułatwił zatem możliwości przekształcenia terenu. Niektóre zmiany można zaobserwować już na przestrzeni kilku miesięcy, a nawet tygodni. Czasami konieczna jest jednak analiza zmian w dłuższej perspektywie czasowej.

Pomocne w analizie zmian środowiska geograficznego są archiwalne mapy topograficzne (Tortora i in., 2015; Jiang i in., 2017). W kompleksowy sposób prezentują one informacje na temat rzeźby terenu i jego pokrycia, uwzględniając przy tym obiekty pochodzenia zarówno naturalnego, jak i antropologicznego. Zestawiając mapy z różnych okresów, możemy uzyskać obraz sytuacji przestrzennej danego obszaru w rozciągłości wielu dziesięcioleci (Horbiński, Lorek, 2020). Nawet jeśli arkusze map topograficznych pochodzą z różnych okresów i powstały przy użyciu odmiennej technologii, wciąż zawierają wiele zgodnych informacji przestrzennych (Medyńska-Gulij i in., 2019). Możliwe jest zatem ich wykorzystanie w analizach zmian przestrzeni geograficznej (Cybulski i in., 2020). Porównując informacje archiwalne ze współczesnymi danymi, jesteśmy w stanie prześledzić zmiany, jakie zaszły w środowisku na wybranym obszarze (Lorek, Horbiński, 2020).

Jedną z najbardziej inwazyjnych działalności skutkujących przekształceniem przestrzeni geograficznej jest pozyskiwanie surowców naturalnych metodą odkrywkową. Gigantyczne kopalnie węgla brunatnego czy też potężne kamieniołomy mogą skutecznie zmienić krajobraz regionu. Takim obiektem jest na przykład kompleks kamieniołomów w Piechcinie w województwie kujawsko-pomorskim, od XIX wieku eksploatujący złoże skał wapiennych pochodzenia jurajskiego.

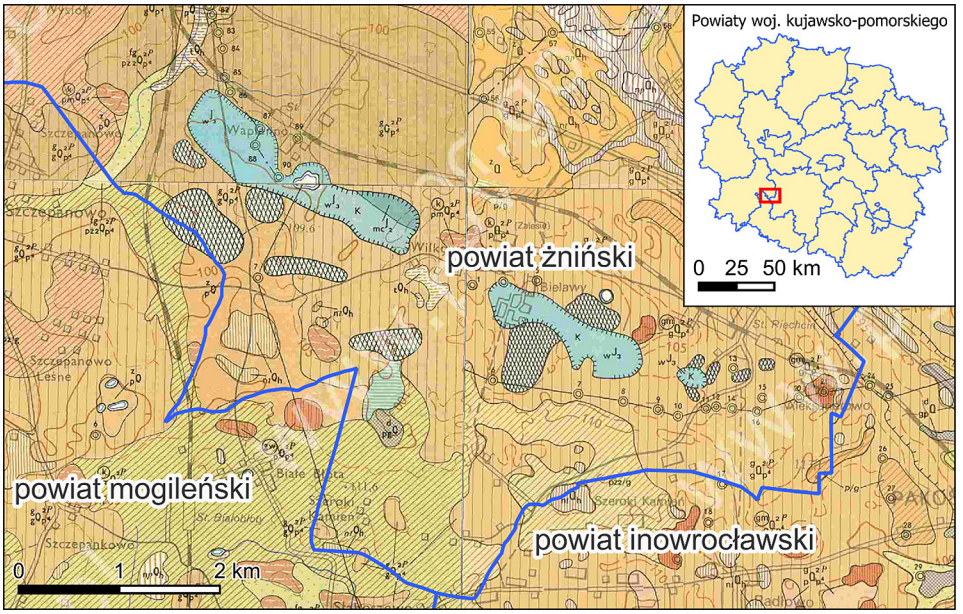
Cele pracy

Głównym celem badania jest analiza porównawcza zmian przestrzeni geograficznej w latach 1911–2023 spowodowanych rozszerzeniem się obszaru wydobycia wapieni w kamieniołomach Wapienno–Bielawy–Piechcin na podstawie danych z dawnych map topograficznych. Jednym z celów dodatkowych jest ukazanie zmian powierzchni terenu zajmowanej przez wyrobisko i zwałowisko kamieniołomów w różnych okresach jego funkcjonowania. Pozostałe to wskazanie kierunków, w których następowało jego rozszerzenie, oraz określenie wcześniejszego typu użytkowania terenów zajętych przez odkrywkę.

Obszar badań

Zespół kamieniołomów Wapienno–Bielawy–Piechcin znajduje się na terenie powiatu żnińskiego w województwie kujawsko-pomorskim (ryc. 1). Zajmują się one eksploatacją występującego na danym obszarze złoża wapieni i margli jurajskich o długości około 8 km i zmiennej szerokości od 0,4 do 1,1 km (Mucha i in., 2017). Jest to jedna z największych kopalni skał wapiennych w Polsce. Wydobycie rozpoczęto w 1860 roku, a już rok później uruchomiono produkcję wapna palonego i gaszonego na skalę przemysłową (Drążek i in., 2010). W kolejnych dekadach zwiększano tempo oraz zasięg wydobycia, wprowadzając szerokie usprawnienia technologiczne. Na początku XX wieku proces produkcji został zmechanizowany. Wybudowano nowe piece, linie kolei wąskotorowej oraz własną elektrownię. Po II wojnie światowej kamieniołomy zostały znacjonalizowane, a w 1951 roku połączono je w jedno przedsiębiorstwo. W latach 70. XX wieku uruchomiono w Piechcinie cementownię „Kujawy" wykorzystującą surowiec wydobywany w kamieniołomach.

W czasach PRL zakład był postrzegany jako uciążliwy dla środowiska, generujący olbrzymie hałdy odpadów oraz emitujący chmury pyłu, który następnie



Ryc. 1. Złoże skał wapiennych (błękitny obszar) w Piechcinie oraz jego położenie względem powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (niebieska linia wyznacza granice powiatów)

Fig. 1. Limestone deposits (blue area) in Piechcin and their location in relation to the counties of the Kuyavian-Pomeranian Voivodeship (the blue line marks the boundaries of the counties)

Źródło: Mapa podkładowa – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 (https://geologia.pgi.gov.pl/); Granice powiatów – Państwowy Rejestr Granic (www.geoportal.gov.pl)

osiadał na okolicznych terenach. W latach 90. XX wieku Kombinat Cementowo-Wapienniczy w Piechcinie został sprywatyzowany i zmodernizowany. Wprowadzono rozwiązania mające usprawnić technologię produkcji i zmniejszyć emisję zanieczyszczeń. Badania przeprowadzone na początku XXI wieku w sąsiedztwie zakładu w Bielawach nie wykazały wpływu pyłów cementowych na skażenie okolicznych gleb rtęcią (Jaworska i in., 2009), ale sam pył może negatywnie oddziaływać na gleby i roślinność (Dąbkowska-Naskręt i in., 2013).

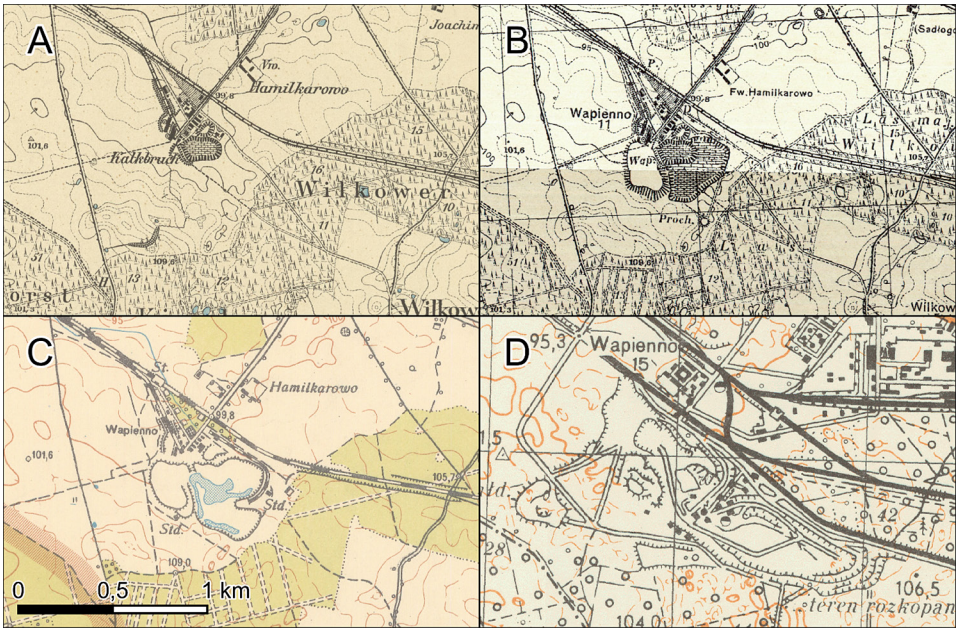
Materiały i metody badawcze

Zakres prac dotyczy przestrzeni geograficznej wyznaczonej przez wyrobiska i zwałowiska odpadów wchodzących w skład kompleksu kamieniołomów Wapienno–Bielawy–Piechcin. Ideą artykułu jest prześledzenie zmian jakościowych, jakie zaszły w środowisku, oraz wskazanie tendencji przekształceń powierzchni zajmowanej przez prace górnicze. Wybrany obiekt cechuje się dużą dynamiką zmian oraz stosunkowo rozległą powierzchnią. Stanowi on jeden z najbardziej rozpoznawalnych elementów krajobrazu województwa kujawsko-pomorskiego.

W pracy wykorzystano arkusze map topograficznych w skali 1:25 000 z wybranych okresów historycznych. Najdawniejszy dotyczący roku 1911 prezentowany jest przez arkusze niemieckiej mapy Messtischblatt. Opracowanie to cechuje się wysoką szczegółowością i dokładnością przedstawienia topografii terenu (Smaczyński i in., 2022). Okres międzywojenny został ujęty na Mapie Szczegółowej Polski z 1934 roku opracowanej przez Wojskowy Instytut Geograficzny (WIG) w Warszawie. Opracowania WIG były dawniej bardzo cenione w Europie, a obecnie stanowią wartościowe źródło informacji dla badaczy historii. Stan z 1964 roku prezentuje mapa wydana w Warszawie przez Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego. Arkusze tego wydania pozbawione są siatki współrzędnych zarówno geograficznych, jak i topograficznych. Ostatnią mapą archiwalną jest mapa topograficzna w Państwowym Układzie Współrzędnych „1965" w wersji dwubarwnej z 1982 roku. Różnice w sposobach prezentacji kartograficznej ukazano na rycinie 2. Stan historyczny porównano z zapisem aktualnym, wykorzystując wizualizację kartograficzną BDOT10k w skali 1:25 000.

Pierwszym krokiem była georeferencja wszystkich arkuszy do współczesnego układu współrzędnych. Wybrano Państwowy Układ Współrzędnych PL-1992 (EPSG: 2180). Wpasowanie wykonano, wskazując punkty charakterystyczne, wspólne ze współczesną mapą topograficzną, takie jak skrzyżowania ulic oraz przejazdy kolejowe, które nie zmieniły swojego położenia. W transformacji wykorzystano wielomian pierwszego stopnia. Uzyskano następujące błędy średnie wpasowania: Messtischblatt – 9–16 m, Mapa Szczegółowa Polski – 2–13 m, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego – 18 m, Państwowy Układ Współrzędnych „1965" – 5–6 m.

Kolejnym etapem była wektoryzacja i generalizacja wyrobisk i zwałowisk odpadów dla poszczególnych kamieniołomów. Zdecydowano się ograniczyć wyłącznie do tych elementów kopalni, gdyż są one łatwo dostrzegalne na mapach



Ryc. 2. Porównanie prezentacji obszaru kamieniołomu Wapienno na czterech wybranych opracowaniach kartograficznych

A – Messtischblatt z 1911 roku, B – Mapa Szczegółowa Polski z 1934 roku, C – Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego z 1964 roku, Państwowy Układ Współrzędnych „1965" z 1982 roku

Fig. 2. Comparison of the depiction of the Wapienno quarry area on four selected cartographic studies

A – Messtischblatt from 1911, B – Mapa Szczegółowa Polski from 1934, C – Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego from 1964, Państwowy Układ Współrzędnych „1965" from 1982

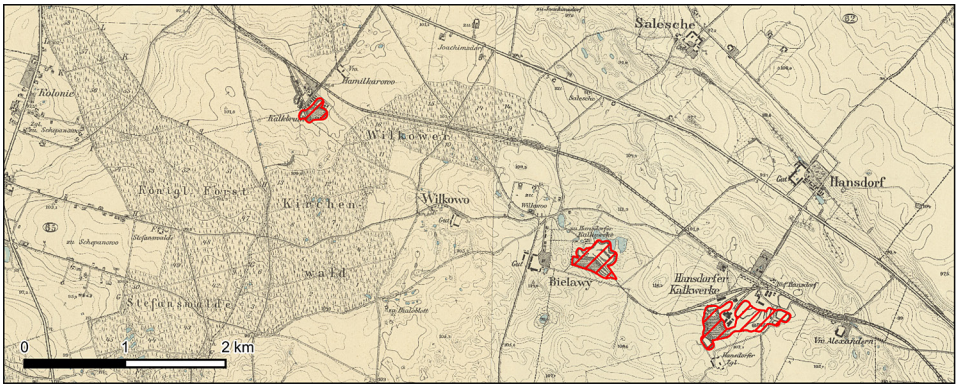
Źródło: A, B – Mapster (http://igrek.amzp.pl/); C, D – Zbiory Kartograficzne Biblioteki Collegium Geographicum UAM.

i proste w wyznaczeniu granic. Objęcie badaniem całego obszaru górniczego byłoby zadaniem wyjątkowo trudnym z uwagi na brak spójnych informacji na ten temat na arkuszach wykorzystanych map topograficznych z różnych okresów. Na ich podstawie nie można jednoznacznie określić własności ani przeznaczenia poszczególnych gruntów i budynków.

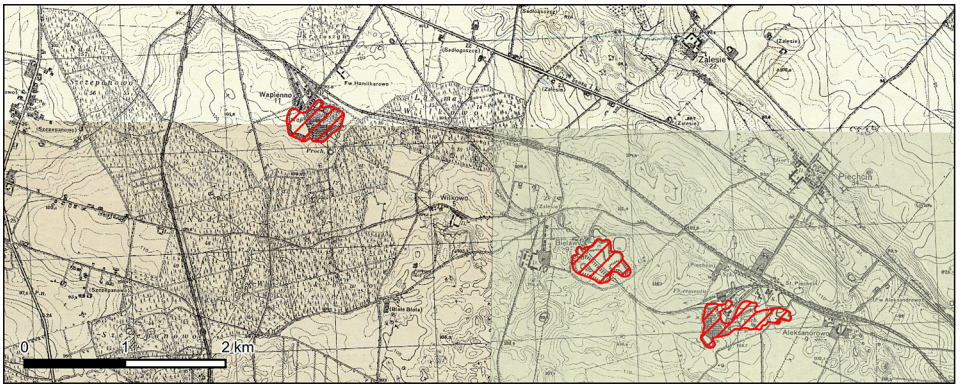
W pracy skupiono się głównie na analizie danych pod względem jakościowym. Szczegółowa analiza ilościowa nie jest możliwa z uwagi na generalizację kartograficzną zarówno przy opracowaniu map, jak i przy ich wektoryzacji. Dodatkowym utrudnieniem mogą być różnice w dokładności informacji przestrzennej na mapach wykonywanych różnymi metodami w różnych okresach. W pracy wskazano tendencje przekształceń powierzchni oraz zgeneralizowane informacje o zmianach w ujęciu ilościowym.

Wyniki

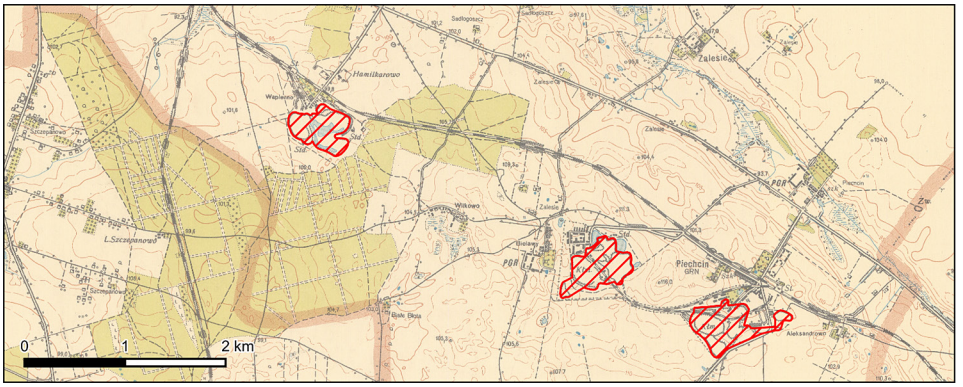
Po georeferencji wszystkich arkuszy map topograficznych w skali 1:25 000 z różnych okresów historycznych przystąpiono do wektoryzacji obszaru zajmowanego przez wyrobisko i zwałowisko odpadów na terenie kamieniołomów Wapienno, Bielawy oraz Piechcin. Wyznaczono zakresy odpowiednio dla roku 1911 (ryc. 3), 1934 (ryc. 4), 1964 (ryc. 5) oraz 1982 (ryc. 6). Aktualny obszar kamieniołomu wyznaczono na podstawie wizualizacji kartograficznej BDOT10k odpowiedniej dla skali 1:25 000 (ryc. 7). Treść należało zgeneralizować, upraszczając kształt obiektu i wybierając jego najistotniejsze elementy. Było to spowodowane różnymi metodami przedstawienia obszaru na poszczególnych mapach (Rees, 1980).



Ryc. 3. Obszar kamieniołomów według mapy z 1911 roku (Messtischblatt)
Fig. 3. Quarry area according to the 1911 map (Messtischblatt)
Źródło: opracowanie własne na podstawie http://igrek.amzp.pl/.



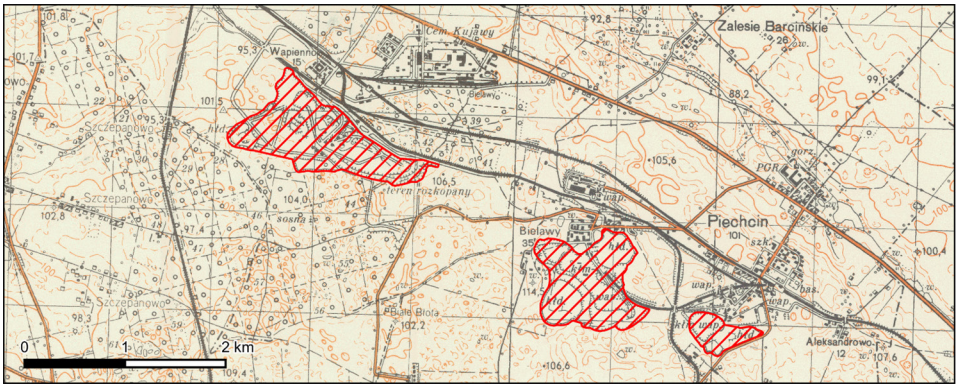
Ryc. 4. Obszar kamieniołomów według mapy z 1934 roku (Mapa Szczegółowa Polski WIG)
Fig. 4. Quarry area according to the 1934 map (Mapa Szczegółowa Polski WIG)
Źródło: opracowanie własne na podstawie http://igrek.amzp.pl/.



Ryc. 5. Obszar kamieniołomów według mapy z 1964 roku (Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego)

Fig. 5. Quarry area according to the 1964 map (Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zbiorów Kartograficznych Biblioteki Collegium Geographicum UAM.



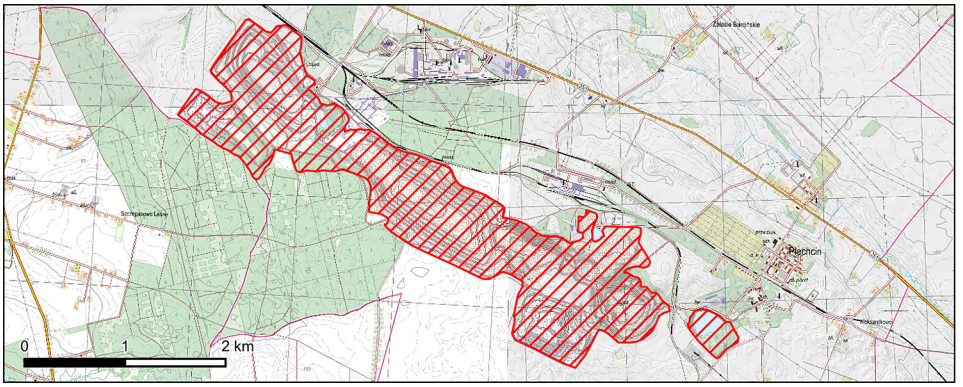
Ryc. 6. Obszar kamieniołomów według mapy z 1982 roku (Państwowy Układ Współrzędnych „1965")

Fig. 6. Quarry area according to the 1982 map (Państwowy Układ Współrzędnych „1965")

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zbiorów Kartograficznych Biblioteki Collegium Geographicum UAM

Zaobserwowano intensywne zmiany powierzchni obszaru prac górniczych na przestrzeni lat. Największy wzrost obserwuje się w przypadku wysuniętego najbardziej na północny zachód kamieniołomu Wapienno. W 1911 roku stanowił on najmniejszy obiekt spośród trzech badanych kopalni. W ostatnich latach rozszerzył się do obszaru dwóch potężnych wyrobisk i ogromnego zwałowiska. Wzrost był tak rozległy, że skutkował połączeniem się z terenem wyrobiska Bielawy, leżącego pomiędzy dwoma pozostałymi kamieniołomami. W przypadku tego obszaru również odnotowujemy znaczące zwiększenie powierzchni objętej wydobyciem.

Jedyny obszar, na którym obserwujemy spadek aktywności i zmniejszenie powierzchni zajmowanej na cele górnicze, jest kamieniołom Piechcin, wysunięty



Ryc. 7. Obszar kamieniołomów według BDOT10k z 2023 roku (Wizualizacja Kartograficzna BDOT10k)

Fig. 7. Quarry area according to BDOT10k from 2023 (Wizualizacja Kartograficzna BDOT10k)

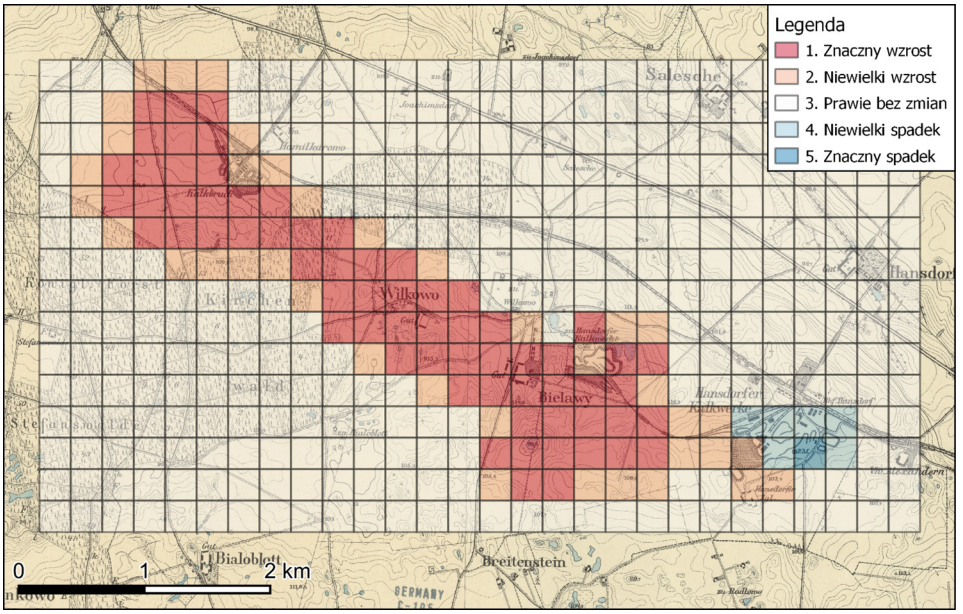
Źródło: opracowanie własne na podstawie https://www.geoportal.gov.pl/.

najbardziej na południowy wschód. Wydobycie w tej kopalni zostało wstrzymane, a samo wyrobisko zalano wodą. Część terenów zrewitalizowano i przekształcono między innymi na cele sportowe. Uczyniono je tym samym atrakcyjniejszymi, z korzyścią dla regionu (Horbiński, 2016). Na terenach, na których niegdyś trwały prace górnicze, dzisiaj możemy dostrzec boisko do piłki nożnej oraz strzelnicę. Sztuczne jezioro powstałe na skutek zalania wyrobiska wodą jest dzisiaj miejscem, gdzie przeprowadza się szkolenia dla płetwonurków (Zawadzki, 2013). Obszar ten nie jest jednak dostępny dla wszystkich z uwagi na niebezpieczeństwo upadku ze stromych ścian dawnego wyrobiska.

Zmiany powierzchni kamieniołomu zostały przedstawione w sposób uogólniony na kartodiagramie (ryc. 8). Jest to konieczne ze względu na różny stopień generalizacji map (Lorek i in., 2018). Obszar podzielono siatką kwadratów o boku długości 250 m. Następnie obliczono procentową różnicę w zmianach geometrii zwektoryzowanych poligonów wyznaczających granice wyrobisk i zwałowisk względem powierzchni każdego kwadratu w siatce. Utworzono 5 klas ilościowych reprezentujących intensywność zmian. Dwie klasy wzrostu, dwie spadku i jedną oznaczającą brak istotnych różnic. Ostatnia klasa przyjęła rozpiętość od –5% do 5%, aby wykluczyć zmiany wynikające z błędów generalizacji lub różnicy pod kątem dokładności. Zastosowano intuicyjną skalę bipolarną z rozróżnieniem jasności koloru niebieskiego i czerwonego (Medyńska-Gulij, Cybulski, 2016).

Porównując obszary zajmowane przez kamieniołomy w różnych stadiach rozwoju, możemy dostrzec, że wzrost koncentruje się wzdłuż linii z północnego zachodu na południowy wschód. Pokrywa się to ze znanym przebiegiem złoża kamieni wapiennych (ryc. 1).

Analizując zmiany pokrycia terenu, możemy zaobserwować, że na obszarze zajętym aktualnie przez kamieniołom wcześniej znajdował się fragment lasu oraz zabudowania należące do miejscowości Wilkowo i Bielawy. W okolicach wsi rozciągały się również tereny podmokłe. Rozszerzenie obszaru górniczego



Ryc. 8. Wizualizacja zmian powierzchni kamieniołomów na podkładzie mapy Messtischblatt z 1911 roku

1 – znaczny wzrost (ponad 50%); 2 – niewielki wzrost (od 50% do 5%); 3 – prawie bez zmian (od 5% do –5%); 4 – niewielki spadek (od –5% do –50%); 5 – znaczny spadek (ponad –50%)

Źródło: opracowanie własne na podstawie http://igrek.amzp.pl/.

Fig. 8. Visualization of the changes in the quarry areas based on the 1911 Messtischblatt map

1 – significant increase (over 50%); 2 – slight increase (from 50% to 5%); 3 – almost no change (from 5% to –5%); 4 – slight decrease (from –5% to –50%); 5 – significant decrease (over –50%)

skutkowało likwidacją fragmentu lasu oraz zabudowań, a także przerwaniem niektórych szlaków komunikacyjnych, takich jak drogi i linie kolejowe. Zdecydowaną większość obszaru zajętego obecnie przez kamieniołom stanowią tereny bez pokrycia na mapie topograficznej, prawdopodobnie grunty orne. Należy jednak mieć na uwadze, że zmiany w środowisku zachodzą nie tylko na skutek powiększania się obszaru wydobycia, ale również ze względu na zanieczyszczenia, na przykład w postaci pyłu, które wiatr roznosi po okolicznych terenach, co ma negatywny wpływ zarówno na ludzi, jak i rośliny (Dąbkowska-Naskręt i in., 2013).

Wnioski

Analizując zmiany przestrzeni geograficznej w kontekście historycznym, stwierdzono, że niebywałą pomocą okazują się archiwalne mapy topograficzne (Jiang i in., 2017). Wykorzystanie arkuszy dawnych map, takich jak niemiecka Messtischblatt o wysokiej dokładności i szczegółowości, pozwala nam uzyskać wartościowe informacje o ukształtowaniu i pokryciu terenu sprzed ponad stu lat,

zapewniając przy tym możliwość porównania z aktualnymi mapami topograficznymi. Otrzymujemy dzięki temu obraz zmian, jakie zachodzą na przestrzeni wielu dekad. Należy jednak z pewną dozą ostrożności podchodzić do informacji ilościowych z uwagi na możliwe różnice w generalizacji.

W niniejszym badaniu z wykorzystaniem dawnych map topograficznych udało się określić zakres zmian, jakie zaszły w krajobrazie regionu od roku 1911. Odnotowano znaczny wzrost powierzchni objętej pracami górniczymi na terenie kamieniołomów Wapienno i Bielawy, a także dostrzeżono częściową rewitalizację kamieniołomu Piechcin, stanowiącego dziś ważny ośrodek sportowy.

Przedstawiono zgeneralizowane przekształcenia obszaru wyrobisk i zwałowisk, następnie użyto tych danych do sporządzenia kartodiagramu ukazującego tendencje zmian. Można było dzięki temu wykazać, że główny kierunek rozwoju kamieniołomów koncentruje się na linii północny zachód–południowy wschód.

Określono też zmiany pokrycia terenu spowodowane rozszerzaniem lub ograniczaniem wydobycia. Potwierdzono, że rozwój kamieniołomów Wapienno i Bielawy skutkował zmniejszeniem się powierzchni lasu, terenów podmokłych i gruntów ornych oraz przerwaniem niektórych szlaków komunikacyjnych i likwidacją obszarów zabudowanych w miejscowościach Wilkowo i Bielawy. Część kamieniołomu Piechcin została zrewitalizowana i przeznaczona między innymi na cele sportowe w postaci boiska piłkarskiego i strzelnicy.

Literatura

Cybulski P., Wielebski Ł., Medyńska-Gulij B., Lorek D., Horbiński T., 2020, Spatial visualization of quantitative landscape changes in an industrial region between 1827 and 1883. Case study Katowice, southern Poland, Journal of Maps, 16, 1: 77–85.

Dąbkowska-Naskręt H., Jaworska H., Malczyk P., 2013, Soils and vegetation under the impact of cement industry in the vicinity of Bielawy, [w:] P. Charzyński, P. Hulisz, R. Bednarek (red.), Technogenic soils of Poland, Polish Society of Soil Science, Toruń, 2(8): 141–156.

Drążek J., Chmiel J., Kupczyk M., 2010, Krajobrazy pałuckich wapieni. 150 lat białego górnictwa, Stowarzyszenie Ekologiczne w Barcinie, Inowrocław.

Horbiński T., 2016, Dokumentacja kartograficzna zmian wydobycia kruszywa naturalnego w powiecie gnieźnieńskim w latach 2005–2015, Badania Fizjograficzne, A, 67: 41–54.

Horbiński T., Lorek D., 2022, The use of Leaflet and GeoJSON files for creating the interactive web map of the preindustrial state of the natural environment, Journal of Spatial Science, 67, 1: 61–77.

Jaworska H., Dąbkowska-Naskręt H., Różański Sz., 2009, Total content of mercury in arable soils in the vicinity of Lafarge-Cement Poland S.A. Plant ("Kujawy" Bielawy), Ecol. Chem. and Eng., A, 16, 10: 1299–1305.

Jiang L., Liang Q., Qi Q., Ye Y., Liang X., 2017, The heritage and cultural values of ancient Chinese maps, J. Geogr. Sci., 27: 1521–1540.

Lorek D., Dickmann F., Medyńska-Gulij B., Hannemann N., Cybulski P., Wielebski Ł., Horbiński T., 2018, The cultural and landscape development of Polish and German industrial centeres, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Lorek D., Horbiński T., 2020, Interactive Web-Map of the European Freeway Junction A1/A4 Development with the Use of Archival Cartographic Sources, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 9(7): 438.

Medyńska-Gulij B., Cybulski P., 2016, Spatio-temporal dependencies between hospital beds, physicians and health expenditure using visual variables and data classification in statistical table, Geodesy and Cartography, 65(1): 67–80.

Medyńska-Gulij B., Lorek D., Hannemann N., Cybulski P., Wielebski Ł, Horbiński T., Dickmann F., 2019, Die kartographische Rekonstruktion der Landschaftsentwicklung des Oberschlesischen Industriegebiets (Polen) und des Ruhrgebiets (Deutschland), Journal of Cartography and Geographic Information, 69(1): 131–142.

Mucha J., Wasilewska-Błaszczyk M., Cieniawska M., Chudzik W., 2017, Ocena wiarygodności prognozy jakości kopaliny na podstawie modelu 3D (na przykładzie fragmentu złoża wapieni i margli Barcin–Piechcin–Pakość), Górnictwo Odkrywkowe, 4: 10–17.

Rees R., 1980, Historical links between cartography and art, Geogr. Rev., 70(1): 61–78.

Smaczyński M., Lorek D., Zagata K., Horbiński T., 2022, Cultural Heritage with the Use of Low-Level Aerial Survey Techniques, Space Modelling and Multimedia Reconstruction of the Topographic Landscape (Example of a Windmill in Western Poland), KN J. Cartogr. Geogr. Inf., 72: 279–291.

Tortora A., Statuto D., Picuno P., 2015, Rural landscape planning through spatial modelling and image processing of historical maps, Land Use Pol., 42: 71–82.

Zawadzki D., 2013, Wykorzystanie zalanych kamieniołomów i wyrobisk pokopalnianych w turystyce specjalistycznej – nurkowanie rekreacyjne, [w:] R.K. Borówka, A. Cedro, I. Kavetsky (red.), Współczesne problemy badań geograficznych, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi, Szczecin, s. 255–267.

Analysis of changes in geographical space based on old topographical maps at a scale of 1:25 000 using the example of the Wapienno–Bielawy–Piechcin quarries in the years 1911–2023

Abstract: The article deals with the changes in the geographical space caused by the activity of the Wapienno–Bielawy–Piechcin quarries in the years 1911–2023. The idea of the article is to trace the qualitative changes that took place in the environment and to show trends in the transformation of the area occupied by the quarries. The article uses topographic map sheets at a scale of 1:25 000 from selected historical periods. A significant increase in the area covered by mining works was found in the Wapienno and Bielawy quarries, and a partial revitalization of the Piechcin quarry was also noticed. It was pointed out that the main direction of mine development is concentrated on the line from northwest to southeast. It has been shown that the development of the Wapienno and Bielawy quarries led to a decrease in forest, wetland and arable land, as well as to the interruption of some transportation routes and the dissolution of built-up areas in the towns of Wilkowo and Bielawy.

Keywords: topographic maps, changes in geographic space, Messtischblatt, BDOT10k, limestone quarries

Sekcja Geo-Grafiki
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Daria Powałowska, Przemysław Hajdrowski, Marta Stróżyk, Aleksandra Osses, Jakub Woźniak

Ocena wybranych metod graficznej prezentacji obszaru delty rzecznej na przykładzie Wstecznej Delty Świny

Zarys treści: Niniejszy artykuł porównuje cztery wybrane metody graficznej prezentacji obszaru delty rzecznej, na przykładzie Wstecznej Delty Świny. Autorzy przygotowali mapę poglądową, wizualizację 3D, animację oraz ortofotomapę tego obszaru. Prezentowane techniki zostały przeanalizowane pod kątem ich wizualnych i tematycznych możliwości prezentacji. Na mnogość możliwości wizualizacji delty rzeki wpływa jej złożony charakter, w tym bogactwo przyrodnicze badanego obszaru. Analiza wykazała, że każda z metod ma unikalne właściwości i jest efektywna w specyficznych kontekstach oraz na odpowiednich nośnikach. Stwierdzono też, że korzyści z zastosowania każdej z metod zależą od celu opracowania, docelowego nośnika oraz odbiorców. Artykuł podkreśla, że wybór odpowiedniej metody wizualizacji powinien być podyktowany jej unikalną charakterystyką, która oddziałuje na takie aspekty, jak dostępność, rozmiar plików, intuicyjność dla użytkowania i stopień szczegółowości prezentacji.

Słowa kluczowe: Wsteczna Delta Świny, metody graficzne, wizualizacja, metody prezentacji, środowisko przyrodnicze

Wprowadzenie

Obszar delty rzecznej jest jednym z najbardziej dynamicznych środowisk naturalnych na świecie (Plit, 2010). Złożona sieć rzeczna, rozległe tereny podmokłe oraz bogactwo flory i fauny sprawiają, że delty są niezwykle zróżnicowane i jednocześnie wyjątkowo wymagające pod względem analizy i ich zrozumienia (Pankau,

2013). Jedną z metod badawczych, która umożliwia zobrazowanie wiedzy o specyfice krajobrazu, są wizualizacje graficzne. Poprzez metody graficzne, wykorzystujące różnorodne narzędzia i techniki, można zobrazować strukturę i dynamikę rzeźby terenu (Wielebski i in., 2012).

Mapa jest graficznym, określonym matematycznie modelem rzeczywistości odniesionym do płaszczyzny zgodnie z przyjętą skalą (Medyńska-Gulij, 2021). Jako podstawowe narzędzie w geografii za pomocą znaków prezentuje cechy obiektów i związki przestrzenne między nimi. Umożliwia to np. analizę wzorców przestrzennych i relacji między różnymi elementami w przestrzeni geograficznej (Kuna, Rzuciło, 2015). Jest formą przekazu informacji przestrzennej pomiędzy twórcą mapy a jej odbiorcą (Kolácný, 1969; Ratajski, 1970). Różnorodność i rozwój produktów kartograficznych sprawiają, że mapy można klasyfikować m.in. ze względu na skalę, funkcje, sposób i formę prezentacji. Według kryterium treści kartograficznej wyróżnia się dwie zasadnicze grupy: ogólnogeograficzne i tematyczne. Wraz z rozwojem technologii, w tym technik graficznych, coraz istotniejszą rolę ma forma prezentacji. Mapy mogą być statyczne, interaktywne lub animowane, co pozwala na eksplorację danych geograficznych w bardziej zaawansowany sposób (Gotlib, Kukułka, 2011). Obecnie kartografowie mają możliwość tworzenia map zarówno w oprogramowaniach geoinformacyjnych, np. QGIS, ArcGIS, jak i graficznych, np. Inkscape, CorelDraw. Mapa poglądowa jest najbardziej powszechną metodą graficznego prezentowania informacji geograficznych. Ma dwa wymiary ukazujące przestrzenne rozmieszczenie obiektów czy zjawisk. Zazwyczaj jest prosta w przygotowaniu i często wystarczająca do skutecznego przekazania treści (Peterson, 2007). W mapie poglądowej kluczową rolę odgrywa prostota prezentacji formy danych geograficznych. Jest łatwa w odbiorze czy interpretowaniu informacji (Montusiewicz, 2012).

Grafika trójwymiarowa (3D) jest jednym z najbardziej efektywnych sposobów prezentacji zjawisk geograficznych (Dmochowska-Dudek, 2016). Pozwala na tworzenie realistycznych modeli terenu czy obiektów geograficznych w trzech osiach XYZ. Dzięki technologii 3D można przedstawić zjawiska geograficzne w sposób nieograniczony dwoma wymiarami, który pozwala na lepsze zrozumienie ich struktury i złożoności (Kolecka, 2008). Najpowszechniejszymi programami do tworzenia modeli trójwymiarowych są: Blender, SketchUp, 3DS Max oraz Autodesk Maya. Coraz popularniejsze staje się tworzenie zaawansowanych wizualizacji 3D z wykorzystaniem silników gier komputerowych, np. Unreal Engine czy Unity. Współcześnie geowizualizacje 3D mogą być implementowane do technologii wirtualnej lub rozszerzonej rzeczywistości (Halik, Wielebski, 2023) albo są podstawowym modelem przestrzennym w grach wideo (Chądzyńska, Gotlib, 2015).

Metoda animacji jest szczególnie przydatna do prezentacji zjawisk geograficznych, które zmieniają się w czasie (Cybulski, 2014). Animacje mogą pokazywać zmiany klimatu, migracje ludności czy rozwój miast. Wykorzystując tę metodę, można obserwować dynamikę procesów geograficznych, co pomaga w późniejszym identyfikowaniu wzorców bądź tendencji (Tracz, 2015). Animację można przedstawić w formie dwuwymiarowej lub trójwymiarowej.

Ortofotomapa to powszechna forma prezentacji przestrzeni geograficznej (Pyka, 2009; Kwoczyńska, 2011). Według definicji Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK) jest rastrowym obrazem powierzchni terenu, powstałym w wyniku przetworzenia zdjęć lotniczych lub satelitarnych. Współcześnie coraz częściej zobrazowania niezbędne do wygenerowania ortofotomapy pozyskuje się za pomocą pomiaru fotogrametrycznego z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (UAV). Obrazy takie znajdują wiele zastosowań w różnych dziedzinach nauki, takich jak np. monitoring środowiska, geodezja, kartografia (Smaczyński, 2017), zarządzanie zasobami wodnymi czy fotogrametria (Piech, Drożdz, 2010). Są powszechnie dostępne w różnych serwisach internetowych, takich jak np. geoportal.gov.pl. Jednakże ich samodzielne wykonanie jest drogie i wiąże się z wieloma procedurami (Kuźnicki, 2019), dlatego w większości analiz autorzy uzależnieni są od jakości zdjęć wykonanych np. na zlecenie władz państwowych (Dąbrowski, Doskocz, 2006). W zależności od rozdzielczości można dostrzec więcej bądź mniej szczegółów (Preuss, Dygaszewicz, 2006).

W niniejszym opracowaniu skupiono się na porównaniu wybranych metod graficznych stosowanych do badania delty rzeki Świny. Ta malownicza i nietypowa delta, położona na obszarze specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 (Żurek-Pysz, 2015), stanowi doskonałe studium przypadku do analizy różnych podejść graficznych (Gotlib, Kukułka, 2011). Wśród tych metod znajdują się: mapa poglądowa, wizualizacja 3D, ortofotomapa czy animacja 2D.

Poprzez przegląd i porównanie tych metod możliwe będzie zrozumienie problemu: jak różnorodność metod graficznych może wpłynąć na percepcję i interpretację obszarów delt rzecznych. Zasadniczym celem jest wskazanie podobieństw i różnic pomiędzy tymi metodami, a tym samym ich zalet oraz wad. Podjęte zostały próby w celu znalezienia odpowiedzi na pytanie, które metody sprawdzają się najlepiej pod kątem wizualnym dla delt rzecznych.

Obszar badań

Terenem badań jest delta Świny (Wsteczna Delta Świny), zlokalizowana w północno-zachodniej Polsce nad wybrzeżem Morza Bałtyckiego, w województwie zachodniopomorskim, na Pobrzeżu Szczecińskim. Według danych Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (GDOŚ) zajmuje ona powierzchnię 11 008,45 ha. Znaczna część obszaru znajduje się w granicach Wolińskiego Parku Narodowego, jednakże wyodrębniono również mniejszy teren stanowiący ścisły rezerwat przyrody Karsiborskie Paprocie oraz Społeczny Rezerwat Karsiborska Kępa. Jest to kompleks ponad 40 wysp różnej wielkości. Występuje tam niewielka deniwelacja terenu, a naturalne wysokości nie przekraczają 1 m n.p.m. Głębokości koryt oddzielających wyspy osiągają wartości do kilku metrów (Osadczuk, 2007). Wskutek wytworzenia się specyficznych warunków siedliskowych Wsteczna Delta Świny wchodzi w skład europejskiego programu sieci obszarów objętych ochroną przyrody Natura 2000 ze względu na występowanie chronionych i rzadkich gatunków ptaków oraz cennych gatunków roślin naczyniowych, mchów i porostów (Wo-

lender, Zych, 2006). Pod względem fizyczno-geograficznym obszar położony jest w obrębie podprowincji Pobrzeże Południowobałtyckie, makroregionu Pobrzeże Szczecińskie oraz mezoregionu Wolin i Uznam (Borzyszkowski i in., 2021). Natomiast według podziału Polski na krainy obszar stanowi część Pobrzeża Bałtyku (Wolender, Zych, 2006). Określenie Wsteczna Delta Świny wywodzi się ze zjawiska okresowego wdzierania się wód morskich do Zalewu Szczecińskiego wskutek wiatrów północnych, co doprowadziło do zasolenia zbiornika wodnego o wartości 1% (Kondracki, 2000). Z powodu zasolenia gleb i wód występuje tam roślinność halofilna (Sągin, 1999).

Metodyka

Mapa poglądowa (ryc. 1)

Wizualizację wykonano w dwóch programach. W celu pozyskania danych na temat geometrii wysp delty Świny wykorzystano wtyczkę QuickOSM w oprogramowaniu QGIS. Natomiast do dokonania zmian jakościowych zaimportowano plik wektorowy do oprogramowania graficznego CorelDraw. Dostosowano barwy obszarów lądowych oraz wodnych, a także nałożono w poszczególne miejsca regularny deseń symboliczny (Medyńska-Gulij, 2015) łąk solniskowych, wykonany przy użyciu narzędzi krzywej Béziera oraz kształtu. Nadano również odpowiednie etykiety, dostosowując jednocześnie ich kolor. Na mapie umieszczono skalę w postaci podziałki liniowej, strzałkę północy oraz symbole obszarów zabudowanych.

Wizualizacja 3D (ryc. 2)

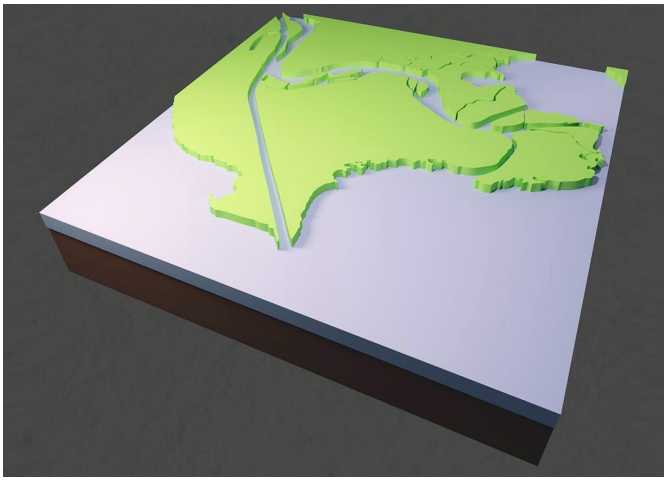
Wizualizację 3D obszaru Wstecznej Delty Świny wykonano za pomocą zwektoryzowanej i poddanej generalizacji mapy poglądowej. Po wektoryzacji mapy została ona zaimportowana do programu Blender w wersji 3.6 w postaci edytowalnych krzywych Béziera, co umożliwiło dokonanie korekt powstałych przy importowaniu obiektów o dużej liczbie punktów. Następnie została nadana grubość poszczególnym warstwom za pomocą modyfikatora Solidify zawierającego parametr Thickness. Każdej z warstw przypisano teksturę za pomocą węzłów, w celu nadania koloru zmieniono parametr BaseColor w węźle Principled BSDF przyłączonym za pomocą opcji Surface do węzła Material Output. Pod kątem kolorystyki dla warstwy z wyspami zastosowano kod szesnastkowy #8FE75A, dla warstwy wody #98ACE7, natomiast dla warstwy gleby #764435. Zmodyfikowano również połysk poszczególnych warstw za pomocą parametrów Roughness oraz Specular, który w warstwie zieleni został zniwelowany do 0, aby wyeliminować efekt połysku. Następnym etapem było dodanie do sceny światła oraz kamery, pozwalającej na wyrenderowanie wizualizacji. Zastosowano dwa źródła światła znajdujące się na przeciwległych rogach. Źródło z przodu jest światłem powierzchniowym o ciepłej barwie, sile 550 W i stosunkowo dużym rozproszeniu. Natomiast białe światło oświetlające scenę od tyłu jest punktowe, mniej rozproszone i o natężeniu

Ryc. 1. Mapa poglądowa obszaru Wstecznej Delty Świny
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z OpenStreetMap.
Fig. 1. Illustrative map of the area of the Reverse Delta of the Świna river

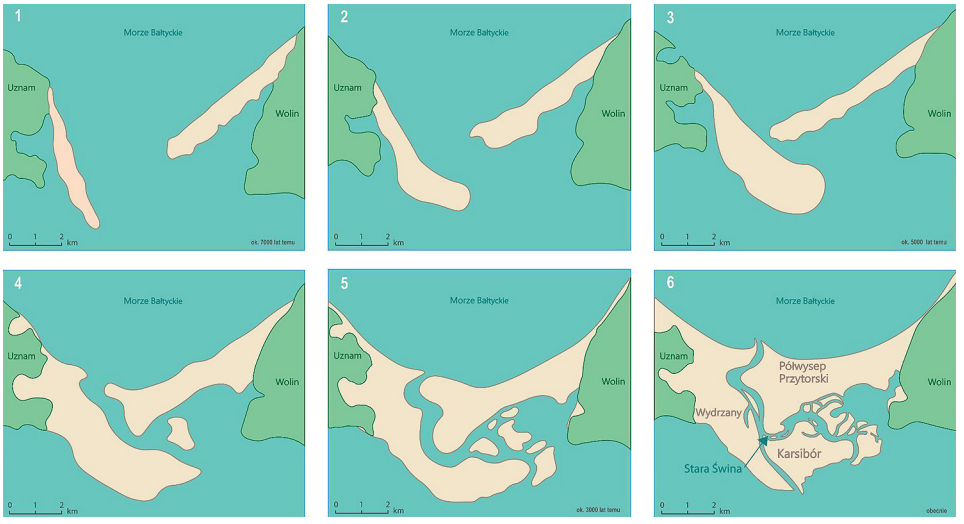
170 W. Kamera została wyniesiona ponad scenę i skierowana na deltę rzeki z południowego wschodu względem naturalnego położenia, ogniskowa obiektywu wynosiła 20 mm.

Animacja (ryc. 3)

Animację etapów powstawania Wstecznej Delty Świny wykonano dwuetapowo. Pierwszy etap polegał na stworzeniu sześciu schematycznych wizualizacji rozmieszczenia wysp podczas różnych okresów w obrębie Wstecznej Delty Świny na podstawie opracowań archiwalnych. Do przygotowania wizualizacji wykorzysta-



Ryc. 2. Wizualizacja 3D Wstecznej Delty Świny
Źródło: opracowanie własne na podstawie zgeneralizowanej mapy poglądowej.
Fig. 2. 3D visualization of the Reverse Delta of the Świna river



Ryc. 3. Sekwencja klatek zawartych w animacji 2D obszaru Wstecznej Delty Świny
Źródło: opracowanie własne (https://youtu.be/6YqxkfLDxtI) na podstawie ilustracji J. Plucińskiego
Fig. 3. Sequence of frames contained in 2D animation of the area of the Reverse Delta of the Świna river

no oprogramowanie Adobe Illustrator. Drugi etap polegał na połączeniu stworzonych materiałów i wykonaniu animacji. W tym celu zastosowano oprogramowanie Adobe Photoshop i funkcję osi czasu, umożliwiającą manipulację warstwami. Ze schematów wyodrębniono napisy: Wolin, Uznam i Morze Bałtyckie, by wyświetlały się one w czasie trwania całej animacji. Natomiast napisy reprezentujące okresy, w których trwały poszczególne etapy rozwoju Wstecznej Delty Świny,

wyświetlają się odpowiednio w trakcie wizualizacji sceny danej fazy ewolucji tej formy terenu. Czas widoczności każdej z warstw poszczególnych etapów trwa poniżej 2 sekund. Aby zachować płynność zmian obrazów, zastosowano rodzaj przejścia przy modyfikacji krycia danej warstwy w odpowiednim momencie. Przygotowana w ten sposób animacja trwa 10 sekund. Eksportu z programu Adobe Photoshop dokonano do formatu MP4.

Ortofotomapa (ryc. 4)

Do pozyskania ortofotomapy Wstecznej Delty Świny o wysokiej rozdzielczości wykorzystano wtyczkę GIS Support oprogramowania QGIS, która wykorzystuje

Ryc. 4. Ortofotomapa obszaru Wstecznej Delty Świny
Źródło: opracowanie własne na podstawie Geoportal Krajowy, GUGiK (www.geoportal.gov.pl).
Fig. 4. Orthophotomap of the Reverse Delta of the Świna river

dane przestrzenne z Geoportalu Krajowego (geoportal.gov.pl) zarządzanego przez GUGiK. Aktualność wygenerowanej ortofotomapy przypadała na marzec 2022 roku. Układ współrzędnych wykorzystany do projektu to PL-1992 o numerze EPSG:2180. Następnie w oprogramowaniu QGIS zaprojektowano układ wydruku, dodając podziałkę liniową. Przygotowaną ortofotomapę wyeksportowano w wysokiej jakości do formatu TIFF.

Analiza

Mapa poglądowa

Zaprezentowana dwuwymiarowa wizualizacja Wstecznej Delty Świny przedstawia lokalizację poszczególnych wysp, zbiorników wodnych oraz cieków współtworzących deltę. Fragment powierzchni Ziemi został w tym przypadku ukazany w widoku z góry na płaszczyźnie. Treść, styl i szczegółowość wizualizacji to efekt subiektywnego wyboru autora. Lądy na wizualizacji oznaczono barwą zieloną, wody natomiast barwą niebieską. Zastosowana kolorystyka jest zatem intuicyjna i nie wymaga korzystania z legendy. Treść została zgeneralizowana, wyróżniono praktycznie tylko obszary lądowe i wodne, które opisano etykietami. Kompozycja nie pozwala na rozpoznanie np. form pokrycia terenu, wyjątek stanowią zaznaczone deseniem łąki solniskowe, których dokładne granice są jednak trudne do wskazania. Podobna sytuacja występuje w przypadku obszarów zabudowanych, które oznaczono jedynie czarnym symbolem budynku. Ograniczenie treści w przypadku obiektów antropogenicznych, takich jak drogi czy miejscowości, może powodować problemy ze znalezieniem punktów odniesienia. Z drugiej strony, dzięki takiemu zabiegowi uwaga odbiorcy skupia się na budowie delty, która jest głównym celem opracowania. Na wizualizacji umieszczona została podziałka liniowa, która umożliwia wykonywanie przybliżonych pomiarów niezależnie od miejsca umieszczenia grafiki.

Wizualizacja 3D

Przygotowana wizualizacja 3D przedstawia deltę Świny w sposób schematyczny. Grafika wyróżnia się posiadaniem trzeciego wymiaru, którym jest wysokość. Wsteczna Delta Świny jest jednak obszarem stosunkowo płaskim. Aby zwiększyć efekt trzeciego wymiaru, zastosowano przewyższenie obszaru lądowego i „wyniesiono" go ponad wodę. Treść wizualizacji jest ograniczona do treści mapy, której użyto do wektoryzacji analizowanego obszaru. Dokładność wykorzystanego materiału bezpośrednio wpływa na szczegółowość wizualizacji 3D. Wizualizacja nie ma podziałki liniowej ani informacji o orientacji. Brak także etykiet czy punktów odniesienia, np. dróg, co może być powodem problemów z poprawną lokalizacją poszczególnych fragmentów terenu. Z drugiej jednak strony, uwaga odbiorcy może skupić się na budowie delty. Również w tym przypadku autorzy zastosowali intuicyjną kolorystykę, która jednoznacznie wskazuje obszary lądowe, przedsta-

wione na zielono, oraz wodne, reprezentowane przez barwę niebieską. Istotną zaletą wizualizacji 3D jest możliwość spojrzenia na deltę z dowolnej perspektywy. Oświetlenie delty Świny źródłami światła o różnych natężeniach oraz krótka ogniskowa kamery skutkująca szerokim kątem widzenia nadają głębi wyrenderowanej scenie 3D.

Animacja

Zaprezentowana animacja w schematyczny sposób pokazuje proces powstawania delty. Treść animacji jest ograniczona do lądów, obszarów wodnych oraz etykiet odnoszących się do wysp, obiektów wodnych oraz czasu występowania danej fazy rozwoju ukształtowania terenu. Obrazy nie zawierają strzałki północy. Do przedstawienia delty zastosowano barwę bladożółtą, która wskazuje na materiał, z jakiego powstała analizowana forma terenu (piasek). Obszary wodne oznaczono barwą niebieską, natomiast barwą zieloną obszary lądowe, które są starsze od delty. Kolorystyka jest intuicyjna i pozwala rozpoznać, które fragmenty wysp Wolin i Uznam znajdowały się na analizowanym terenie przed powstaniem delty. Na niektórych klatkach animacji ukazano daty, które informują, jak wyglądał wtedy obszar między wyspami Uznam i Wolin. Takie rozwiązanie pozwala umiejscowić dany obraz w czasie.

Ortofotomapa

W przygotowaniu tej formy graficznej skorzystano z ortofotomapy dostępnej na Geoportalu Krajowym (www.geoportal.gov.pl). Dla obszaru, na którym znajduje się Wsteczna Delta Świny, sporządzono ortofotomapę w wysokiej rozdzielczości (ok. 5 cm na piksel) – taka szczegółowość pozwala dość dokładnie analizować formy czy pokrycie terenu. Ortofotomapa umożliwia identyfikację nawet bardzo małych elementów terenu. Treść i szczegółowość mapy są niezależne od autorów, nie są także ograniczone przez proces wektoryzacji. Kolorystyka mapy nie jest subiektywna, wpływają na nią bowiem pokrycie terenu oraz warunki świetlne towarzyszące wykonaniu zdjęcia. W powyższym przypadku przelot wykonano w okresie wczesnowiosennym, co przekłada się na niewielką intensywność zieleni na obszarze delty. Dodatkowo autorzy zamieścili podziałkę liniową, która umożliwia wykonywanie pomiarów niezależnie od miejsca prezentacji grafiki.

Dyskusja

Na podstawie przeglądu zastosowanych technik wizualizacji obszaru Wstecznej Delty Świny zauważyć można różnorodność form prezentacji przestrzeni geograficznej za pomocą metod graficznych. Istotne jest jednak porównanie cech każdej z przedstawionych technik w kontekście opracowania tego właśnie obszaru – w tym celu wykonano zestawienie zalet i wad, a także podobieństw oraz różnic mapy poglądowej, wizualizacji 3D, animacji i ortofotomapy.

Mapę poglądową cechuje przede wszystkim prostota wykonania. Zaproponowany model wykonany został w sposób schematyczny, a jego treść poddano generalizacji tak, aby skupić uwagę odbiorcy na ukształtowaniu terenu delty. Zastosowana kolorystyka jest intuicyjna, wzbudza w odbiorcy konkretne skojarzenia. Barwa zielona wskazuje na obszary lądowe, natomiast niebieska odnosi się do powierzchni wody. Zabieg taki ma na celu ułatwienie odbioru wizualizacji i spowodowanie mniejszego obciążenia poznawczego jej użytkownika, który od początku kontaktu z mapą poglądową może przystąpić do analizy treści kartograficznej, bez potrzeby częstego korzystania z legendy mapy. Wyspy składające się na Wsteczną Deltę Świny zostały podpisane bezpośrednio na mapie poglądowej. Etykiety wykonano za pomocą czcionek, których część różni się od siebie wielkością, co może powodować problemy interpretacyjne. Duża dostępność programów do grafiki wektorowej w połączeniu z małym rozmiarem pliku wyjściowego, umożliwiającym jego pobieranie, przesyłanie, przechowywanie i odtwarzanie w wielu formatach, sprawia, że forma ta jest uniwersalna. Cecha ta uwypukla się szczególnie w porównaniu do metody wizualizacji za pomocą grafiki 3D, której produkty w pełni wykorzystać można jedynie przy użyciu specjalnego oprogramowania lub środowisk przeglądarkowych, umożliwiających nawigację w trójwymiarowej przestrzeni modelu.

W przeciwieństwie do ortofotomapy w wizualizacji tej trudność może sprawić zlokalizowanie konkretnego obszaru wskutek niedokładnego przedstawienia granic elementów antropogenicznych, np. terenów zabudowanych. Ponadto schematyczna mapa poglądowa nie pozwala na analizę pokrycia delty.

Wizualizacja 3D to jedyny spośród analizowanych rodzajów wizualizacji, w którym obraz opracowanego terenu zawarty został w trzech wymiarach. W większości przypadków zastosowania tej techniki dodatkowy wymiar pozwala przedstawić rzeźbę terenu w sposób szczególnie atrakcyjny dla odbiorcy, model obejrzeć można bowiem z każdej strony. Dodatkowo oprogramowania do grafiki 3D stwarzają możliwość zastosowania realistycznych tekstur, a także oświetlenia, pozwalając jeszcze dokładniej odtworzyć daną lokalizację.

Kluczowym atutem modeli 3D, zarówno schematycznych, jak i realistycznych, jest brak potrzeby skupiania uwagi odbiorcy na interpretacji oznaczeń ukształtowania powierzchni. Jest to istotne zwłaszcza w odniesieniu do wizualizacji terenu o dużym przewyższeniu oraz zróżnicowaniu wysokości, kiedy to czytanie poziomic może okazać się dla odbiorcy problematyczne. Wobec powyższego stwierdzenia nasuwa się wniosek, że najefektywniejsze wykorzystanie grafiki 3D będzie miało miejsce w przypadku wizualizacji terenu ukształtowanego w sposób różnorodny, czego nie można powiedzieć o Wstecznej Delcie Świny. Mimo przejrzystości, prostoty, a także atrakcyjności wynikającej z możliwości oglądania modelu delty z różnych stron, konieczność zastosowania w nim nadmiernego przewyższenia sprawia, że obraz wygląda nienaturalnie. Do przygotowania wizualizacji użyto zwektoryzowanej mapy poglądowej. Dlatego w wizualizacji tej brakuje również uszczegółowienia o obiekty antropogeniczne, które umożliwiłyby użytkownikowi orientację w terenie. Ponadto przydatne mogłoby okazać się skorzystanie z NMT (Numerycznego Modelu Terenu) lub NMPT (Numerycznego

Modelu Pokrycia Terenu) jako podkładu. Użycie takich danych pozwoliłoby na wierniejsze przedstawienie rzeźby terenu. Jednakże w przypadku delty dane z ogólnodostępnych numerycznych modeli terenu w niskiej rozdzielczości, np. 30 m, mogłyby okazać się niewystarczająco dokładne, aby oddać zmienność powierzchni tego stosunkowo płaskiego obszaru. Dla Wstecznej Delty Świny rozwiązaniem, lepiej oddającym ukształtowanie powierzchni, byłyby dane pochodzące ze skanowania laserowego. Jednakże zwiększyłoby to wymagania obliczeniowe komputera ze względu na dużą objętość danych ALS (Airborne Laser Scanning). Istotnym minusem wizualizacji 3D jest trudność jej publikacji w przeciwieństwie do ortofotomapy oraz mapy poglądowej, które można z łatwością umieścić w dowolnej przestrzeni, zarówno komputerowej, jak i analogowej (przykładem mogą być dowolne wydruki czy tablice turystyczne). Możliwe jest wykonanie renderu modelu 3D, dzięki czemu otrzymywany jest obraz rastrowy w danej perspektywie i oświetleniu. Rozwiązanie takie nie pozwala jednak na całkowite doświadczenie interaktywności tego sposobu prezentacji. Dodatkową wadą może być fakt, że ten rodzaj wizualizacji wymaga większych nakładów pracy, czasu oraz sprzętu niż w przypadku wykonania animacji, mapy poglądowej czy ortofotomapy.

W przypadku animacji 2D od razu wyróżnić można cechę szczególnie atrakcyjną dla odbiorcy – jest to możliwość przedstawienia zmienności obiektu w czasie, co pozwala na zrozumienie procesu powstawania danej formy terenu. Umieszczone na poszczególnych klatkach animacji daty pełnią funkcję zachęcenia odbiorcy do przemyśleń i refleksji o zmienności obszaru w przeszłości, pozwalają umiejscowić dany etap kształtowania się terenu w czasie, a także pomagają zobrazować dynamikę zjawiska.

W kontekście stylistycznym animacja 2D znacznie pokrywa się ze statyczną mapą poglądową. W obu przypadkach zastosowano intuicyjne kolory, jednakże animacja została wzbogacona o trzecią, bladożółtą barwę zastosowaną do zaznaczenia aluwiów nanoszonych przez wezbrania sztormowe. Podobnie jak w przypadku mapy przeglądowej treść jest schematyczna i zgeneralizowana, co pozwala skupić uwagę odbiorcy zwłaszcza na zmianach w powstawaniu wybranej formy terenu.

Niestety, tak jak w przypadku modelu trójwymiarowego, aby w pełni wykorzystać potencjał animacji, potrzebne jest odpowiednie urządzenie, dające możliwość odtworzenia filmu, co ogranicza ten rodzaj wizualizacji do przestrzeni cyfrowej. Częściowym rozwiązaniem tego problemu może być rozdzielenie poszczególnych klatek animacji i umiejscowienie ich po sobie, w formie sekwencji. Ponadto do przygotowania i zapisu animacji niezbędne jest wyposażenie w odpowiednie oprogramowanie oraz sprzęt komputerowy. Animacja mogłaby wiele zyskać, gdyby została wzbogacona o dodatkowe kadry, przedstawiające ostatnie etapy formowania się tego fragmentu Polski. Warto byłoby wskazać rozwój roślinności oraz zabudowań na obszarze delty. Ponadto można by wyróżnić 1880 rok, w którym ukończony został przekop (Kanał Piastowski), oddzielający Karsibór od wyspy Uznam. Niemniej jednak przedstawienie zmian zachodzących na terenie delty od początku jej formowania się zdecydowanie wyróżnia tę metodę wizualizacji od pozostałych poddanych analizie.

Ortofotomapa ukazuje najbardziej realistyczny obraz obszaru ze wszystkich przedstawionych metod prezentacji graficznych. Jest to rastrowy obraz powierzchni powstały z odpowiednio przetworzonego zdjęcia lotniczego lub satelitarnego. Obraz jest niezależny od autorów, cechuje się zatem największym obiektywizmem. Nie jest on ograniczony przez proces wektoryzacji, dzięki czemu przedstawia pokrycie terenu najbardziej szczegółowo. Za pomocą ortofotomapy można zidentyfikować nawet bardzo małe elementy, np. niewielkie cieki, co nie jest możliwe podczas korzystania z pozostałych form graficznych analizowanych w artykule, których treść została w pewnym stopniu zgeneralizowana.

Ortofotomapa zawiera dosyć szczegółowe informacje o obszarze, jednakże jeżeli celem autorów jest przedstawienie tylko podstawowej informacji o położeniu, kształcie czy wielkości elementów terenu, to mniej szczegółowe formy graficzne, np. mapa poglądowa, są dogodniejsze, ponieważ nie spowodują nadmiernego obciążenia poznawczego użytkownika. Zaletą ortofotomapy jest uniwersalność i łatwość jej przesyłania, importowania czy publikacji w materiałach cyfrowych oraz drukowanych. Uwidacznia się to szczególnie w porównaniu z animacją czy wizualizacją 3D, które w analizowanej formie nie mogą być zaprezentowane na innych nośnikach niż wyświetlacze. Zamieszczona przez autorów na ortofotomapie podziałka liniowa pozwala na wykonywanie przybliżonych pomiarów niezależnie od miejsca publikacji grafiki. Wadą tej formy graficznej może być natomiast fakt, że ortofotomapa z natury nie zawiera dodatkowej treści, np. nazw miejscowości. Mimo że z kartograficznego punktu widzenia taka ortofotomapa spełnia swoją rolę, to brak dodatkowej treści może powodować problemy z wyznaczeniem punktów odniesienia, czego nie doświadczamy w przypadku np. mapy poglądowej, która została wzbogacona m.in. o nazwy wysp.

Każda z analizowanych metod graficznych może być w pewien sposób unikalna ze względu na funkcję prezentacji. W terenie dla przekazania informacji przestrzennej najczęściej stosowane są mapy poglądowe, które ulokowane są w postaci tablic turystycznych w miejscach dużego natężenia ruchu turystycznego. Mają one na celu jak najprościej przedstawić treść kartograficzną istotną dla potrzeb przeciętnej osoby odwiedzającej dany region, przy jednoczesnym braku utraty jakości opracowania. W przypadku powyższej analizy można przypuszczać, że najdogodniejsza jest mapa poglądowa. Treść na niej zazwyczaj jest zgeneralizowana, jednak zachowane zostają najważniejsze elementy z punktu widzenia potrzeb przeciętnego turysty. W prezentacji delt rzecznych jest to położenie, obrys lądu, przebieg cieku czy etykiety najważniejszych elementów na mapie. Korzystna może się też okazać ortofotomapa, która umożliwia identyfikację konkretnych obiektów w terenie. Prezentacja interaktywnych modeli 3D oraz animacji jest możliwa tylko przy użyciu sprzętu elektronicznego, np. ekranów. Możliwość zastosowania takich urządzeń może być jednak ograniczona w związku z kosztami instalacji i utrzymania oraz ryzykiem zniszczenia (np. w wyniku oddziaływania niekorzystnych warunków atmosferycznych). W celach edukacyjnych najdogodniejszymi metodami są wizualizacje 3D (Carbonell-Carrera i in., 2017) oraz animacje. Jednakże w odniesieniu do dużej części delt rzecznych model 3D może okazać się nieprzydatną formą pomocy dydaktycznej ze względu na niewielką

deniwelację terenu. Choć trójwymiarowe obiekty, w szczególności interaktywne, przyciągają uwagę odbiorców, mogą wprowadzać w błąd. Do takiej prezentacji należy bowiem zastosować w programie graficznym przewyższenie terenu, co może źle wpłynąć na odbiór przestrzeni. Konieczne jest percepcyjne uwzględnienie użytego wskaźnika przewyższenia. Animacja może być szczególnie efektywna w przypadku analizowanej przez autorów formy terenu. Nieodłącznym elementem edukacji na temat delt rzecznych jest proces ich powstawania. Zastosowanie metody animacji do ukazania kolejnych etapów rozwoju delty rzecznej może być skuteczniejsze w procesie nauczania niż prezentacja zmian w formie mapy poglądowej. Można stwierdzić, że każda z przedstawionych w opracowaniu metod wizualizacji spełnia swoiste funkcje, które warunkują możliwości zastosowań i publikacji opracowań graficznych. Konieczne są dalsze prace nad doskonaleniem metod wizualizacji graficznej, pozwalające dostosować sposoby graficznej prezentacji treści do dynamicznie rozwijającej się technologii oraz zmieniających się potrzeb i preferencji odbiorców, będących częścią zróżnicowanego społeczeństwa.

Różnice w analizowanych metodach można zauważyć w źródłach danych niezbędnych do stworzenia konkretnej wizualizacji. W przypadku mapy poglądowej posłużono się ogólnodostępnymi danymi OSM (OpenStreetMap). Inną pomocą w projektowaniu mogą być źródła danych, np. BDOT10k czy mapy topograficzne. Wizualizacje 3D wykonano na podstawie zaprojektowanej wcześniej mapy poglądowej. Do pozyskania ortofotomapy wykorzystano dane z Geoportalu Krajowego zarządzanego przez GUGiK. Alternatywą może być np. wygenerowanie ortofotomapy na podstawie zdjęć pozyskanych z pomiaru fotogrametrycznego. Do stworzenia animacji wykorzystywano natomiast ryciny z archiwalnych opracowań. Mimo różnorodności pochodzenia danych zaletą dla wszystkich wymienionych metod był fakt, że pozyskano je w sposób darmowy ze zweryfikowanych źródeł. Nieodpłatny dostęp do danych udostępnianych np. przez organy państwowe czy bazy danych typu open-source umożliwia swobodę w tworzeniu projektów graficznych, dając gwarancję autentyczności i poprawności danych przy jednoczesnym braku kosztów zakupu licencji.

Niniejsze badanie jest autorską analizą jakościową różnych metod wizualizacji przestrzeni geograficznej z punktu widzenia pracy grafika. Porównano cztery metody graficzne prezentacji obszaru ze względu na określone parametry (tab. 1). Powyższe rozważania otwierają potencjał badawczy w kontekście ankietyzacji respondentów, np. w formie ankiety internetowej czy ankiety bezpośredniej przeprowadzonej w lokalizacji różnych atrakcji turystycznych. Dzięki temu możliwe będzie poznanie odpowiedzi w zakresie oceny postrzegania i użyteczności omawianych produktów graficznych. Ciekawym badaniem mogłoby być zestawienie subiektywnych odpowiedzi respondentów na temat każdej formy wizualizacji i porównanie ich do najczęściej używanego przez nich nośnika. Można przypuszczać, że użytkownicy map analogowych za najbardziej użyteczne uznaliby formy mapy poglądowej i ortofotomapy, zaś osoby korzystające z urządzeń mobilnych mogą lepiej oceniać wizualizację 3D i animację, których implementacja jest możliwa na takie nośniki.

Tabela 1. Porównanie i ocena przydatności analizowanych metod graficznych do prezentacji obszaru delt rzecznych na przykładzie Wstecznej Delty Świny
Table 1. Comparison and assessment of the usefulness of analyzed graphical methods for the presentation of river deltas on the example of the Reverse Delta of the Świna river

Kryterium oceny	Mapa poglądowa	Wizualizacja 3D	Animacja	Ortofotomapa
Łatwość i szybkość wykonania	TAK	NIE	NIE	TAK
Konieczność posiadania dużej mocy obliczeniowej komputera	NIE	TAK	TAK	NIE
Łatwość udostępnienia poza środowiskiem cyfrowym	TAK	NIE	NIE	TAK
Duży rozmiar pliku wynikowego	NIE	NIE	NIE	TAK
Intuicyjność	TAK	TAK	TAK	NIE
Duża szczegółowość treści	NIE	NIE	NIE	TAK
Możliwość spojrzenia z dowolnej perspektywy	NIE	TAK	NIE	NIE
Prezentacja zmian w czasie	NIE	NIE	TAK	NIE
Etykiety	TAK	NIE	TAK	NIE
Subiektywny dobór treści	TAK	TAK	TAK	NIE
Interaktywność	NIE	TAK	TAK	NIE
Ocena liczbowa (suma punktów definiowanych jako: TAK – 1 pkt, NIE – 0 pkt)	5/11	5/11	6/11	4/11

Wnioski

W pracy przedstawiono graficzne metody prezentacji obszaru delty rzecznej na przykładzie Wstecznej Delty Świny. Przeanalizowano zalety oraz wady, które podsumowano, dokonując oceny liczbowej dla mapy poglądowej, wizualizacji 3D, animacji 2D, a także ortofotomapy (tab. 1). Pochylono się również nad podobieństwami i różnicami między wybranymi metodami. Przygotowanie każdego rodzaju grafiki wymaga wiedzy, dostępu do odpowiedniego sprzętu komputerowego oraz umiejętności obsługi stosownego oprogramowania.

Do wykonania mapy poglądowej niezbędna jest przede wszystkim wiedza na temat wektoryzacji, znajomość metod prezentacji kartograficznej oraz zasad projektowania map. Wykonanie tego rodzaju wizualizacji jest ułatwione poprzez dostępność darmowych programów umożliwiających dokonanie wektoryzacji, np. Inkscape. W przypadku animacji, która do grafiki dodaje wymiar czasu, prezentując poszczególne etapy powstawania delty rzecznej, potrzebna jest dodatkowa wiedza i umiejętności. Niezbędne jest wykorzystanie dodatkowych narzędzi graficznych umożliwiających tworzenie tego typu dynamicznych wizualizacji oraz znajomość obsługi specjalistycznych funkcji oprogramowania graficznego (np. osi czasu). Z kolei do stworzenia wizualizacji 3D konieczna jest umiejętność obsługi oprogramowania do modelowania 3D (np. Blender). Zazwyczaj przygotowanie

modelu 3D jest bardziej złożone i czasochłonne niż stworzenie grafik z wykorzystaniem pozostałych analizowanych metod. Ponadto do sporządzenia wizualizacji 3D potrzebny jest komputer zapewniający wysoką wydajność w złożonych obliczeniach graficznych, charakterystycznych zwłaszcza dla grafiki 3D o złożonej geometrii obiektów. Niemniej podobnie wysoka złożoność obliczeń graficznych bywa domeną wizualizacji i analiz GIS w 2D, zarówno w modelu grafiki rastrowej, jak i wektorowej – w przypadku modelowania rozległych obszarów, przy wysokiej rozdzielczości i szczegółowości danych (Buckley, 1990; Piniarski, 2023).

Szczególną cechą metody wizualizacji 3D jest model zapewniający spojrzenie na prezentowany obszar z dowolnej perspektywy, a nawet pozwalający odbiorcy wejść z nim w interakcję. Do przygotowania i skutecznego wykorzystania ortofotomapy istotna jest wiedza na temat parametrów jej opracowania (takich jak np. rozdzielczość, głębia kolorów rastra itp.), które są kluczowe dla uzyskania pożądanego efektu wizualizacji. Kolejnym wyróżnikiem ortofotomapy na tle pozostałych trzech analizowanych metod prezentacji jest jej potencjalnie wysoka szczegółowość oraz wierność odwzorowania kartowanego obszaru, które to (zakładając wysokie parametry rastra) pozwalają na niezwykle dokładne analizy przestrzenne przedstawianego obszaru.

Wszystkie metody prezentacji mają swoiste wady i zalety, wykazane w powyższych akapitach. Wybór odpowiednich metod zależy zatem od przeznaczenia i docelowego miejsca prezentacji danej grafiki. Dla przykładu w animacji oraz wizualizacji 3D jednym z atutów może być ich interaktywność. Natomiast jeśli dana grafika przeznaczona jest na przykład do ekspozycji na ścieżkach przyrodniczych, to jej interaktywność może okazać się wadą ze względu na konieczność zastosowania urządzeń elektronicznych, bez których prawidłowe zaprezentowanie grafiki nie jest możliwe. Zasadniczo w każdej z analizowanych metod wizualizacji istnieje problem generalizacji treści mapy, która zawsze stanowi jedynie uproszczony model rzeczywistości. Najwięcej treści i wysoką obiektywność, m.in. ze względu na brak potrzeby klasyfikowania elementów, obiektów i zjawisk ukazywanych na mapie (podejście eksperckie), zapewnia ortofotomapa. Stanowi ona proste zobrazowanie powierzchni ziemi, uzyskane w wyniku nalotu fotogrametrycznego, z serii połączonych zdjęć lotniczych.

Przedstawione metody graficzne mają indywidualny charakter, każdą z nich wyróżniają unikatowe cechy oraz możliwości zastosowania. W przykładowej sytuacji nieodpowiedniego doboru nośnika prezentacji jej atut może zostać uznany za cechę negatywną, np. jak w opisanym przypadku wizualizacji 3D na ścieżkach przyrodniczych, które wymagałyby zastosowania dodatkowych urządzeń elektronicznych. Zasadniczo to drukowana mapa poglądowa lepiej sprawdzi się w przypadku statycznych tablic informacyjnych. Jeśli natomiast grafika docelowo ma być umieszczona np. na stronie internetowej, warto rozważyć opracowanie wizualizacji 3D lub animacji, w tym interaktywnej, które mogą być bardziej atrakcyjne wizualnie i w większym stopniu angażować odbiorcę. Animacja 2D najlepiej sprawdziła się dla wizualizacji morfogenezy badanego obszaru, a wizualizacja 3D dla przedstawienia jego cech morfometrycznych (rzeźby terenu), ortofotomapę wykorzystano do przedstawienia aktualnego pokrycia i użytkowania terenu.

W wyniku przeprowadzonej oceny (por. tab. 1) stwierdzono, że animacja zdobyła najwięcej punktów, podczas gdy ortofotomapa najmniej. Sumy punktów dla ocenianych metod są stosunkowo zbliżone, oscylując między 4 a 6 na 11 możliwych do zdobycia. Wybór metody wizualizacji zależy od wielu czynników i nie jest jednoznaczny. Twórca powinien uwzględnić cel opracowania, nośnik, miejsce i formę prezentacji grafiki oraz specyficzne cechy docelowej grupy odbiorców. Aspekty te będą miały istotny wpływ na atrakcyjność i efektywność stworzonej wizualizacji.

Możliwość zastosowania szerokiego spektrum metod graficznej prezentacji Wstecznej Delty Świny podkreśla jej złożoną charakterystykę przyrodniczą. Ponadto uwydatnia to wiele aspektów kluczowych dla efektywnego i atrakcyjnego zobrazowania delty rzecznej, oddziałujących na percepcję odbioru danej wizualizacji.

Literatura

Borzykowski J., Grzegorczyk I., Walczak M., 2021, Uznam i Wolin (313.21), [w:] A. Richling,

J. Solon, A. Macias, J. Balon, J. Borzyszkowski, M. Kistowski (red.), Regionalna geografia fizyczna Polski, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, s. 74–75.

Buckley D.J., 1990, The GIS Primer: An Introduction to Geographical Information Systems. Forestry Canada.

Carbonell-Carrera C., Saorin J.L., Melian D., De la Torre Cantero J., 2017, Kreatywna strategia nauczania i uczenia się 3D w edukacji inżynierskiej geodezyjnej, Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13(11): 7489–7502.

Chądzyńska D., Gotlib D., 2015, Mapy w grach komputerowych – spektrum zastosowań, Polski Przegląd Kartograficzny, 47(3): 235–244.

Cybulski P., 2014, Prezentacja dynamiki stężenia fosforu całkowitego w jeziorach reperowych w Polsce w latach 2000–2008 za pomocą sygnatur animowanych, Badania Fizjograficzne, A, 65, https://doi.org/10.14746/bfg.2014.5.7

Dąbrowski W., Doskocz A., 2006, Kompleksowa ocena dokładności wielkoskalowych opracowań cyfrowych miasta Zielona Góra, Roczniki Geomatyki, 4(3).

Dmochowska-Dudek K., 2016, Fotogrametria bliskiego zasięgu – nowe możliwości dla badań w geografii osadnictwa, Podstawowe Idee i Koncepcje w Geografii, 9, https://doi.org/10.18778

Gotlib D., Kukułka M., 2011, Metodyczne wspomaganie opracowywania geokompozycji w internetowych serwisach map i geoportalach, Polski Przegląd Kartograficzny, 43(2).

Halik Ł., Wielebski Ł., 2023, Usefulness of Plane-Based Augmented Geovisualization – Case of "The Crown of Polish Mountains 3D", ISPRS Int. J. Geo-Inf., 12(2): 38, https://doi.org/10.3390/ijgi12020038

Koláčný A., 1969, Cartographic Information – a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography, The Cartographic Journal, 6(1): 47–49, https://doi.org/10.1179/caj.1969.6.1.47

Kolecka N., 2008, Integracja GIS i wirtualnej rzeczywistości do wizualizacji i eksploracji danych geograficznych, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 18.

Kondracki J., 2000, Geografia regionalna Polski, wyd. 2 popr., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Kuna J., Rzuciło A., 2015, Jak zobaczyć informację, czyli różnorodne funkcje mapy w procesie wymiany informacji, Folia Bibliologica, 57, https://doi.org/10.17951/fb.2015.57.87
Kuźnicki W., 2019, Prawdziwa ortofotomapa, Geotechnologie, 7(290).
Kwoczyńska B., 2011, Zastosowanie ortofotomapy i Numerycznego Modelu Terenu do przedstawiania zmian w sposobie zagospodarowania terenów rolnych, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3: 105–114.
Medyńska-Gulij B., 2015, Kartografia – zasady i zastosowania geowizualizacji, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Medyńska-Gulij B., 2021, Kartografia i geomedia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Montusiewicz J., 2012, Zastosowanie dwuwymiarowej grafiki wektorowej i fraktalnej w projektowaniu, Postępy Nauki i Techniki, 13.
Osadczuk A., 2007, Geofizyczne metody badań osadów dennych, Studia Limnologica et Telmatologica, 1(1).
Pankau F., 2013, Delta Wisły jako obszar problemowy rozwoju i zagospodarowania przestrzennego woj. pomorskiego, PAN.
Peterson M., 2007, Mapy i Internet: pogłębienie się kontrastów w rozwoju, Polski Przegląd Kartograficzny, 39(4).
Piech I., Drożdz B., 2010, Obrazy satelitarne jako źródło informacji o krajobrazie, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3.
Piniarski W., 2023, Challenges of a GIS-based physical-geographical regionalization of Poland,
Environmental Monitoring and Assessment, 195(9), 1125, https://doi.org/10.1007/s10661-023-11734-4
Plit J., 2010, Naturalne i antropogeniczne przemiany krajobrazów delty Wisły, PAN.
Preuss R., Dygaszewicz J., 2006, Ortofotomapa w sieci – projekt Geoportal, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 16.
Pyka K., 2009, Jak ocenić jakość fotometryczną ortofotomapy?, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 19.
Ratajski L., 1970, Polski Przegląd Kartograficzny, 2(3): 97–110.
Sągin P., 1999, Cenne składniki szaty roślinnej Karsiborskiej Kępy [wsteczna delta Świny] i problemy ich ochrony, Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura, 75: 283–286.
Smaczyński M., 2017, Porównanie procesu kartowania elementów środowiska przyrodniczego z wykorzystaniem technologii GPS i UAV, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, A, 68: 159–172, https://doi.org/10.14746/bfg.2017.8.12
Tracz M., 2015, Technologie informacyjno-komunikacyjne w nauczaniu i uczeniu się w geografii – możliwości i wyzwania, Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, 4.
Wielebski Ł., Medyńska-Gulij B., Lis M., 2012, Visualization of measurable and visual relief features on the basis of a numerical land model of The Wielkopolski National Park (in Polish), Badania Fizjograficzne, 63: 187–208.
Wolder M., Zych A., 2006, Dotychczasowy stan poznania biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) z terenu wysp Wolin i Uznam, Wiad. Entomol., 25(1).
Żurek-Pysz U., 2015, Fascynujące ostoje dzikiej przyrody – Natura 2000 (Zachodniopomorskie), Wszechświat, 116: 4–6.

Źródła internetowe:

https://www.geoportal.gov.pl/pl/dane/ortofotomapa-orto/ (GUGiK)
https://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/widok/viewnatura2000.jsf?fop=PL.ZIPOP.1393.N2K.PLB320002.B (GDOŚ)

Assessment of selected graphic presentation methods for river delta areas: the case of the Reverse Delta of the Świna river

Abstract: This article compares four selected methods of graphical presentation of a river delta area, exemplified by the Reverse Delta of the Świna. The authors have prepared a conceptual map, 3D visualization, animation, and an orthophotomap of this area. These techniques were analyzed for their visual and thematic presentation capabilities. The complex nature of the river delta, including the natural richness of the studied area, significantly influences the multitude of visualization possibilities. It was also found that the benefits of using each method depend on the purpose of the study, the intended medium, and the audience. The article emphasizes that the choice of an appropriate visualization method should be dictated by its unique characteristics, which influence aspects such as accessibility, file size, intuitiveness of use, and the level of detail in the presentation.

Keywords: Reverse Delta of the Świna, graphic methods, visualization, presentation methods, natural environment

Sekcja Kartografii i Geomatyki
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Jakub Woźniak, Tymoteusz Horbiński

Comparing fixations heatmaps of gamers and non-gamers during video game map-based tasks

Abstract: The article analyzes and evaluates the usefulness of heatmaps in research on maps in video games in the context of comparing groups of subjects who differ, for example, in their knowledge or experience of a given mapping product. Fixations heatmaps are maps that show the intensity of fixation locations using colors. Intuitively, warm colors indicate high intensity of the number of fixations in a specific area. The colder the color, the lower the intensity, and the absence of color means not looking in a specific area. Heatmaps of the number of fixations generated after conducting a study of the game world map from The Witcher 3: Wild Hunt video game was used as an example. The study compared gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. Two research questions were asked about what similarities and differences between the groups of respondents can be determined from the heatmaps and what are the advantages and disadvantages of using heatmaps in research on maps in video games.

Keywords: heatmaps, cartography in video games, eye-tracking, comparative analysis

Introduction

For centuries, maps have been the basic form of representation of a particular geographical space. Over time and with the development of Earth Sciences, the demand for cartographic products as a tool and as a form of presentation for research results increased. This gave impulses to the development of cartography

as a science (Głażewski et al., 2015), which is why the concept of the map is widely understood today. The map is a fundamental element in the transmission of spatial information between the creator and the viewer (Koláčný, 1969; Ratajski, 1970). The cartographer's task is to reach the right group of recipients who expect the representation of a certain thematic scope. In this way, the scope of map design and study is ubiquitous in scientific and cultural fields such as geography (van Elzakker, 2004), geology (Smith, Ellison, 1999), tourism (Forrest, Castner, 1985; Medyńska-Gulij, 2008), transportation (Lorek, Horbiński, 2020) or statistics (Jenks, 1963; MacEachren et al., 1998; Nusrat et al., 2017).

Due to the growing number of video game gamers (Global Games Market Report, Newzoo, 2023), the gaming environment is becoming an increasingly popular field of study for cartographers (Toups et al., 2019; Dormann et al., 2023). Most game productions contain some kind of cartographic product (Chądzyńska, Gotlib, 2015), so video players should be treated as users of maps, especially in a performative sense. The most popular cartographic product in video games is game world map. The game world map shows the area in which the gamer can move. The scientific and research potential in the field of cartography in video games includes e.g. the study of map symbolism (Horbiński, Zagata, 2021, 2022; Woźniak et al., 2023), navigational elements (Zagata, Medyńska, 2023) or game space (Gagnon, 1985; Wolf, 2011).

In order to present spatial phenomena and analyse maps, it is necessary to select appropriate methods of cartographic presentation. The basic form of conveying spatial information are points, lines and polygons. Their differentiation is expressed through the use of graphic variables (Halik, 2014). With their help, the creator of the map can present qualitative and quantitative data (Wielebski, Medyńska-Gulij, 2023). Graphic variables were defined by Bertin (1967). In addition to location, he distinguished: shape, orientation and color, which represent qualitative data, and size, color brightness and graininess, which represent quantitative data. In the course of the development of cartography, pattern (Ratajski, 1973), saturation (Morrison, 1974), sharpness and transparency (MacEachren, 1995) were also distinguished.

One of the methods used to determine nominal features is the chorochromatic map. Chorochromatic maps are most commonly used for land use representation (Smaczyński et al., 2020). Another method is range method. The advantage of the range method is the possibility of overlapping the areas of certain phenomena. The use of variable transparency plays an important role here. Methods of presenting quantitative data include e.g. the choropleth map, dasymetric map, isoline method, dot method or heatmaps.

Heatmaps are a two-dimensional graphical representation of data that presents the magnitude or intensity of a particular phenomenon at a particular location on a map. The advantage of heatmaps is that they are understandable and readable for non-cartographers (Netek et al., 2018) and require little mental effort to read (Bojko, 2009). The color scale is also intuitive. The warmer the color, the greater the magnitude or intensity of the phenomenon. This solution is evident in weather and meteorological maps (Epitropou et al., 2014; Shin et al.,

2019). For example, high temperatures are represented by red, orange or yellow, while lower temperatures are represented by green and blue. The usefulness of heatmaps has also proven itself in other branches of cartography, e.g. in web maps (Babicki et al., 2016), the presentation of pedestrian traffic density (Smaczyński et al., 2020) or analysis of map perception by users using eye-tracking (Cybulski et al., 2023). The disadvantage of heatmaps may be the incompleteness of conveying knowledge about a particular phenomenon (Bojko, 2009).

The eye-tracking method is based on scanning the eye movements of the examined person when they perform a specific task. It is an increasingly popular technology in cartographic research. It is considered to be one of the most accurate and objective research methods for analysing users' map reading skills (Brychtova et al., 2012; Vondrakova, Popelka, 2014). Eye-tracking studies in cartography have been used in studies on the efficiency of e.g. animated maps (Cybulski, 2021), 3D geovisualization (Herman et al., 2017), web maps (Dong et al., 2014) or mobile map applications (Cybulski et al., 2023; Rymarkiewicz et al., 2024). The methodology of eye-tracking research often involves dividing respondents into two or more groups (Horbiński, Zagata, 2023). Such a procedure makes it possible to compare different groups of respondents later on. One of the ways to divide the respondents is based on the distinction of groups: experts, i.e. people who have knowledge in a given subject area or have experience in using the product being researched, and novices, who have never or only had minimal contact with the research subject (Ooms et al., 2012, 2013). The second possibility is to divide the respondents according to differences in the rules of the study or differences in the presentation of the content. For example, in a study by Liao et al. (2020), one group of respondents had the task of using 2D maps as a navigation tool, while the other group of respondents had to use a 3D map as a navigation tool.

Nowadays eye-tracking softwares, e.g. Tobii Studio or Gazepoint Analysis, allow generate heatmaps. It is possible to generate different types of heatmaps showing, for example, the number and duration of fixations (the number or duration of fixed visual gazes on a given point), the length of saccades (a representation of the trajectory of eye movements) (Dong et al., 2014; Kübler et al., 2016), the total duration of the gaze or the relative duration of the gaze.

Bojko (2009) focused on analysing the use of heatmaps in eye-tracking research. Mistakes in the use of heatmaps were pointed out. The basic mistake is to base the entire analysis and draw conclusions only on heatmaps. It has been noted that the attractiveness and obvious nature of heatmaps leads the user to be unaware that different information is required to fully understand what is visualised on the heatmaps. Bojko (2009) also suggests guidelines for heatmap design, such as creating heatmaps only when they add value, using heatmaps for visualisation rather than data analysis, and using heatmaps to support quantitative analysis. Cybulski et al. (2023) used heatmaps to graphically represent the distribution of visual attention based on the number of fixations on three maps with different graphical user interfaces (GUIs). The treatment helped to determine the visual similarities and differences between the three products. However, the

entire research procedure was based on quantitative analyses, thanks to which specific conclusions could be drawn and heatmaps were used as a visual addition. Dong et al. (2014), justify the use of qualitative analysis techniques, including heatmaps, because they facilitate the interpretation of quantitative and statistical analyses. The aim of their study was to explore the potential benefits of applying image enhancements common in remote sensing to web maps that employ imagery as the basemap. Fixation heatmaps and saccade heatmaps were generated to support the quantitative analysis. They provided a better overview of the participants' visual search strategies. Visual interpretation of fixations and saccades alone provide initial evidence that the enhanced image improved identification of the AOIs (Areas of Interest).

Considering the possibility of freely generation of heatmaps in eye-tracking softwares and their frequent use in scientific research, it was decided to answer the following research questions:

– What similarities and differences between the groups of respondents can be determined from the heatmaps using the example of gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt?
– What are the advantages and disadvantages of using heatmaps in research on maps in video games?

The authors point out that the article presents the differences of beetwen gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt solely based on the generated heatmaps and only in the context of one selected question included in the entire study. Further analysis to fully define the differences beetwen gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt in the context of game world maps and

Fig. 1. Game world map of The Witcher 3: Wild Hunt
Source: The Witcher 3: Wild Hunt game.
Ryc. 1. Mapa świata gry Wiedźmin 3: Dziki Gon

gameplay space based on statistical analysis will be included in the authors' future research. In the present study, the focus is on analysing the issue of fixations heatmaps as a tool for comparing gamers and non-gamers during video game map-based tasks on the example of The Witcher 3: Wild Hunt.

Materials and Methods

The Witcher 3: Wild Hunt game and game world map

The Witcher 3: Wild Hunt is a popular open-world role-playing game (RPG). The game is based on the novel by Polish writer Andrzej Sapkowski. The game world is inspired by the Middle Ages and contains motifs from Slavic and Nordic mythology and culture (Gawroński, Bajorek, 2020). The basic form of representation of the area in which the player moves is a world map. The world map was divided into areas of the game world: Velen and Novigrad, Skellige Isles, White Orchad, Kaer Mohren, Toussaint. Regardless of the area chosen, each map has the same cartographic presentation methods. The main element of the cartographic content of the map are point symbols, whose geometry is characterized by a high degree of abstraction (Woźniak et al., 2023). The colors that point symbols assume are: green for stash objects, quick travel markers and custom markers, yellow for mission markers, black for location marker and white for all others. The cartographic background is a chorochromatic map with water in blue, forests and land in shades of green and buildings (villages and cities) in red. In addition, the world map has an interface consisting of the following elements: map legend, locator map, map title, game-relevant information (e.g. current level, currently selected mission, money supply, weight of equipment, description of objects when interacting with it) and keyboard aids. When using a keyboard and a computer mouse during gameplay, you can control the mouse cursor on the game world map or similarly with a pad on game consoles. It is possible interact with by selecting a point symbol and displaying a note with information about it. For this analysis, the part of the game world map that is located in the area of the land of Velen (Fig. 1) and can be seen in movie 1 (https://youtu.be/0so363o021I) was used. During the movie, the game world map opening time lasted: 8 seconds for first view of game world map, 11 seconds for second view of game world map, 4 seconds for third view of game world map. In the first view of game world map the average number of fixations were: 24,8 for gamers of The Witcher 3: Wild Hunt and 25,1 for non-gamers. In second view of game world map 32,4 for gamers and 31,8 for non-gamers. In third view of game world map 16,8 for gamers and 17,4 for non-gamers.

Eye-tracking study

40 people took part in the eye-tracking study, including 27 men and 13 women. Based on the question: *Do you play/ed The Witcher 3: Wild Hunt?*, asked in the

demographic data filling section 21 of the respondents claimed to be gamers of The Witcher 3: Wild Hunt and 19 were non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. Each respondent consented to participate in the study and did not express any contraindications to participating in the study. The study did not have to be additionally approved by an ethics committee. All responses were anonymous.

The study procedure began with the completion of a questionnaire in which demographic data and data on the respondents' experience of playing video games were collected. Before watching the videos, respondents were informed who the main character in the game was and that after each video a question would be asked about the elements that appear in the movie. It was emphasized that the answers to the questions could be searched for both in the gameplay elements and on the game world map that was displayed from time to time. Respondents watched the films freely. Only after watching the movies was the question asked. 6 gameplay movies were played in which the game world map was opened in a specific time periods. The first movie was an introductory movie and served to familiarise the respondent with the research procedure. The next 5 movies formed the main part of the study. After each video, the respondent had to answer a question about the game world map or the game space. The respondent's eye movements were recorded throughout the test. Eye tracker Tobii X2-60 was used. Calibration was performed using the 9-point method. The tasks were displayed on an LG Falatron E2260T-PN monitor (diagonal screen 21.5", resolution 1920 × 1080).

Generating heatmaps

Heatmaps of fixation counts were generated for each view of the game world map in each movie (which constituted the main part of the study). Tobii Studio 3.4 software was used for this. The Tobii Studio software generates fixation heatmaps for the areas of the image that participants looked at most often using the color red and for the areas that they looked at least often using the color green. Areas receiving no fixations are not symbolized. In all movies, except no. 2, the game world map was shown three times during the movie. In movie 2, the game world map was opened twice. Generated separate heatmaps for gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. This enables a comparison between the two groups of respondents. For the purposes of this article, it was decided to analyze six heatmaps (three for gamers, three for non-gamers) that were generated for movie 1. It was decided that the analysis based on movie 1 would be most effective. At this stage of the study, respondents had already completed the introductory film, so they were already familiar with the study procedure, and the degree of familiarity between the groups about maps was the most diverse. With each subsequent movie, there was a greater risk of learning effect, which could blur the differences between the study groups.

Heatmaps analysis

First view of game world map (Fig. 2)

The first group of respondents were experts. In the case of this study, they were gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. In the first view of game world map, it was noticed the greatest visual attention in the central part of the screen. This is the area, where was the area around the main character's current location and where the computer's mouse cursor moves. The gamers' attention is also drawn to towns, especially smaller towns where point symbols are located. The city on the left side of the screen was seen by this group, but there were not as many fixations as in the case of smaller towns with point symbols. For the interface elements, at least one fixation was registered on each interface element.

The second group of respondents are novices. In the case of this study, these were non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. The greatest focus of visual attention was concentrated on the central part of the screen, where was the area around the main character's current location and where the movement of the mouse cursor took place. Smaller towns were only noticed to a minimal extent. On the other hand, the city on the left was clearly perceived, in the form of scattered but numerous fixations in its area. The interface element that caught the significant attention of this group was the locator map. In the form of single fixations, the description displayed at the bottom of the screen after interacting with the object and the title of the map were noticed. Some elements of the interface were not perceived by any of the respondents, e.g. money supply, weight of the equipment.

In the first view of the game world map, there is a noticeable tendency to follow the central part of the screen where the area around the main character's current location and where the computer mouse cursor was moved. The number of fixations was noticeable in the city on the left side of the screen, especially for non-gamers. However, no specific point in this area attracted particular visual attention. The spatial range of the map scan is larger for gamers. Gamers were more likely to notice elements outside the action area of the game and the area where the cursor was used. They definitely paid more attention to smaller towns. Interesting case is the city in the top right corner of the screen. It was spotted several times by a group of gamers, but no non-gamer noticed it. Non-gamers were more likely to pay attention to the locator map in relation to the attention of gamers. Both groups of respondents paid minimal attention to the map legend.

Second view of game world map (Fig. 3)

In the second view of game world map in the case of gamers, the greatest visual attention was again paid: to the area around the main character's current location, to the direction in which the main character of the game plot was looking during the movie, and to where the computer's mouse cursor is moved. Similarly, to the first view of the game world map, attention was drawn to the description

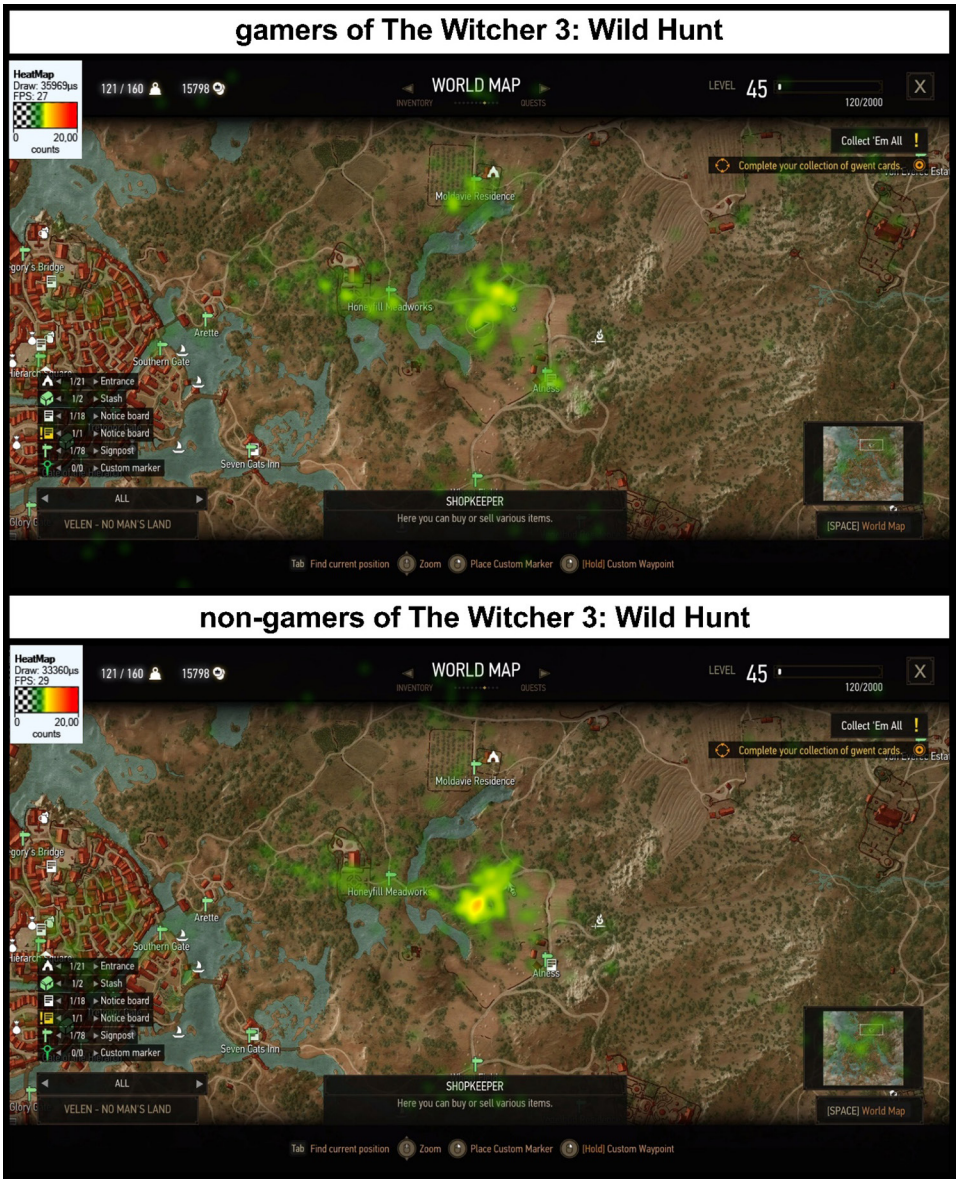


Fig. 2. Comparison of heatmaps in the first view of the game world map
Source: author's own elaboration base on Tobii Studio.
Ryc. 2. Porównanie heatmaps w pierwszym widoku mapy świata gry

at the bottom of the screen that appears when interacting with a particular point symbol. The number of fixations for locator map has decreased. The number of fixations on the top bar of the user interface increased slightly. Again, the focus on the map legend was minimal.

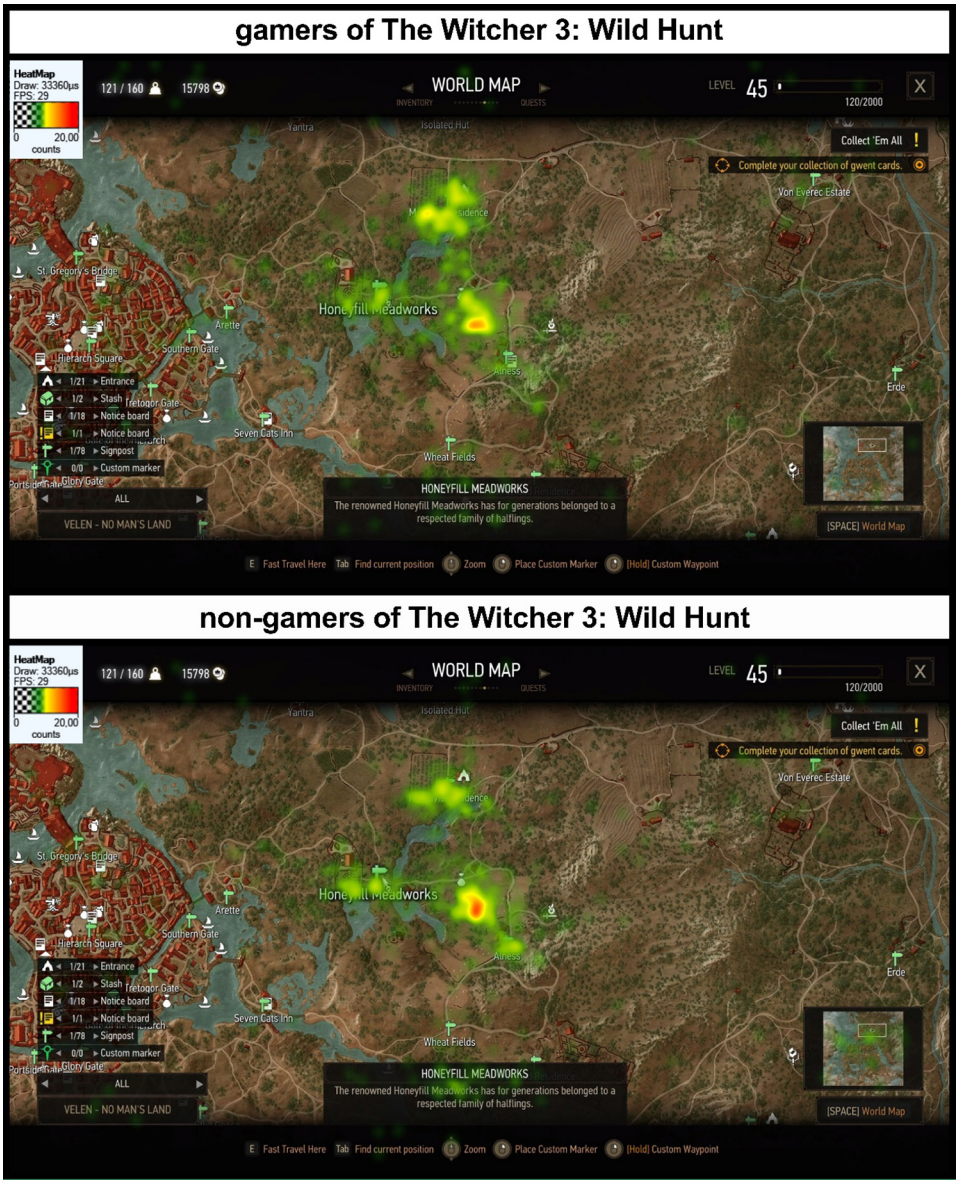


Fig. 3. Comparison of heatmaps in the second view of the game world map
Source: author's own elaboration base on Tobii Studio.
Ryc. 3. Porównanie heatmaps w drugim widoku mapy świata gry

For non-gamers, visual attention was focused: to the area around the main character's current location, to the direction in which the main character of the game plot was looking during the movie, and to where the computer's mouse cursor is moved. The number of fixations on the left side of the city has decreased.

The spatial range of the map scan has increased. As with the first view of game world map, there is a noticeable absorption of visual attention on the map locator. In addition, the intensity of fixation is noted on the description at the bottom of the screen when displayed when interacting with a particular point symbol. Again, little attention was paid to the map legend.

The similarity between the two groups is evident in the case of the most frequent fixation points. This is the area around the main character's current location, the direction in which the main character of the game plot looked during the movie, and the places where the computer mouse is moved. For non-gamers, visual attention to the city on the left decreased, while gamers continued to look at the city with the same intensity. Non-gamers paid more attention to the description displayed when interacting with the point symbol and on the map locator. Neither group of respondents paid any visual attention to the map legend.

Third view of game world map (Fig. 4)

In the third view of game world map, gamers focused their attention on the area around the main character's current location. A large number of fixations occurred on the right side of the screen, but the focus was not on a specific point. Other eyes were directed to point symbols located in smaller towns. Almost no attention was paid to the city on the left side of the screen. None of the players looked at the map legend.

The non-gamer focused their visual attention on the area around the main character's current main position. The intensity of the gazes on the map locator has decreased. The gazes were grouped around point symbols in towns. Observation of the city on the left was abandoned. The map legend was only looked at minimally.

In the third view of the game world map, there was no movement of the computer mouse cursor at all. It was located on the location marker. The opening of the map was the shortest of all the maps analysed. Both groups of subjects focused their attention on the area near the main character's current location and directed their gaze to point symbols in smaller towns. Although the number of fixations on the map locator decreased in both groups, it was still higher for non-gamers. Neither group paid any visual attention to the map legend.

Discussion

Fixation heatmaps show the locations of fixations in a specific area. Thus, this method of presentation makes it possible to indicate clusters of fixation areas noticed by users and this can be clearly identified. However, superimposed on the analyzed cartographic product heatmap can help to spot elements that respondents did not pay attention to (that is, areas on the map that were not covered by the heatmap presentation). In the case of our study, both groups of respondents,

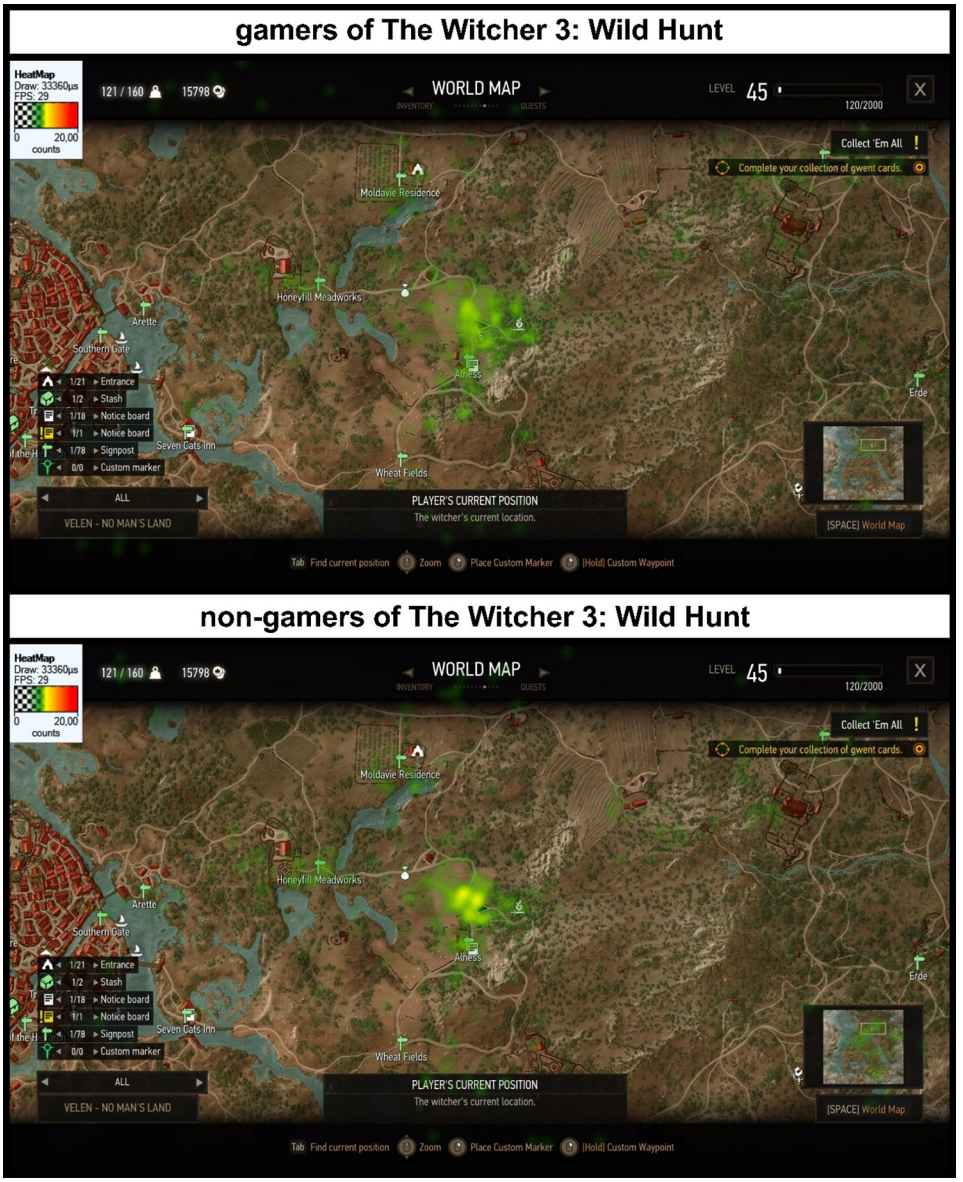


Fig. 4. Comparison of heatmaps in the third view of the game world map
Source: author's own elaboration base on Tobii Studio.

Ryc. 4. Porównanie heatmaps w trzecim widoku mapy świata gry

regardless of their experience of using the world map of The Witcher 3: Wild Hunt, paid no attention to the map legend. This suggests that video game map users, regardless of their experience with video games, view the map legend as an unimportant part of the map and user interface. This confirms the sense of

the studies by Woźniak et al. (2024) and Horbiński, Zagata (2021, 2022), which aimed to investigate the effectiveness of respondents' correct interpretation of point symbols in the games: The Witcher 3: Wild Hunt and Valheim without using the map legend. Woźniak et al. (2024) and Horbiński, Zagata (2021, 2022) concluded that the meaning of point symbols on maps in video games should be easily understood by the viewer. This conclusion underlines the fact that point symbols in video games are mostly pictograms where the map user should correctly recognize the meaning of the point symbol without prior learning (Korpi et al., 2013). Research on the role of map legends should be continued.

A comparison of the separate heatmaps for each respondent group groups of respondents shows that the expert group needed less time to familiarize themselves with some elements of the map content and some elements of the user interface. This may be influenced by prior knowledge of the map product and experience of using it. The novices paid attention to elements in the second view of the game world map that the experts had already noticed in the first view of the game world map, e.g. the town in the top right corner of the screen. The same applies to the description of the selection of the current mission. Experts already noticed this element of the user interface in the first view of the game world map, while novices only noticed it to a negligible extent. It was only in the second and third views of the game world map that novices paid more attention to this element of the user interface. However, there is no guarantee that these differences are relevant to the level of visual attention and cognitive skills of both groups. Only the trend of the visual strategy of the two groups was noted. A quantitative analysis is needed to confirm this qualitative analysis.

By comparing the third view of the game world map with the first and second views of the game world map, it can be hypothesised that respondents focus their attention on the area near the main character position and the computer mouse cursor in the first few seconds after opening the map, regardless of their level of familiarity with the map. The third view of the game world map was 4 seconds shorter than the first view of the game world map and 7 seconds shorter than the second view of the game world map. The respondents did not know how long the map would be displayed. Visually, it can be seen that they did not concentrate as intensively on other elements of the map. This reinforces the hypothesis that the subjects' visual perception is focused on the surroundings of the main character position and the computer mouse cursor in the first few seconds after opening the map. However, this is only a hypothesis that cannot be confirmed by heatmaps alone. It would be necessary to determine the AOI (Area of Interest) in the vicinity of the location marker and computer mouse cursor, and to calculate the fixation time in the AOI area in the first seconds of the video. However, such a qualitative analysis with heatmaps offers the potential to perform quantitative analyses of respondents' visual attention in the first seconds of interaction with the map.

When comparing two or more groups of respondents using heatmaps, it is important to pay attention to the number of respondents in each group. For the same or very similar groups of respondents, heatmaps can be useful in qualitative

analysis to support quantitative analysis. However, if there are large disproportions in the number of respondents in given groups, it would be necessary to scale individual thresholds for the number of fixations that determine the colors for heatmaps. Failure to do so could lead to misinterpretation.

The authors believe that one way to use heatmaps could be to use them in pre-surveys and pilot studies. Typically, a small group of respondents may not show statistically significant differences, but can indicate a likely trend, for example in visual strategies. In the pre-survey phase, this offers the opportunity to make changes before the main part of the study, which may prove beneficial for the later quantitative analysis on a larger group of respondents. In the present study, it can be seen that the non-gamers often tended to look at the locator map or that both groups of respondents did not look at the map legend. Further studies can examine whether this has an effect on response efficiency, for example.

The use of heatmaps in studies in which a dynamic and interactive map is analysed can be problematic. In this study, a world map from a video game was used. Video games are characterized by the use of dynamic maps that, following the performative approach, allow gamers to interact by freely viewing or modifying the map. As a result, the position of various objects on the map changes in relation to the monitor screen. The generated heatmaps do not take panning or zooming into account. This problem is particularly visible in the Tobii Studio 3.4 software used. It can be concluded that heatmaps are more useful in analysis of static maps, where the position of objects in relation to the screen does not change. However, maps that contain a GUI, such as the map analysed in this study, are an exception. GUIs in video games are characterized by the fact that the position of their elements in relation to the screen is constant. Thanks to heatmaps, it was possible to define GUI elements that did not focus the visual attention of individual groups of respondents at all. In the case of the map elements, the observed differences could only be hypothesized, which can only be investigated with a quantitative analysis.

An interesting approach is expressed by Dong et al. (2014), who justify the use of qualitative analysis techniques, including heatmaps, because they facilitate the interpretation of quantitative and statistical analyses. This is in line with another tip from Boyko (2009) to use heatmap as a visualisation. It can be assumed that getting acquainted a heatmap after reading a quantitative analysis helps to consolidate the knowledge that the reader has previously acquired. This creates the potential for future research to investigate the impact of heatmaps as a teaching aid and the consolidation of previously learned information. The authors also point out that it is worth analyzing heatmaps together with gaze maps to qualitatively evaluate and compare the number and duration of fixations. The number of fixations is important and may indicate deliberate scanning of the entire visible area by respondents if the values are large and the spread is wide. However, if the duration of fixation is taken into account, it is possible to determine which elements of the map the respondents spent more time on, e.g. in connection with the decoding of information.

Conclusions

The authors analyse and evaluate the usefulness of heatmaps as a method of comparing groups of respondents in eye-tracking research. The results of a study in which the cartographic product was the world map of a popular video game – The Witcher 3: Wild Hunt was used. The study groups were gamers and non-gamers of this game. In this case, the analysis involved a comparison of groups of respondents who differed in their experience and knowledge of The Witcher 3: Wild Hunt and the cartographic products included in the game.

To indicate similarities and differences between the groups of respondents, a comparative heatmap analysis was conducted of the number of fixations generated separately for gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. Using the heatmaps, it was possible to determine the similarity in relation to GUI elements that both groups of respondents did not pay attention to. One such element was the map legend. Both groups, gamers and non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt paid no or minimal visual attention to this element. However, based on the heatmaps, it could only be determined that the respondents did not look at this element of the map. The heatmaps were not sufficient to answer the question of why the map legend did not attract the visual attention of the users. Furthermore, it was hypothesised that: both groups of respondents look at the area near the position of the main character and the computer mouse cursor in the first few seconds of the map, gamers of The Witcher 3: Wild Hunt perceive some elements of the map and user interface faster than non-players of The Witcher 3: Wild Hunt, non-gamers of The Witcher 3: Wild Hunt look at the mini-map more often than gamers of The Witcher 3: Wild Hunt. However, these are research hypotheses and not concrete conclusions, as this could only be determined visually and not quantitatively. Quantitative analyses are required to confirm these hypotheses. In response to the first research question, the authors state that heatmaps only allow visual similarities and differences between groups of respondents to be identified. However, this is not sufficient to draw specific conclusions about users' cognitive skills. Heatmaps can be a good tool to establish research hypotheses that then need to be confirmed by quantitative analysis.

The second research question concerned to indicate the advantages and disadvantages of using heatmaps in research on maps in video games. The advantages include the ability to indicate elements that users do not pay attention to. However, this is only possible with static or GUI maps where the objects do not change their position relative to the screen, which is already one of the disadvantages of this method. The problem with dynamic and interactive maps is that zooming and panning are not taken into account in the generated heatmaps. Another advantage of heatmaps can be their use in pre-surveys and pilot studies where the most commonly analysed group of respondents is small and it is impossible to obtain statistically significant results. Generating heatmaps can be helpful when it comes to showing certain tendencies, e.g. in connection with the visual strategy of users, which helps to better prepare the study with a larger group of respondents. The use of heatmaps as a method of comparing groups of

respondents is possible on groups of respondents that have the same size or are very close in size.

The main disadvantage of heatmaps is their incompleteness. They only offer the possibility of a qualitative analysis, which means, for example, that no statistical significance can be proven. Heatmaps can only be used as support for quantitative analyses and should not be used as a stand-alone and sole method for analysing the results of eye-tracking research. The authors agree with Bojko's (2009) statement that heatmaps should be treated more as a form of visualisation. Furthermore, it is important to remember that they cannot always be used. The use of heatmaps as a method of comparing groups of respondents is possible on groups of respondents that have the same size or are very close in size. Comparing heatmaps for different sized groups of respondents without an operation to scale the individual thresholds for the number of fixations that determine the colors for these heatmaps can lead to errors in interpretation. The authors also recommend considering the use of heatmaps only after a quantitative analysis. Only then can you be sure that the use of heatmaps actually adds value and facilitates the interpretation of the results and does not mislead the reader.

In addition, the above analysis focused on the visual aspect, where conclusions were drawn based only on the generated heatmaps can be considered a limitation of the study. No advanced statistical analysis such as Observed Mean Distance or Nearest Neighbor was used.

One of the main limitations of the study was the lack of elimination of central fixation bias. Normally, respondents show a pronounced tendency to focus on the centre of the screen when viewing scenes on computer monitors (Tatler, 2007; Wolf, Lappe, 2021). Consequently, this can also interfere with the generated heatmaps by focusing the fixations of small amplitude saccades on the centre of the map. This is an extremely important aspect that the authors will consider in their subsequent studies.

References

Babicki S., Arndt D., Marcu A., Liang Y.,Grant J. R., Maciejewski A., Wishart D.S., 2016, Heatmapper: web-enabled heat mapping for all, Nucleic Acids Research, 44 (W1): W147–W153, https://doi.org/10.1093/nar/gkw419

Bertin J., 1967, Semiologie graphique. Les diagrammes, les reseaux, les cartes, La Haye, Paris.

Bojko A., 2009, Informative or misleading? Heatmaps deconstructed, Human-Computer Interaction. New Trends: 13th International Conference, HCI International 2009, San Diego, CA, USA, Proceedings, Pt, I 13: 30–39, Springer, Berlin, Heidelberg.

Brychtova A., Popelka S., Dobesova Z., 2012, Eye-tracking methods for investigation of cartographic principles, SGEM 2012 Conference Proceedings, 2: 1041–1048.

Chądzyńska D., Gotlib D., 2015, Mapy w grach komputerowych – spektrum zastosowań, Polski Przegląd Kartograficzny, 47(3): 235–244.

Cybulski P., 2021, Effectiveness of Memorizing an Animated Route – Comparing Satellite and Road Map Differences in the Eye-Tracking Study, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 10: 159, https://doi.org/10.3390/ijgi10030159

Cybulski P., Medyńska-Gulij B., Horbiński T., 2023, Users' Visual Experience During Temporal Navigation in Forecast Weather Maps on Mobile Devices, Journal of Geovisualization and Spatial Analysis, 7: 32, https://doi.org/10.1007/s41651-023-00160-2

Dong W., Liao H., Roth R.E., Wang S., 2014, Eye Tracking to Explore the Potential of Enhanced Imagery Basemaps in Web Mapping, The Cartographic Journal, 51(4): 313–329, https://doi.org/ 10.1179/1743277413Y.0000000071

Dormann C., Pötscher C., Wallner G., 2023, A Classification of Video Game Cartographic Maps.

Epitropou V., Karatzas K., Kukkonen J., Karppinen A., 2014, A method for the constrained interpolation of RLE-compressible chemical weather heatmaps, EnviroInfo, p. 255–262.

Forrest D., Castner H.W., 1985, The Design and Perception of Point Symbols for Tourist Maps, The Cartographic Journal, 22(1): 11–19, https://doi.org/10.1179/caj.1985.22.1.11

Gawroński S., Bajorek K., 2020, A real witcher – slavic or universal; from a book, a game or a TV series? In the circle of multimedia adaptations of a fantasy series of novels "The Witcher" by A. Sapkowski, Arts, 9(4): 102, https://doi.org/10.3390/arts9040102

Global Games Market Report, Newzoo, 2023 (https://newzoo.com/resources/trend-reports/newzoo-global- games-market-report-2023-free-version).

Głażewski A., Kałamucki K., Kowalski P.J., Stankiewicz M., 2015, Podstawy wizualizacji kartograficznej, UMCS, Lublin.

Halik Ł., 2014, Zmienne graficzne sygnatur punktowych w mobilnym systemie rozszerzonej rzeczywistości, UAM, Poznań, s. 181.

Herman L., Popelka S., Hejlova V., 2017, Eye-tracking analysis of interactive 3d geovisualization, Journal of Eye Movement Research, 10(3).

Horbiński T., Zagata K., 2021, Map Symbols in Video Games: the Example of "Valheim", KN J. Cartogr. Geogr. Inf., 71: 269–283, https://doi.org/10.1007/s42489-021-00085-0

Horbiński T., Zagata K., 2022, Interpretation of Map Symbols in the Context of Gamers' Age and Experience, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 11, 150, https://doi.org/10.3390/ijgi11020150

Horbiński T., Zagata K., 2023, The Cognitive Skills in Interpretation of Spatial Situations in the League of Legends game, Simulation & Gaming, 54(3), https://doi.org/10.1177/10468781231165616

Jenks G.F., 1963, Generalization in statistical mapping, Annals of the Association of American Geographers, 53(1): 15–26, https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1963.tb00429.x

Koláčný A., 1969, Cartographic Information – a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography, The Cartographic Journal, 6(1): 47–49, https://doi.org/10.1179/caj.1969.6.1.47

Korpi J., Haybatollahi M., Ahonen-Rainio P., 2013, Identifcation of partially occluded map symbols, Cartogr. Perspect., 76: 19–32, https://doi.org/10.14714/CP76.59

Kübler T., Fuhl W., Rosenberg R., Rosenstiel W., Kasneci E., 2016, Novel Methods for Analysis and Visualization of Saccade Trajectories, [in:] G. Hua, H. Jégou (eds), Computer Vision – ECCV 2016 Workshops, ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science, 9913, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-46604-0_54

Liao H., Dong W., Peng C., Liu H., 2017, Exploring differences of visual attention in pedestrian navigation when using 2D maps and 3D geo-browsers, Cartography and Geographic Information Science, 44(6): 474–490.

MacEachren A.M., 1995, How Maps Work: Representation, Visualization and Design, Guilford Press, New York, NY, USA.

MacEachren A.M., Brewer C.A., Pickle L.W., 1998, Visualizing Georeferenced Data: Representing Reliability of Health Statistics, Environment and Planning, A, 30(9): 1547–1561, https://doi.org/10.1068/a301547

Medynska-Gulij B., 2008, Point Symbols: Investigating Principles and Originality in Cartographic Design, The Cartographic Journal, 45(1): 62–67, https://doi.org/10.1179/000870408X276602

Morrison J.L., 1974, A theoretical framework for cartographic generalization with emphasis on the process of symbolization, Int. Yearbook Cartography, 14: 114–127.

Netek R., Pour T., Slezakova R., 2018, Implementation of Heat Maps in Geographical Information System – Exploratory Study on Traffic Accident Data, Open Geosciences, 10(1): 367–384, https://doi.org/10.1515/geo-2018-0029

Nusrat S., Alam M.J., Scheidegger C., Kobourov S., 2017, Cartogram visualization for bivariate geo- statistical data, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 24(10): 2675–2688.

Ooms K., De Maeyer P., Fack V., 2013, Study of the attentive behavior of novice and expert map users using eye tracking, Cartography and Geographic Information Science, 41(1): 37–54, https://doi.org/10.1080/15230406.2013.860255

Ooms K., De Maeyer P., Fack V., van Assche E., Witlox F., 2012, Interpreting maps through the eyes of expert and novice users, International Journal of Geographical Information Science, 26: 1773–1788, https://doi.org/10.1080/13658816.2011.642801

Pokojski W., Panecki T., Słomska-Przech K., 2021, Cartographic visualization of density: exploring the opportunities and constraints of Heat Maps, Polish Cartographical Review, 53(1): 21–36, https://doi.org/10.2478/pcr-2021-0003

Ratajski L., 1973, The research structure of theoretical cartography, Yearbook of Cartography, 13: 217.

Ratajski L., 1970, Kartologia, Polski Przegląd Kartograficzny, 2, 3: 97–110.

Rymarkiewicz W., Cybulski P., Horbiński T., 2024, Measuring Efficiency and Accuracy in Locating Symbols on Mobile Maps Using Eye Tracking, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 13(2): 42, https://doi.org/10.3390/ijgi13020042

Shin J., Yim I., Kwon S.B., Park S., Kim M.S., Cha Y., 2019, Evaluation of temperature effects on brake wear particles using clustered heatmaps, Environmental Engineering Research, 24(4): 680–689.

Smith A., Ellison R.A., 1999, Applied geological maps for planning and development: a review of examples from England and Wales, 1983 to 1996, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 32: 1–44, https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1999.032.00S.01

Tatler B.W., 2007, The central fixation bias in scene viewing: Selecting an optimal viewing position independently of motor biases and image feature distributions, Journal of Vision, 7(14), 4: 1–17, https://doi.org/10.1167/7.14.4

Toups Z.O., Lalone N., Alharthi S.A., Sharma N.H., Webb A.M., 2019, Making Maps Available for Play: Analyzing the Design of Game Cartography Interfaces, ACM Trans. Comput.-Hum. Interact., 26, 5, Article 30: 1–43, https://doi.org/10.1145/3336144

van Elzakker C.P., 2004, The use of maps in the exploration of geographic data, Utrecht University.

Vondráková A., Popelka S., 2014, The use of eye-tracking for the evaluation of various cartographic tasks, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014, p. 981–988.

Wielebski Ł., Medyńska-Gulij B., 2023, User Evaluation of Thematic Maps on Operational Areas of Rescue Helicopters, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 12(30), https://doi.org/10.3390/ijgi12020030

Wolf M.J., 2011, Theorizing navigable space in video games, Digarec Series, 6: 18–49.

Wolf C., Lappe M., 2021, Salient objects dominate the central fixation bias when orienting toward images, Journal of Vision, 21(8), 23: 1–21, https://doi.org/10.1167/jov.21.8.23

Woźniak J., Rymarkiewicz W., Łyszczasz D., Horbiński T., 2024, Effectiveness Study on the Correct Interpretation of Point Symbols Using the Online Survey Method on the Example of the Witcher 3: Wild Hunt, KN J. Cartogr. Geogr. Inf., https://doi.org/10.1007/s42489-023-00158-2

Zagata K., Medyńska-Gulij B., 2023, Mini-Map Design Features as a Navigation Aid in the Virtual Geographical Space Based on Video Games, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 12, 58, https://doi.org/10.3390/ijgi12020058

Porównanie map cieplnych fiksacji graczy i niegraczy podczas zadań opartych na mapach w grach wideo

Zarys treści: W artykule dokonano analizy i oceny użyteczności map cieplnych w badaniach map w grach wideo, w kontekście porównywania grup badanych różniących się między sobą np. wiedzą lub doświadczeniem związanym z danym produktem kartograficznym. Mapy cieplne fiksacji to mapy pokazujące intensywność lokalizacji fiksacji za pomocą kolorów. Intuicyjnie barwy ciepłe oznaczają duże natężenie liczby fiksacji na określonym obszarze. Im zimniejsza barwa, tym mniejsze natężenie, a brak koloru to brak spojrzenia na określony obszar. Jako przykład posłużyły mapy cieplne liczby fiksacji wygenerowane po przeprowadzeniu badania mapy świata z gry „Wiedźmin 3: Dziki Gon". W badaniu porównano graczy i niegraczy. Zadano dwa pytania badawcze: jakie podobieństwa i różnice pomiędzy grupami respondentów można określić na podstawie map cieplnych oraz jakie są zalety i wady stosowania map cieplnych w badaniach z zakresu map w grach wideo.

Słowa kluczowe: mapy cieplne, kartografia w grach wideo, śledzenie wzroku, analiza porównawcza

Sekcja Kartografii i Geomatyki
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Jakub Woźniak, Wojciech Rymarkiewicz, Radosław Jagła,
Dawid Łyszczasz, Wojciech Karczewski

Difficulties and limitations of surveying measurements on the cliff coast: A case study of the stairs to Kawcza Góra (Wolin Island)

Abstract: The aim of this article was to indicate the difficulties and limitations of surveying measurements in coastal areas. It was found that the small scope of such topics is covered in the literature. It was decided to identify problems and consider possible solutions to these difficulties. Measurements of displacements and deformations of the stairs on the Kawcza Góra in the Wolin National Park served as an example. The research was carried out as part of the activities of the Cartography and Geomatics Section of the Stanislaw Pawlowski Student Research Group of Geographers at Adam Mickiewicz University in Poznań. The authors emphasize that the results of the measurements are not presented in the following article. Only the difficulties and limitations encountered by the measurement group in carrying out this work have been indicated.

Słowa kluczowe: methods of geodetic survey, difficulties and limitations of measurements, stairs to Kawcza Góra, cliff coast, Wolin Island

Introduction

Geodesy as a field of science and technology collects, processes and transmits knowledge about geometry of the Earth (Jagielski, 2005). As geodesy developed, so did the number of measurement methods, which were adapted to the current technological level. This created new difficulties and limitations that the land surveyor had to deal with.

One of the measurement methods used in geodesy is tacheometry, which consists of horizontal and vertical measurement performed using the radial survey to determine the horizontal position of detailed points and a trigonometric leveling to determine the height of these points. By tying to fixed geodetic control network points and signalized points of measurements it is a completely repeatable solution that is predisposes for measuring the displacements and deformations of the constructions (Toś, 2012). Another example is spirit leveling, in which the height differences of points are read based on the measurement of the position of the horizontal target axis of the optical level on the leveling rods placed vertically on these points. One of the latest technologies used in geodesy is laser scanning (LIDAR – Light Detection and Ranging). This one of the most accurate methods of inventory surveys (Drobek et al., 2019). The scanner works by measuring the distance between the device and the object being surveyed (Wężyk, 2006). This remote sensing technology mostly uses near-infrared (NIR) radiation. This allows to intended actions performance of regardless of the prevailing lighting (Medyńska-Gulij, 2021). TLS (Terrestrial Laser Scanning) and ALS (Aerial Laser Scanning) are often used in research in the field of geosciences. In TLS, the measurement is performed from a stationary tripod located on the surface of the Earth (Gawalkiewicz, 2015; Winowski, Śramski, 2017; Bournez et al., 2020; Jagła et al., 2023). In ALS, the scanner is located on an aircraft platform (Dudzińska-Nowak, Wężyk, 2014). An equally popular method used in geodesy is photogrammetry. This is a field of science and technology that consists of measuring the position, size and shape of objects based on their photographic images, so-called photograms (Kurczyński, 2014). In geodetic and cartographic works, low-altitude photogrammetry is often used with the use of unmanned aerial vehicles (UAV) (Smaczyński, 2016, 2017; Halik, Smaczyński, 2018; Smaczyński, Horbiński, 2021). It is becoming increasingly common to combine both technologies to achieve the most effective results. (Kersten et al., 2020; Jagła et al., 2023). One of the technologies that is currently being used on a large scale is GNSS (Global Navigation Satellite Systems) satellite positioning technique. The most popular version of that method is Real Time Kinematic (RTK) which uses a set of two ground satellite receivers that calculate their current position based on the signals received from the satellite system. One of the receivers, which acts as a base station over a point with known coordinates, sends corrections to a mobile device that is used to perform horizontal and vertical measurements. The most accurate version of the satellite method is static measurement. Using static measurement, it is possible to determine the position of points with an accuracy of a few millimeters (Uznański, 2011).

From a surveyor's point of view, the cliff coast is an unconventional area in terms of the specificity of the terrain. Unstable ground in the form of a sandy beach can cause problems in keeping the instrument leveled and stable. That cause problems with performing the measurement with high precision and accuracy. Due to the relief of the terrain and the structure of the cliff coast, which is characterized by the presence of a steep slope on one side, it can be difficult to realization of direct leveling lines or traverse, for example. There are often

no stable terrain points in the immediate vicinity, and a significant part of the landscape consists of elements of the natural environment. If special attention is not paid to meteorological conditions, for example, strong winds in marine conditions (Domínguez-Cuesta, 2019) or the variability of lighting during the day, measurement error may be multiplied.

Surveing measurement technologies were used in various coastal surveys. Kersten et al. (2020) used the Unmanned Aerial System (UAS) photogrammetry method and TLS to document and monitor a section of the Brodten Cliff. They drew attention to the necessity of performing unmanned aerial vehicle (UAV) flights in winter due to the lack of green vegetation, which affected the determination of the surface model. Specht et al. (2020) used TLS and photogrammetric measurement using UAV to obtain the geospatial data necessary to create a 3D model of a part of the beach in Sopot. It was emphasized that the beach area puts high demands on the surveyors in terms of measurement precision. It was also pointed out the need to use advanced technologies such as laser scanning or photogrammetry when working in such a specific area. Specht et al. (2017) concludes that satellite measurements using a geodetic receiver can be successfully used to study of determining the coastline of the territorial sea. However, the timing of the measurements and the hydrometeorological conditions, including windless weather, play an important role. On the cliff coast on Wolin Island, geodetic measurement methods were most frequently used for geomorphological monitoring purposes. Winowski, Śramski (2017) used terrestrial laser scanning for regular measurements of the cliffs in Wolin, which was used to quantify changes in cliff relief. The cyclic studies by Dudzińska-Nowak, Wężyk (2014) using ALS proved to be necessary to determine the sediment balance.

The aim of this article is to indicate the difficulties and limitations occurring during surveying measurements in coastal conditions. In the study on the displacements and deformations of the stairs to Kawcza Góra (Wolin Island), carried out by the Cartography and Geomatics Section of the Stanisław Pawłowski Student Research Group of Geographers at the Adam Mickiewicz University (Woźniak et al., 2023), a large number of obstacles were observed during surveying work in such an area. After reviewing the literature, it was noticed that there were many measurements carried out on sea coasts using technologies known in geodesy. However, the authors drew attention to the small scope of discussing the problems of measurements in such ground conditions. To this end, it was decided to consider and try to find answers to the following questions:

– What difficulties and limitations can be expected when performing diagnostic measurements in a cliff coast environment?
– If the difficulties and limitations are defined what are the potential proposals for solutions to these difficulties?

The authors emphasize that the article does not present the results of research on the displacements and deformations of the Kawcza Góra stairs. The described case served only as an example to point out specific difficulties and limitations.

Research area and description of measurements

The study focuses on the cliffs in the town of Międzyzdroje (West Pomeranian Voivodeship, Kamieński County, Międzyzdroje Commune) and the stairs to Kawcza Góra, which are located there (Fig. 1). This area is located on the island of Wolin and is part of the Wolin National Park.

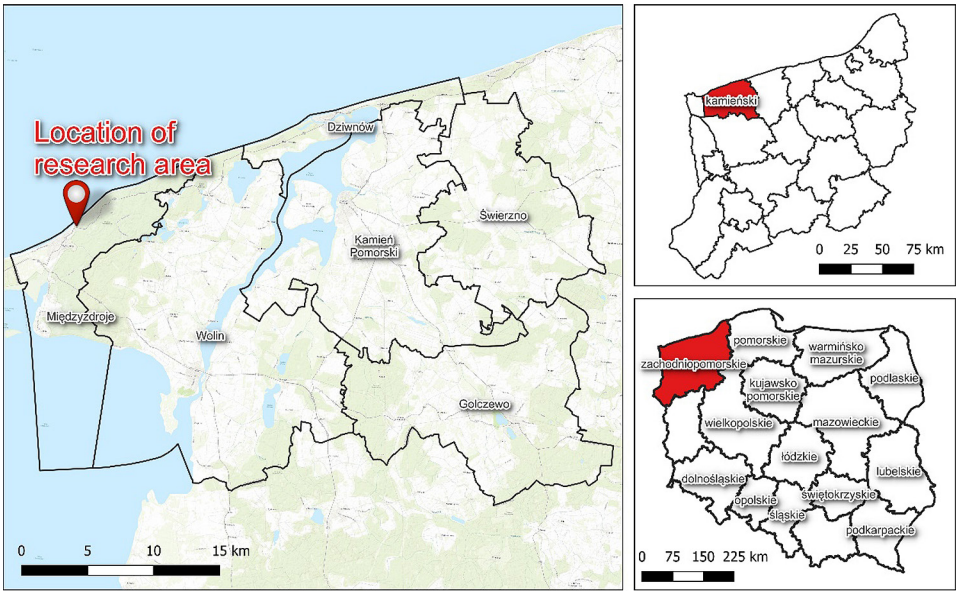


Fig. 1. Locator map of the research area
Source: author's own elaboration based on OSM and PRG.
Ryc. 1. Mapa lokalizacyjna obszaru badań

The stairs (Fig. 2) is located on the cadastral parcel with the number 320704_5.0022.16/5. The measurements took place from September 26 to 29, 2023. The survey was carried out with the consent of the Wolin National Park administration.

The cliff in Wolin National Park is the highest cliff in Poland. It stretches over 15 km. It slopes steeply down to the north towards the Pomeranian Bay. The slopes consist mainly of sands and clays. They are heavily overgrown with vegetation, mainly beech and oak. These areas are under the constant influence of abrasive activity, which leads to annual landslides of the cliffs. Storms in winter and spring have the greatest influence on the changes in the landscape of the coastal region.

The stairs leading to Kawcza Góra (61 m above sea level) was built in 2013. It was built in place of a stairs that were destroyed during a storm in 1997. The core of the structure is a metal frame with wooden platforms and balustrades, standing on a reinforced concrete foundation reinforced with piles. The cliff in

the immediate vicinity of the stairs is protected against landslides by several rows of wooden retaining walls (Fig. 3)

Since its construction, the stairs has been renovated several times due to the damage. The facility has been closed several times in recent years. The last closure took place on June 15, 2022 due to the threat to the life and health of users. Despite this, the stairs is still one of the main attractions in the region and the viewpoint at the top of the structure attracts a large number of tourists (Dusza, 2013; Żyto, 2019).

As part of the work carried out, three measuring points of the control network (horizontal and vertical) were set up on the beach. They were temporarily stabilized with wooden survey pegs and marked with fluorescent paint to increase their visibility. Their coordinates were measured using GNSS satellite positioning technique by static method. For this purpose, a tripod with a leveled

Fig. 2. A photo showing the stairs to Kawcza Góra
Source: author's own elaboration (27.09.2023).
Ryc. 2. Fotografia przedstawiająca schody na Kawczą Górę

Fig. 3. Wooden retaining walls to protect the cliff
Source: author's own elaboration (27.09.2023).
Ryc. 3. Drewniane ścianki oporowe zabezpieczające klif

and centered satellite receiver was set up above each of the points. The measurement at each of the control points lasted one hour.

To measure the displacements and deformations of the object, 34 reflective targets were placed on the surface of the stairs to mark the control points. They were evenly distributed in the structure, as part of the scheme, in the order: one stairs, one landing, one stairs.

A total station was set up at an appropriate distance from the object and within sight of the control points. The total station was mounted on a tripod, leveled and tied by resection, in the local coordinate system. The points checked with trigonometric surveying were measured in two positions of the telescopic sight.

The final phase consisted of performing terrestrial laser scanning (TLS). For this measurement, it was necessary to place sphere measurement marks along the cliff, which served as reference points for combining the scans from several locations. Five reference spheres were placed. One directly in front of the stairs and two on either side of the building at intervals of several dozen meters. A series of laser scans were then taken from three measuring stations.

The tests used a GNSS Trimble R10 Model 2 receiver with a TSC 7 controller, an optical level Sokkia C410, a Trimble M3 total station and a Trimble TX8 laser scanner.

Description of difficulties and limitations during the measurements

The first difficulty the measurement team encountered was obtaining permission to carry out research in the protected area. The research area is located in the Wolin National Park (Woliński Park Narodowy). Therefore, the National Park's administration was asked for appropriate permits to carry out the measurements. It was assured that the work would be carried out in such a way that it would not interfere with the natural environment. Permission was obtained to carry out the measurements and to move around the National Park by car.

The date of the measurements had to be planned in advance, taking into account the weather conditions. It was particularly important to plan and carry out the first measurement before the start of the season of the strongest storms in the Baltic Sea, which fall in the autumn and winter periods. According to data from 1971–2009, there are 24.6 days with a storm in the period from December to March, which corresponds to about 58.8% of the annual number of days with a storm (Formela, Marsz, 2011). The high waves that occur at this time are one of the main factors for the changes on the cliff coast. In this way, we obtain data that allows us to accurately compare it with the state after the storm season.

During the course of their research, the measurement team encountered several limitations. The main problem was related to the ground on which the work was carried out. The measuring stations had to be located on sandy, unstable

ground. The gradual sinking of the tripod legs into the sand made it difficult to keep the measuring instruments centered and leveled.

The instability of the ground was also a problem for control survey. Permanent stabilization of the control points, which could last for several months, is prevented by the occurrence of storms. Storms are capable of moving earth masses in the area of the entire beach along with the objects on it. As a result, the team decided to establishing a temporary control network points with coordinates determined by static satellite measurements and stabilized with wooden survey pegs. The possibilities for placing control points were very limited due to the steep slope of the cliff to the south, which is covered with dense vegetation, and the sea to the north. It was decided to place control points at the lowest level as best the width of the beach allowed.

During the tacheometry, the problem turned out to be the placement of the targets marking the checkpoints on the object. In the morning, the metal structure was cold and covered with dew, which made it impossible to stick targets permanently. It was necessary to wait until the afternoon for the metal to dry and heat up, which meant that the measurement had to be postponed until the next day. The structure was surrounded by tall and dense vegetation, which partially obscured the object. The measurement team had to place the targets in the correct places so that they could all be seen through the telescope of the total station. When measuring the displacements of a given engineering structure, such as the stairs to Kawcza Góra, the total station could only be set up on the lower level. The angle of the cliff does not allow a total station to be set up. This meant a considerable extension of the target axis during the tacheometer measurements for the upper levels.

The measurements were also disturbed by the weather conditions. On the coast of the Baltic Sea, a strong wind was blowing at different speeds. Thus, it interfered with the function of the measuring instruments. This was particularly noticeable when pointing at the targets, as it caused the instrument to vibrate, which was visible on the cross hairs when looking through the telescope of the tacheometer. This resulted in difficulties in precise measurement of the checkpoints.

Bystanders were present in the research area. Some of them decided to use the stairs despite their exclusion from use by the Wolin National Park administration. Each of these activities was associated with slight vibrations of the object, thus affecting the correct execution of the work. This affects both the speed of the measurement and its accuracy, which is particularly important when measuring displacements and deformations. The area where the work was being carried out was not closed to tourists, which meant that they came too close to the instruments and measuring devices and thus interfered with the work. This posed a threat to the correct execution of the static measurement. The GNSS receiver had to be positioned stationary for one hour over each of the three control points. It was therefore necessary to monitor the instrument and secure it from bystanders who might inadvertently move it. In this case, the GNSS measurement at the point would have to be repeated. Another example would be the

sphere measurement marks, which have to be placed in the measurement area in a similar way to control points. They are necessary for the correct data connection obtained as a result of laser scanning. This method requires reference spheres during TLS measurement to stay in place when measured from all measuring stations. As with static measurement, even a small change in position can affect the accuracy of the scan fit and therefore the errors.

Discussion

Planning the measurement

Researching the displacement of engineering structures requires to set appropriate time limits for carrying out the fieldwork. An important thing is to plan the intervals at which the subsequent measurement cycles will be carried out. In the case of this study, we wanted to evaluate the effects of storms on the stability of the structure and the surrounding ground masses in the form of a cliff. The period of the strongest storms at the Baltic Sea falls in the fall and winter. The first measurement cycle was therefore planned well in advance for the end of September 2023. The second measurement cycle is provisionally planned for March/April 2024. This will make it possible to assess the actual impact of strong storms on the intensity of displacements and deformations of a structure located on a steep cliff slope.

When planning a single day of measurement, many factors should be taken into account that may affect the execution of the work. First and foremost, is selecting the appropriate equipment and measurement methods. This may prove important to streamline the work and achieve the desired accuracy of the measurement results. In this case, the research object is located in the Wolin National Park, which is a protected area. It is therefore necessary to choose a measurement method that does not interfere with the natural environment. After obtaining permission to conduct scientific research, the measurement team declared to carry out work with respect for the flora and fauna of the national park.

Establishing a network of control points

In order to measure the displacements of engineering structures, it is essential to set up control points. When choosing the location and method for setting up control points, the field conditions should be taken into account. The points should be properly stabilized. Ideally, they can also serve as reference points for subsequent measurement cycles. The proximity to the sea puts the chances of the control points remaining intact during strong storms into question. During subsequent measurements, it is necessary to resume the measurement control points. In order to tie the reference points with the state control network, a polygon would have to be traversed using traditional measurement methods, which is challenging and time-consuming in such an environment. The steep slope

makes it impossible to carry out the course with direct leveling. Bypassing the cliff lengthens the sequence considerably and increases the number of measuring stations. A relatively long route over a sandy beach carries the risk of major errors. In the case of precise displacement measurements, it is necessary to obtain the most accurate coordinates of the reference points.

Satellite measurements are often inadequate as a direct method for measuring structures, mainly due to signal interference or unfavorable terrain. Using the satellite method for integrated geodetic measurements, we can easily tie a designated network of control points to sometimes distant but stable points references, which are reference stations (Siejka, 2015). Using the satellite method, a surveyor can easily determine the coordinates of the control points. The use of static measurements makes it possible to obtain coordinates with an error of several millimeters. The basic parameters of such a measurement are: its duration, the time of observation registration and the minimum horizontal height of the satellites (Uznański, 2011). We adapted the measurement parameters to our needs. A satellite receiver placed above the point recorded observations at 15-second intervals for a period of one hour. By performing post-processing calculations, the coordinates of the control points could be determined with high accuracy. The implementation of this technique allows surveyor to solve problems that may be encountered when performing traditional measurements, such as direct leveling. In particular, this method makes it possible to avoid errors that occur when carrying out a long polygon on difficult terrain conditions, such as a sandy beach. This also made it possible to optimize the working time and shorten the measurements to one day.

Trigonometric surveying

Trigonometric surveying. When using trigonometric surveying in a coastal environment, the influence of weather and terrain conditions must be taken into account. Leveling the instrument in sandy ground is much more difficult. The tripod should be positioned quite deep in the ground so that it does not sink in. Due to the instability of the ground, a surveyor should be careful when he is moving around the instrument. During one of the series of measurements, the instrument was no longer leveled, but thanks to the systematic inspection, the error was detected early. Thanks to the quick response, the series of measurements could be repeated on the same day. Lack of continuous control of the instruments could lead to an incorrect measurement of the entire measurement and consequently to an incorrect determination of displacements and deformations of the object.

The weather conditions on the seashore can have a significant impact on the accuracy of the measurement. When planning a measurement day, surveyor should pay attention to the presence of wind, for example. Specht et al. (2017) emphasizes that satellite measurements with a GNSS receiver can be successfully used to determine the coastline of the coastal sea, but an important condition is the absence of wind. There are also problems caused by the wind during our

fieldwork in the beach area, but they directly affect the measuring instruments. Although the weather was good during the measurement, there were occasional gusts of wind. In stronger gusts of wind, the cross hairs of the total station telescope vibrate noticeably and make it impossible to aim precisely at the measuring point. As a result, it is not possible to carry out the measurement correctly. In order to limit the effects of the wind gusts on the accuracy of the results, the measurement was suspended for the duration of the gusts.

A similar situation occurred when other people were using the stairs. In this case, however, the structure of the test object vibrated. In precise displacement measurements, even the smallest vibrations can influence the final measurement result. Therefore, the measurement had to be stopped until there were no more bystanders on the stairs.

For displacements and deformations measurements, it is necessary that the checkpoints do not change their position during all measurement cycles. Due to the problem of falling disks, it was decided to interrupt this part of the field work until the afternoon. After a few hours, the sun illuminated and warmed the elements of the structure so that it was possible to permanently attach the checkpoints.

Terrestrial laser scanning (TLS)

Specht et al. (2020) concludes that the beach area places high demands on surveyors in terms of measurement accuracy. He also emphasizes the need to use advanced technologies such as laser scanning or photogrammetry when working in such a special area. This thesis applies to our study. The use of terrestrial laser scanning near the coast proves to be a key element in assessing the displacement of earth masses on cliffs. This method is fast and more automated. It allows to minimize the impact of field and weather conditions on the measurement by reducing the time of measure on total station. TLS with dedicated tripod is more stable than other geodetic instruments due to bigger weight that minimize impact of the gusts of winds. The amount of data obtained is much larger than other methods, which does not exclude measurement noise, but increases the reliability of the data. An important aspect of the research was the use of non-invasive surveying methods due to the location of the facility in the Wolin National Park. The terrestrial laser scanner captures a large number of points non-invasively, which gives it an advantage over other methods of documenting cliff geometry. TLS and UAS methods are often used in scientific work where the research object is a cliff. In their study, Kersten et al. (2020) point out the high applicability of UAS in this type of measurement. They emphasize the advantages of measurements in winter, when the vegetation has no leaves. However, laser scanning could enable more effective measurements at more vegetated areas due to the partial permeability of the laser beam through the structure of the leaves. In the case of the cliff on Wolin Island, the use of UAS could be significantly limited by the presence of a large amount of vegetation (Fig. 2) and strong gusts of wind. Future work should focus on comparing the effectiveness of UAS and TLS

methods on heavily vegetated cliffs. With the increasing use of laser scanning technology, this method may be sufficient for this type of research.

In the case of terrestrial laser scanning, the presence of bystanders proved to be difficult. The reference spheres attracted the interest of tourists, who constantly tried to touch and lift them. As the signs were placed at intervals of several dozen meters, the members of the measurement team were forced to constantly check their integrity. Touching the sign at any point during the TLS measurement could result in the scans from several stations being incorrectly combined.

Conclusions (and future work)

Surveyors encounter countless problems in their daily work that need to be solved in order to correctly measure objects. Thanks to their repeatability, some of these problems can be anticipated and prepared for or prevented accordingly. Unfortunately, it is sometimes necessary to perform a measurement in a special and unusual environment where standard troubleshooting methods are no longer effective. Such an environment may be the cliff coast, where our measurement team decided to monitor displacements and deformations of the engineering structure, the stairs to Kawcza Góra. The legal difficulties of carrying out works in a protected area such as a National Park, the space limited on one side by the sea coast and on the other by a steep cliff slope, adverse weather conditions and the unpredictable behavior of bystanders can cause a lot of problems for participators. In our work, we have tried to point out these problems and suggest possible solutions that we have applied ourselves.

The first problem is to plan the measurement. The specification of the object and the purpose of the measurement must be taken into account as well as the weather conditions and legal aspects for objects located in protected areas. Kersten et al. (2020) suggest that measurements in a cliff environment should be carried out in winter when vegetation does not restrict the view of the objects. In our case, however, it was necessary to adjust the dates for the work to the time of year with the strongest storms, so that the first series of measurements took place before they began (September–October) and the second immediately afterwards (March–April). Before starting the work, the necessary permits were obtained from the administration of the Wolin National Park, where the research area was located. According to the declaration, activities that could affect the natural environment were to be avoided.

The cliff area can be very difficult for surveying measurements. The high and steep inclination of the cliff restricts visibility and makes it difficult to carry out leveling lines, while the sea, on the other hand, limits the area in which measuring stations can be placed. Sandy soil is also a serious problem, as it represents an unstable ground for both the instruments and the control points. The answer to these problems could be to use the method of static satellite measurements with a GNSS receiver to set up a control points. The best, but not the safest, way to deal with instruments sinking in sand is to check the reference points regularly.

Do not forget to take the weather conditions into account when preparing and carrying out the measurement. Even something as prosaic as the change in air temperature during the day can make the job more difficult and even impossible, for example, to properly stick geodetic targets to a cold and damp metal structure. The occurrence of strong gusts of wind on the coast is also a frequent and significant threat to the accuracy of the measurement results. In both cases, the best solution is to wait for better weather conditions or plan the timing of the work so that conditions are favorable.

The last problem a surveyor can face is bystanders interfering with the measurement. This problem occurs during various field works, but the beach by the sea is a place where the density of tourists is very high. People illegally moving around the closed structure or touching instruments and reference points can effectively hinder or even interrupt the measurement, so that it has to be repeated from the beginning. It is therefore necessary to remain vigilant and constantly monitor the area to ensure that passers-by do not come close to or touch the equipment. In most cases, however, it is sufficient to stop work and wait until people move away on their own.

In future research, it is worth using the knowledge of people from other disciplines to find more reliable and effective solutions to the problems we have identified. For example, the selection of appropriate terms for the measurements, not only geodetic but also morphodynamic, could be more beneficial if preceded by an analysis of meteorological conditions by people with this field of knowledge. The results of our measurements can also serve as a valuable starting point for further research, e.g. in geomorphology.

References

Bournez E., Landes T., Saudreau M., Kastendeuch P., Najjar G., 2017, From TLS point clouds to 3D models of trees: a comparison of existing algorithms for 3D tree reconstruction. 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), p. 113–120.

Domínguez-Cuesta M.J., Valenzuela P., Rodríguez-Rodríguez L., Ballesteros D., Jiménez-Sánchez M., Piñuela L., García-Ramos J.C., 2019, Cliff Coast of Asturias, [in:] J. Morales (ed.), The Spanish Coastal Systems, Springer, Cham.

Drobek K., Szostak B., Królikowski W., 2018, Metody inwentaryzacji obiektów znajdujących się w stanie ruiny, Ochrona Dziedzictwa Kulturowego, 6: 73–86.

Dudzinska-Nowak J., Wezyk P., 2014, Volumetric changes of a soft cliff coast 2008–2012 based on DTM from airborne laser scanning (Wolin Island, southern Baltic Sea), Journal of Coastal Research, 70: 59–64.

Dusza E., Kupiec M., Felisiak S., 2013, Zmienność natężenia ruchu turystycznego na obszarze Wolińskiego Parku Narodowego, 35: 275–279.

Formela K., Marsz A., 2011, Zmienność liczby dni ze sztormem nad Bałtykiem (1971–2009), Prace i Studia Geograficzne, 47: 189–196.

Gawałkiewicz R., 2015, The inventory of high objects applying laser scanning, focus on the cataloguing a reinforced concrete industrial chimney, Geoinformatica Polonica, 14: 95–107.

Halik Ł., Smaczyński M., 2018, Geovisualisation of Relief in a Virtual Reality System on the Basis of Low-Level Aerial Imagery, Pure Appl. Geophys., 175: 3209–3221.

Jagielski A., 2005, Geodezja I, wyd. II zmodyfikowane, Geodpis Andrzej Jagielski, Kraków, p. 10–11.

Jagła R., Kapuścińska O., Lewko S., Rymarkiewicz W., Woźniak J., 2023, Porównanie metod pomiarów inwentaryzacyjnych obiektów dziedzictwa kulturowego na przykładzie ruin zamku w Kole (Gozdów), [in:] A. Kostrzewski (ed.), Kompleksowe badania środowiska geograficznego, Geoprzestrzeń, 113–124.

Kersten T., Lindstaedt M., Mechelke K., 2020, Coastal cliff monitoring using UAS photogrammetry and TLS, Hydrographische Nachrichten, 116: 16–22.

Kurczyński Z., 2015, Fotogrametria, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, p. 15.

Medyńska-Gulij B., 2021, Kartografia i geomedia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, p. 103.

Siejka Z., 2015, Opracowanie sieci wektorowej GNSS, zintegrowanej z pomiarami klasycznymi na przykładzie osnowy kolejowej, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, 62(4): 417–426.

Smaczyński M., 2016, Pozyskiwanie danych przestrzennych do rejestracji wydarzenia o charakterze masowym z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego, Badania Fizjograficzne nad Polską Zach., A, 67: 195–203.

Smaczyński M., 2017, Porównanie procesu kartowania elementów środowiska przyrodniczego z wykorzystaniem technologii GPS i UAV, Badania Fizjograficzne nad Polską Zach., A, 68: 159–172.

Smaczyński M., Horbiński T., 2021, Creating 3D Model of the Existing Historical Topographic Object Based on Low-Level Aerial Imagery, KN J. Cartogr. Geogr. Inf., 71: 33–43.

Specht C., Weintrit A., Specht M., Dąbrowski P., 2017, Determination of the territorial sea baseline-measurement aspect, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 95.

Specht M., Specht C., Mindykowski J., Dąbrowski P., Maśnicki R., Makar A., 2020, Geospatial Modeling of the Tombolo Phenomenon in Sopot using Integrated Geodetic and Hydrographic Measurement Methods, Remote Sensing, 12(4): 737.

Toś C., 2012, Geodezyjne metody inwentaryzacji wałów przeciwpowodziowych na przykładzie Bulwarów Wiślanych w Krakowie, Czasopismo Techniczne. Środowisko, 109, 2: 271–283.

Uznański A., 2011, Techniki statelitarne w nowoczesnych technologiach pomiarów geodezyjnych na terenach kolejowych, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Materiały Konferencyjne, 96(158): 594–595.

Uznański A., 2014, Nowoczesne i klasyczne geodezyjne techniki pomiarowe na obszarach kolejowych, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Materiały Konferencyjne, 2(104): 357–370.

Wężyk P., 2006, Wprowadzenie do technologii skaningu laserowego w leśnictwie, Roczniki, 4, 4.

Winowski M., Śramski M., 2017, Ocena ilościowa zmian rzeźby klifu w świetle pomiarów z naziemnego skaningu laserowego (wyspa Wolin), Geoekosystem Wybrzeży Morskich, 3, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Stacja Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Białej Górze.

Woźniak J., Horbiński T., Smaczyński M., 2023, Historia i działalność Sekcji Kartografii i Geomatyki SKNG UAM, [in:] A. Kostrzewski (ed.), Stulecie działalności Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu – powstanie, przeszłość i teraźniejszość, Geoprzestrzeń, 71–76.

Żyto A., 2019, Charakterystyka turystów odwiedzających Woliński Park Narodowy, [in:] A. Niezgoda, Ł. Nawrot (ed.), Kierunki rozwoju współczesnej turystyki, Wydawnictwo Proksenia, Poznań–Kraków, p. 95–107.

Trudności i ograniczenia pomiarów geodezyjnych na wybrzeżu klifowym: studium przypadku schodów na Kawczą Górę (wyspa Wolin).

Zarys treści: Celem niniejszego artykułu była analiza trudności i ograniczeń występujących podczas pomiarów geodezyjnych w warunkach nadbrzeżnych. Zauważono, że tematyka ta była poruszana w literaturze w niewielkim zakresie. Zdecydowano się wskazać problemy i rozważyć ewentualne propozycje rozwiązań tych trudności. Jako przykład posłużyły pomiary przemieszczeń pionowych i poziomych schodów na Kawczą Górę położonych na terenie Wolińskiego Parku Narodowego. Prace badawcze zrealizowano w ramach działalności Sekcji Kartografii i Geomatyki Studenckiego Koła Naukowego Geografów UAM w Poznaniu. Autorzy podkreślają, że w pracy nie zaprezentowano wyników pomiarów. Wyodrębniono jedynie trudności i ograniczenia, na jakie natknęła się grupa pomiarowa podczas ich realizacji.

Słowa kluczowe: metody pomiarów geodezyjnych, trudności i ograniczenia pomiarów, schody na Kawczą Górę, wybrzeże klifowe, wyspa Wolin

Sekcja Geografii Społeczno-Ekonomicznej
Studenckie Koło Naukowe Geografów im. Stanisława Pawłowskiego
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Oliwia Kapuścińska, Duszan Parol, Jakub Sanojca, Antoni Sokołowski

Warunki mieszkaniowe studentów UAM w Poznaniu w świetle badań ankietowych

Zarys treści: Celem niniejszej pracy było zidentyfikowanie rozmieszczenia przestrzennego zakwaterowania studentów UAM w Poznaniu, określenie typów ich mieszkań i warunków w nich panujących, kryteriów wpływających na wybór mieszkania, sposobu, w jaki studenci dojeżdżają na uczelnię, oraz czy doszło do zmian w stosunku do 2022 roku. W badaniu uzyskano informacje o: 1) miejscu pochodzenia studentów, 2) roku, trybie i miejscu studiowania, 3) miejscu zamieszkania, 4) kryteriach wyboru zakwaterowania, 5) opiniach na temat miejsca zamieszkania, 6) ponoszonych kosztach najmu/zamieszkania, 7) sposobie docierania na uczelnię. Badanie przeprowadzono metodą ankietową w dniach 22.01–29.02.2024 roku za pomocą serwisu internetowego Interankiety. Większość badanych studentów pochodzi z województwa wielkopolskiego, zamieszkuje z 1 lub 2 osobami. Respondenci najczęściej mieszkali na Piątkowie, Winogradach, Starym Mieście i Jeżycach. Ważnym czynnikiem wyboru mieszkania była korzystna lokalizacja i niskie koszty. Ponad połowa studentów płaciła od 600 do 1400 PLN za mieszkanie, a udział studentów płacących więcej wzrósł od 2022 roku. Największe koszty ponosiły osoby mieszkające samotnie i w prywatnych akademikach. Najczęstszą formą transportu na uczelnię był tramwaj.

Słowa kluczowe: warunki zakwaterowania, studenci, rozmieszczenie przestrzenne zakwaterowania, PBSA, Poznań

Wstęp

Poznań jest miastem wybitnie akademickim. W 2022 roku w stolicy Wielkopolski studiowało 101 108 osób, co pozycjonowało Poznań jako 4 największe miasto pod względem liczby studentów w Polsce (za Warszawą, Krakowem i Wrocławiem).

Po przeliczeniu liczby studentów na 1000 mieszkańców Poznań charakteryzuje się najwyższą wartością takiego wskaźnika spośród miast akademickich wynoszącą 186,78 studenta (GUS, 2024). Taką siłę przyciągania zawdzięcza swoim szkołom wyższym, których na początku 2024 roku było 24, z czego 7 ma status uniwersytetu (POZnań, 2024).

Napływ studentów zasila lokalny rynek pracy, wpływa na istniejące w okolicy przedsiębiorstwa (Rokita-Poskart, 2018), tkankę społeczną, układ przestrzenny i rynek nieruchomości[1] (Bajerski, 2015; Grabkowska, Frankowski, 2016; Mohammed i in., 2022), wytwarzając nową odmianę kultury miejskiej (Rewers, 2015). W momencie gdy te przekształcenia są wyraźne, nazywa się je studentyfikacją, co wiąże się z zastąpieniem na danym obszarze dotychczasowych stałych mieszkańców przez studentów i absolwentów (Bajerski, 2015; Kubicki, 2017; Zasina, 2017). Proces sukcesji powoduje, że studentyfikacja określana jest przez część badaczy jako proces poprzedzający właściwą gentryfikację (Bajerski, 2015; Grabkowska, Frankowski, 2016), „składowy proces gentryfikacji" czy „nowo budowana gentryfikacja" (Rewers, 2015). Przez socjologów proces ten uznawany jest za gentryfikację marginalną (Grabkowska, Frankowski, 2016; Kubicki, 2017). Takie podejście w badaniach socjologicznych wynika z faktu, że z jednej strony studenci migrują do miast, wypychając stamtąd dotychczasową ludność, ale w tym samym czasie wielkie miasta Polski odczuwają bardziej suburbanizację, która jest możliwa m.in. dzięki wynajmowaniu mieszkań studentom (Kubicki, 2017). Są opinie, że studentyfikacja i gentryfikacja to częściowo podobne procesy, ale nie tożsame (Bajerski, 2015; Rewers, 2015), czy wręcz przeciwnie, studentyfikacja to degentryfikacja (Rewers, 2015).

Studentyfikacja przez Kubickiego (2017) postrzegana jest jako zjawisko jednoznacznie negatywne, ze względu na niepożądane zmiany w strukturze usług, m.in. poprzez zwiększenie udziału sklepów monopolowych w okolicy, możliwość generowania konfliktów z mieszkańcami, drobnej przestępczości (Mohammed i in., 2022) i ograniczenie tworzenia więzi społecznych charakterystycznych dla sąsiedztwa (Kubicki, 2017). Taka atomizacja społeczna może prowadzić do zmniejszania aktywności w radach osiedlowych i dzielnicowych, zwiększenia się negatywnych zjawisk społecznych, a przez to spadku jakości życia (Kubicki, 2017; Montgomery, 2021). Według innych badaczy studentyfikacja jest procesem niejednoznacznym (Bajerski, 2015), zachodzącym w zależności od konkretnego miasta (Mohammed i in., 2022), który oprócz negatywnych czynników może przynieść pozytywne efekty w postaci regeneracji zaniedbanych dzielnic, budowy nowych mieszkań dla studentów, rozwoju sektora obsługi studentów, zwiększenia popytu w gospodarce lokalnej, a także zmniejszenia przestępczości, jeśli studenci są zaangażowani społecznie (Mohammed i in., 2022).

[1] Grabkowska i Frankowski (2016) uznają, że wpływ studentów na strukturę przedsiębiorstw jest mały, ze względu na ich niskie możliwości konsumpcji oraz bycie jedną z, choć ważną, grupą konsumentów. Podobne podejście autorzy mają do oddziaływania studentów na rynek nieruchomości, uważając, że jeśli już, to zagraniczni żacy mogą mieć wpływ na koszty mieszkań wyższej jakości ze względu na większe zasoby finansowe.

Studenckie Koło Naukowe Geografów UAM w Poznaniu badało warunki i komfort zakwaterowania studentów Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza (dalej UAM) na przełomie 2021 i 2022 roku (Depta, Olejniczak, 2022). Badanie to zostało przeprowadzone przed inwazją Rosji na Ukrainę, która spowodowała wzmożenie napływu Ukraińców do Polski[2], co ograniczyło dostępne zasoby mieszkaniowe, zwłaszcza w wielkich miastach (Amron, 2023, s. 40). W 2022 roku inflacja wzrosła z 5,1% do 14,4%, a rok później wyniosła 11,4%, co odbiło się na cenach mieszkań. W 2022 roku ich ceny zwiększyły się średnio o 20% (GUS, 2024), co mogło obniżyć standard życia i możliwości wyboru rodzaju zakwaterowania. W 2023 roku doszło do protestu studentów przeciwko zamknięciu Domu Studenckiego „Jowita" UAM, znajdującego się w centrum miasta przy rondzie Kaponiera. Strajk spowodował zwrócenie uwagi na brak rozwoju bazy mieszkaniowej przez ośrodki akademickie w Polsce (Wójcik, 2023; Gardulska, 2024). W dniu 18 września tego samego roku otwarto też DS „Meteor" na kampusie Morasko, należący do UAM, w północnej części Poznania (Życie Uniwersyteckie, 2023). Warto zaznaczyć, że studenci cechują się dużą mobilnością i zmieniają dzielnice oraz typy mieszkań w trakcie swoich studiów (Rewers, 2015; Zasina, 2020), co można określić nomadzkim trybie życia (Kubicki, 2017). Wyżej wymienione czynniki zachęciły autorów do przeprowadzenia badania.

Cel, zakres i metody pracy

Głównym celem pracy była diagnoza aktualnego stanu i ukazanie zmian w warunkach mieszkaniowych studentów w Poznaniu między 2022 i 2024 rokiem, a więc w okresie wzrostu kosztów życia. Praca nawiązuje do badania Depty i Olejniczaka (2022) oraz stanowi jego rozszerzenie. Stąd cele szczegółowe z opracowania Depty i Olejniczaka, takie jak: 1) analiza rozmieszczenia miejsc zakwaterowania studentów, 2) identyfikacja wad i zalet poszczególnych typów zakwaterowania, 3) zbadanie struktury ponoszonych kosztów oraz ich wpływu na wybrany rodzaj zakwaterowania, są również powtórzone w niniejszym badaniu. Ponadto postawiono następujące nowe pytania badawcze: 4) do jakich zmian doszło w rodzaju zakwaterowania studentów?, 5) jak zmieniła się struktura ponoszonych kosztów?, 6) w jaki sposób studenci dojeżdżają na uczelnię?

Badanie zostało przeprowadzone metodą ankietową w języku polskim w terminie 22.01–29.02.2024. Objęto nim 825 studentów UAM. Ankieta została sporządzona w serwisie internetowym Interankiety i dołożono wszelkich starań, aby była rozprowadzona poprzez pocztę studencką[3]. Taka forma badania nie pozwoliła

[2] 25 grudnia 2023 roku w Polsce znajdowało się 953 635 uchodźców z Ukrainy. Za: Operational Data Portal, 2024, Ukraine Refugee Situation.

[3] Odpowiedź zwrotną z informacją o przesłaniu ankiety do studentów otrzymano z Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych; Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej; Prawa i Administracji; Matematyki i Informatyki; Archeologii; Antropologii i Kulturoznawstwa; Historii; Nauk o Sztuce; Neofilologii; Filozoficznego; Psychologii i Kognitywistyki; Socjologii oraz Instytutu Kulturoznawstwa.

na losowy dobór próby ani na stworzenie reprezentacyjnej grupy badanej. Kwestionariusz zawierał 18 pytań zamkniętych, 1 półotwarte (o miejsce pochodzenia) i zakładał możliwość dodania komentarzy do ankiety, które zostały wykorzystane do pogłębienia wniosków z pozyskanych danych. W porównaniu z badaniem Depty i Olejniczaka (2022) zmieniono pytania ankiety, które brzmiały: 1) Jaka jest twoja płeć?, 2) Jaka jest wielkość miejscowości twojego pochodzenia?, 3) Skąd pochodzisz?, 4) Na jakiej uczelni studiujesz?, 5) Na którym roku jesteś?, 6) W jakim trybie studiujesz?, 7) Jakie jest twoje miejsce zakwaterowania?, 8) W jakiej części miasta mieszkasz?, 9) Z iloma osobami dzielisz pokój?, 10) Z iloma osobami mieszkasz?, 11) Z kim mieszkasz?, 12) Od kogo wynajmujesz?, 13) Dlaczego zdecydowałeś się na zamieszkanie w wybranym typie zakwaterowania?, 14) Jak oceniasz poszczególne warunki w Twoim miejscu zakwaterowania?, 15) Co zmieniłbyś w swoim miejscu zamieszkania?, 16) Jakie średnie miesięczne koszty najmu/zamieszkania ponosisz?, 17) Jak oceniasz swoją sytuację finansową?, 18) W jaki sposób najczęściej docierasz na uczelnię?, 19) Jak oceniasz dojazd na uczelnię?

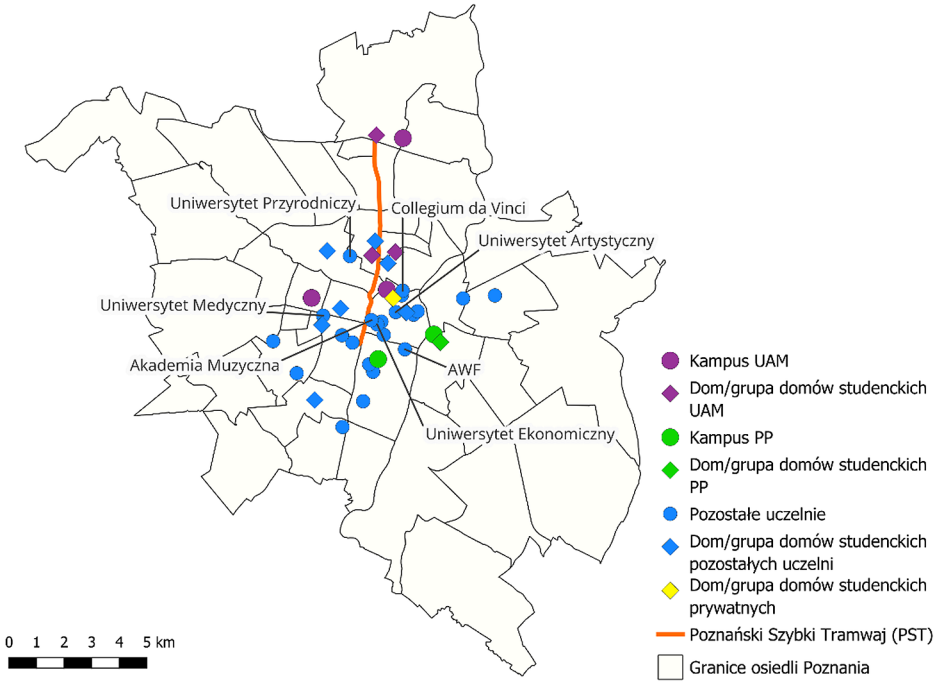
Wyniki badań porównano również z danymi z Bazy Danych Miasta (2024) o studentach z roku akademickiego 2022–2023, raportem Amron „Studenci na rynku nieruchomości. Raport 2023", tekstami Murzyn-Kupisz i Szmytkowskiej (2015), Kotusa i in. (2015), Grabkowskiej i Frankowskiego (2016) oraz Zasiny (2020).

Rozmieszczenie szkół wyższych i akademików w Poznaniu

Na początku 2024 roku na terenie Poznania znajdowały się 24 szkoły wyższe (POZnań, 2024). Jedna trzecia z nich ma status publiczny, pozostałe są prywatne. Liczba wyżej wymienionych placówek akademickich bezpośrednio przekłada się na liczbę domów studenckich. Należą do nich zarówno te, które są własnością uczelni publicznych, jak i prywatne akademiki.

Wydziały dwóch największych pod względem liczby studentów (Baza Danych Miasta, 2024) szkół wyższych – Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (28,4 tys. os.) i Politechniki Poznańskiej (14,6 tys. os.; dalej PP) – podzielone są na kampusy położone w różnych częściach Poznania (ryc. 1). Pierwsza z tych uczelni posiada trzy „miasteczka uniwersyteckie": 1) kampus Morasko, leżący w północnej, peryferyjnej części miasta, podzielony na dwie części: zachodnią (z większością budynków) i wschodnią (z Collegium Geographicum) (Konecka-Szydłowska, 2020), 2) kampus Śródmiejski, którego wydziały mieszczą się na Starym Mieście i w jego najbliższych okolicach, 3) kampus Ogrody, zlokalizowany na osiedlu o tej samej nazwie.

Tereny PP mieszczą się w dwóch kampusach (ryc. 1): 1) kampusie Warta, znajdującym się po wschodniej stronie tejże rzeki, na terenie dwóch poznańskich osiedli – Rataje i Ostrów Tumski–Śródka–Zawady–Komandoria, 2) kampusie Wilda w północnej części jednostki administracyjnej o tej samej nazwie.



Ryc. 1. Rozmieszczenie szkół wyższych i domów studenckich na terenie Poznania
Fig. 1. Arrangement of selected universities and student dormitories in Poznań

Pozostałe szkoły wyższe skoncentrowane są w pojedynczych kampusach, czasami nawet w jednym budynku (Wyższa Szkoła Zdrowia, Urody i Edukacji). Trzy z uczelni publicznych położone są na obszarze Starego Miasta: Uniwersytet Ekonomiczny (7,4 tys. os.; dalej UEP), Uniwersytet Artystyczny i Akademii Muzycznej. Do wyjątków należą: Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego mieszcząca się w północno-wschodniej części Wildy, Uniwersytet Medyczny (7,4 tys. os.) na północno-zachodnim krańcu osiedla św. Łazarz oraz Uniwersytet Przyrodniczy (7,2 tys. os.; UPP) znajdujący się w obrębie Sołacza.

Sześć niepublicznych szkół wyższych leży na Starym Mieście, jednak pozostała część zlokalizowana jest w różnych dzielnicach miasta. Większa część z nich w południowym fragmencie miasta z Wildą, Świerczewem, św. Łazarzem oraz Grunwaldem Południe. Pozostałe dwie z omawianych placówek usytuowane są na wschód od centrum miasta, a ostatnia z uczelni – w granicach osiedla Ławica.

Większość szkół wyższych i ich kampusów znajduje się w centrum miasta, co jest charakterystyczne dla głównych ośrodków akademickich w Polsce (Konecka-Szydłowska, 2020).

Domy studenckie przeważnie położone są w najbliższym sąsiedztwie wydziałów poznańskich szkół wyższych (ryc. 1). Tak jest w przypadku otwartego w 2023 roku „Meteoru" na kampusie UAM Morasko czy akademików przy kampusie PP Warta. Odstępstwem od tej reguły jest należący do UEP DS „Atol", który znajduje

się w centralnej części Górczyna. Dwa największe skupiska domów studenckich UAM, UEP i UPP zlokalizowane są na północ od Starego Miasta, po obu stronach trasy Poznańskiego Szybkiego Tramwaju (tzw. „Pestka", PST). W pobliżu kampusu Staromiejskiego, przy al. Niepodległości mieści się ponadto DS „Hanka" UAM oraz prywatny „Student Depot". Ten ostatni w czasie pisania artykułu jest rozbudowywany o 11-kondygnacyjne skrzydło, które ma być gotowe w 2025 r. i zapewnić miejsce dla ponad 400 studentów (Ufa, 2024). Wpisuje się to w ostatnie trendy, polegające na powstawaniu coraz większej liczby prywatnych domów studenckich (Pawłowska, 2023). Taka lokalizacja prywatnego akademiku jest typowa dla tego typu zakwaterowania (Zasina, 2017), co pozwala studentom na korzystanie z życia kulturalnego i nocnego oraz zapewnia dogodny dostęp do śródmiejskich uczelni.

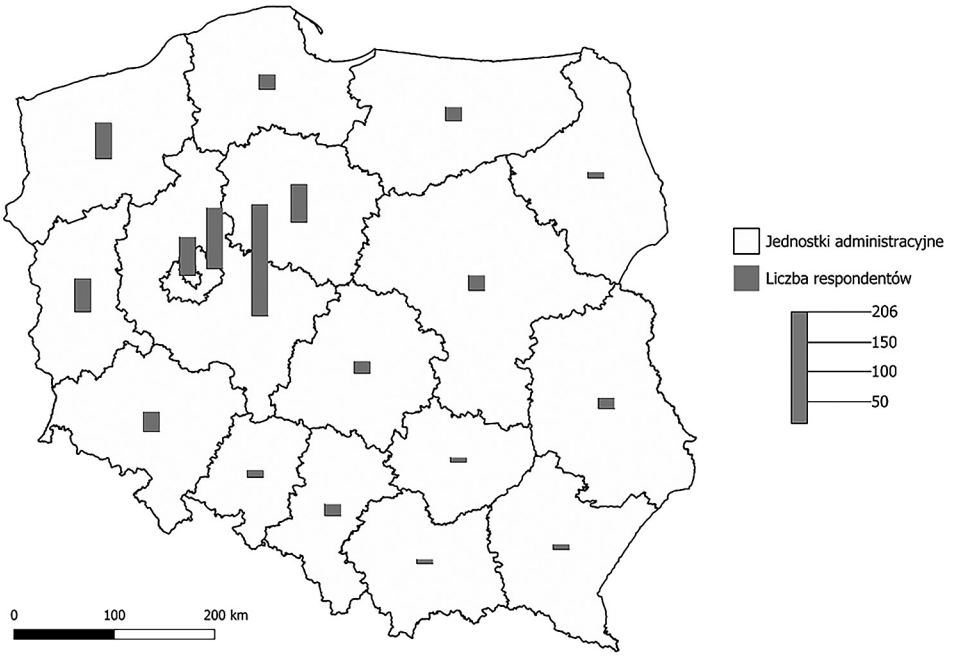
Warto zaznaczyć, że w Poznaniu nie ma wielu PBSA (ang. *Purpose Built Student Accomodation*), czyli celowo wznoszonych obiektów dla zakwaterowania studentów, które mogą oferować dodatkowe usługi, a w których przeważnie mieszkają osoby z rodzin o wyższym dochodzie lub obcokrajowcy (Zasina, 2017, 2020). Według „Poland student accomodation report" (2023) w 2014 r. w Poznaniu w PBSA znajdowało się 496 łóżek.

Charakterystyka grupy badanej

Wśród respondentów-studentów UAM większość stanowiły kobiety (65%), udział mężczyzn był dwukrotnie mniejszy (31%). Pozostała część badanych (4%) określiła swoją płeć jako „inna". Wyższy udział kobiet był w badaniu Depty i Olejniczaka (2022), gdzie stanowiły 72% respondentów, a mężczyźni 24%. W analizie Bazy Danych Miasta nt. Studentów z roku akademickiego 2022/2023 wartości te wynosiły kolejno 58% i 42% oraz w danych GUS dla województwa wielkopolskiego za 2022 r. 59% i 41%.

W odpowiedzi na pytanie dotyczące wielkości miejscowości pochodzenia ankietowanych najwięcej osób (265, 32,1%) wskazało opcję „duże miasto" (w którym żyje >100 000 os.), z czego 112 osób było z Poznania. Nieco mniej respondentów (193 os., 23,4%) pochodzi z miast średniej wielkości (20 000–100 000 os.). Najmniej licznie reprezentowane były małe miasta (<20 000 os.), odpowiedź tę wybrało 133 ankietowanych (16,1%). Reszta osób pochodziła ze wsi (234 os., 28,4%), z czego 37 ankietowanych to osoby ze wsi powiatu poznańskiego, a więc z terenów podlegających suburbanizacji. Wyniki te są zbliżone do tych z tekstu Depty i Olejniczaka (2022), w którym osoby z dużego miasta stanowiły 36% respondentów, średniego – 22%, małego – 16%, a ze wsi – 26%.

W pytaniu o jednostkę administracyjną pochodzenia (ryc. 2) ankietowani mogli wybrać jako odpowiedź powiat: poznański i miasto Poznań, województwo wielkopolskie (bez wymienionych powiatów), inne województwo i inny kraj. Ze wskazań respondentów wynika, że prawie połowa badanych (47%) pochodzi z województwa wielkopolskiego, w tym 13,6% z Poznania i 8,5% z powiatu poznańskiego. Następnymi województwami są pod tym względem: kujawsko-pomorskie



Ryc. 2. Rozkład przestrzenny pochodzenia ankietowanych studentów (z wyjątkiem cudzoziemców)
Fig. 2. Spatial distribution of respondents' origins from Poland

(8,4%), zachodniopomorskie (7,9%) oraz lubuskie (7,3%). Są to więc jednostki administracyjne graniczące z województwem wielkopolskim oraz znajdujące się blisko Poznania. Jest to typowe zjawisko dla Polski, gdzie studenci zazwyczaj wybierają najbliższy duży ośrodek akademicki (Kotus i in., 2015).

Grupa studentów, która pochodziła spoza Polski, wyniosła 4%, udział w tym miały w główniej mierze osoby z Białorusi (2,4%) i Ukrainy (1,5%), czyli z głównych kierunków imigracji ludzi do Polski (ZUS, 2023). Najmniejsza liczba ankietowanych wskazała województwa: opolskie, małopolskie, podkarpackie, podlaskie i świętokrzyskie (po 1%), czyli te znajdujące się w dużej odległości od Poznania.

Odpowiedzi na to pytanie nie różnią się znacznie od wyników uzyskanych w poprzednich tego typu badaniach (Bajerski, 2011; Depta, Olejniczak, 2022; Baza Danych Miasta, 2023). Według danych GUS, w 2022 roku w województwie wielkopolskim cudzoziemcy stanowili 8% studentów, a zatem są oni niedoreprezentowani w tym badaniu. Może to wynikać z bariery językowej, gdyż ankieta była przeprowadzona wyłącznie w języku polskim.

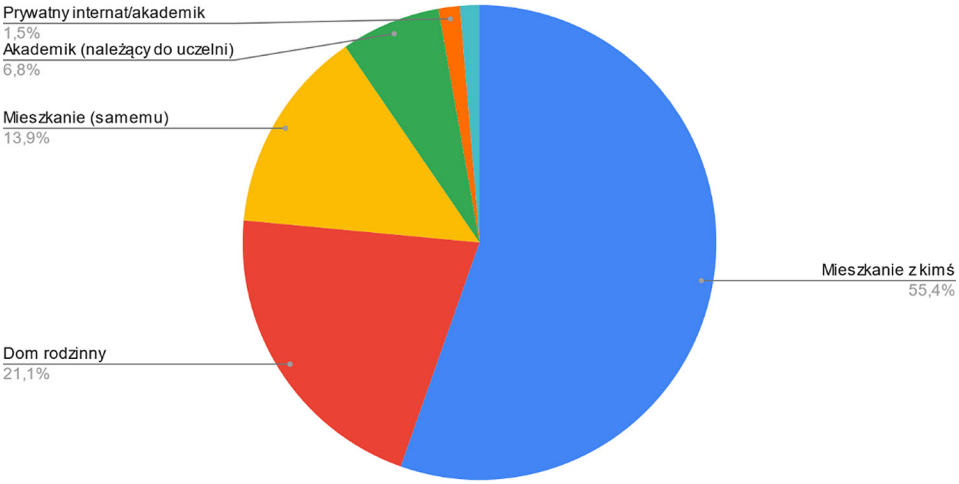
Większość respondentów studiowała stacjonarnie (91%), a mała część badanych wybrała opcję „niestacjonarnie" (9%). W ankiecie znalazło się również pytanie o rok studiów, a udział poszczególnych lat studiów kształtował się następująco:

– I rok – 34%,
– II rok – 25%,
– III rok – 20%,
– IV rok (7 semestr studiów inżynierskich lub I rok studiów magisterskich) – 13%,
– V rok (II rok studiów magisterskich) – 8%,
– studia doktoranckie – 0%.

Udział studentów z każdym kolejnym rokiem spadał, a badanie objęło tylko 2 doktorantów.

Charakterystyka miejsc zamieszkania studentów i ich rozkład przestrzenny

Studentom zadano pytanie, w jakim typie zakwaterowania mieszkają (ryc. 3). Mogli wybrać: 1) akademik należący do uczelni, 2) akademik należący do prywatnego podmiotu, 3) mieszkanie bez współlokatorów, 4) mieszkanie z innymi osobami, 5) dom rodzinny, 6) inną formę zakwaterowania.

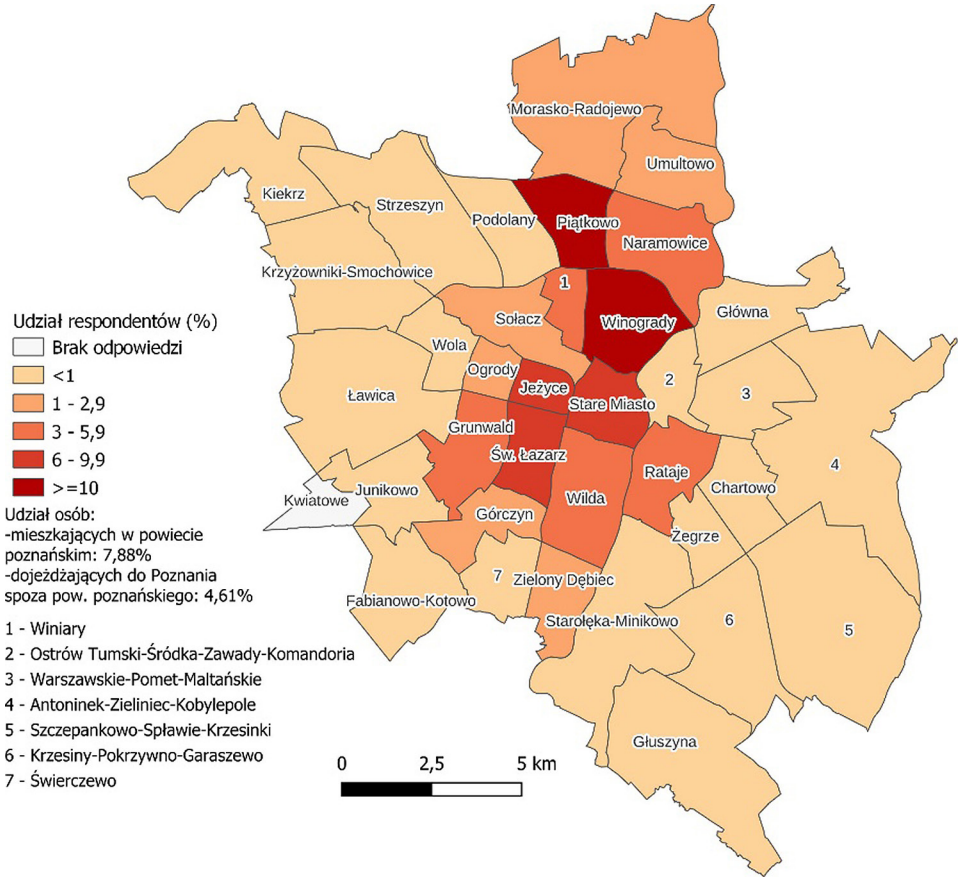


Ryc. 3. Struktura odpowiedzi na pytanie: Jakie jest miejsce twojego zamieszkania?
Fig. 3. Structure of answers on question: What is the place of your residence?

Najwięcej, bo aż 457 ankietowanych, mieszkało ze współlokatorem (ryc. 3). Jest to spowodowane przede wszystkim podziałem kosztów wynajmu i użytkowania mieszkania, może to też być próba rozpoczęcia dorosłego i niezależnego od rodziców życia w „quasi-gospodarstwach domowych" (Bajerski, 2015). Dom rodzinny wybrało 174 respondentów i jest to podyktowane również względami finansowymi. Osoby mieszkające z rodzicami mogą w ten sposób oszczędzać pieniądze, przez brak potrzeby opłacania czynszu. Jest to także podyktowane

strukturą pochodzenia, 22% osób pochodzi z Poznania i najbliższych okolic (ryc. 2), a 5% dojeżdża spoza tego obszaru (ryc. 4), czyli mieszka na tyle blisko, że koszt dojazdu na uczelnię nie przekracza kosztów związanych z przeprowadzką czy niedogodnościami wynikającymi z mieszkania z innymi osobami. Polskojęzyczność ankiety mogła wpłynąć na mniejszą liczbę obcokrajowców w badaniu oraz nieznacznie na niższy udział odpowiedzi z akademików publicznych (56 os.) i prywatnych (12 os.), które częściej zamieszkują takie osoby (Zasina, 2017). Zagraniczni studenci również częściej żyją w mieszkaniach samemu (Zasina, 2020). Wszystkie wyniki nie odbiegają znacząco od badania Depty i Olejniczaka (2022), z wyjątkiem opcji domu rodzinnego, który uzyskał prawie dwa razy większy udział, oraz akademików, których łączny udział spadł z 11 do 8,3%.

Jednym z aspektów poddanych analizie był rozkład przestrzenny miejsc zamieszkania studentów na terenie miasta Poznania. Na wstępie należy zaznaczyć, że w celu ułatwienia orientacji respondentów zostały połączone niektóre osiedla



Ryc. 4. Struktura respondentów według osiedla zamieszkania w Poznaniu
Fig. 4. Structure of respondents according to the district of residence in Poznań

(jednostki pomocnicze miasta Poznania): Stare Winogrady, Nowe Winogrady Północ, Nowe Winogrady Południe i Nowe Winogrady Wschód w jedną jednostkę terytorialną, która występuje w opracowaniu jako Winogrady. Podobne połączenie zostało zastosowane w przypadku Grunwaldu, na który składają się następujące osiedla: Stary Grunwald, Grunwald Północ oraz Grunwald Południe, a także Piątkowa i Piątkowa Północ, które zostały potraktowane razem jako Piątkowo.

Najwięcej studentów biorących udział w ankiecie mieszkało na Piątkowie (12,6%) i Winogradach (10,7%), następne w kolejności są: Stare Miasto (8,1%) i Jeżyce (7,5%). Wysokimi wartościami odznaczają się także dzielnice: św. Łazarz (6,6%), Grunwald (5,3%), Rataje (4,9%), Wilda (4,9%) i Winiary (4%). Dodatkowo 7,9% respondentów mieszka w powiecie poznańskim, a 4,6% poza Poznaniem i powiatem poznańskim. Najwięcej studentów mieszka w dzielnicach centralnych i północnych, a najmniej w dzielnicach peryferyjnych. Spowodowane jest to różnymi czynnikami. Wysoki odsetek respondentów w centrum jest wynikiem dobrej dostępności komunikacyjnej, bliskości uczelni (ryc. 1), miejsc kulturalno-rozrywkowych i udziału osób z Poznania (ryc. 2), co może być powiązane z gęstością zaludnienia w mieście. Stosunkowo wysoki udział respondentów w północnej części miasta, szczególnie na Piątkowie, to efekt bliskości największego kampusu w Poznaniu – kampusu Morasko.

Taka lokalizacja między kampusem a centrum miasta jest częstym wyborem wśród studentów w Polsce, Wielkiej Brytanii czy USA (Kotus i in., 2015). Powstanie DS „Meteor" nie wpłynęło na udział Moraska-Radojewa w zamieszkaniu studentów. Na Winogradach znajdują się domy studenckie (ryc. 1), szereg parków (w tym Cytadela), a tak jak Piątkowo osiedle to charakteryzuje się zabudową wielorodzinną w postaci blokowisk, co świadczy o studentyfikacji wertykalnej podobnej do tej w Hiszpanii i w państwach Europy Środkowo-Wschodniej, w przeciwieństwie do horyzontalnej w Wielkiej Brytanii (Zasina, 2017, 2020). Możliwe, że część respondentów zamieszkiwała akademiki, a w czasie studiów się wyprowadziła w obrębie tej samej dzielnicy, zachowując więzi społeczne i zostając w znanej dzielnicy (Grabkowska, Frankowski, 2016). Wyniki są bardzo podobne do rezultatów innych badań (Kotus i in., 2015; Depta, Olejniczak, 2022).

Kolejnym aspektem było ustalenie, z iloma osobami respondenci dzielą pokój. Należy zaznaczyć, że w badaniu tym nie uwzględniono sytuacji, w której ankietowani wybierali opcję „mieszkanie samemu". Zdecydowanie najwięcej studentów (477 os.), pomimo mieszkania z innymi osobami, nie dzieli z nikim pokoju. Wynika to przede wszystkim z potrzeby prywatności, która dotyczy każdego człowieka (Montgomery, 2021). 218 respondentów dzieli pokój z jedną osobą, a 9 z dwiema (tab. 1). Są to przede wszystkim osoby żyjące w mieszkaniach będące w pewnej więzi ze sobą (rodzina, znajomi, przyjaciele, partner/partnerka; tab. 3). Pewien odsetek stanowią tutaj studenci mieszkający w akademikach, gdzie wybór osób/osoby z którymi dzieli się pokój, jest ograniczony. Prawie nikt nie dzieli pokoju z 3 lub większą liczbą lokatorów. W badaniu widać różnicę między publicznymi akademikami a prywatnymi, w tych drugich większość osób może mieszkać w pojedynkę (tab. 1), co można powiązać z większymi możliwościami finansowymi, a przez to z wyższymi wymaganiami oraz wyższym standardem oferowanej usługi

Tabela 1. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Z iloma osobami dzielisz pokój?
Table 1. Structure of answers on question: How many people do you share the room with?

Miejsce zakwaterowania	0	1	2	3	4	5	7≤
Akademik (należący do uniwersytetu) (%)	1,8	5,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Mieszkanie z kimś (%)	41,6	21,8	0,4	0,0	0,1	0,3	0,1
Dom rodzinny (%)	21,1	2,8	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
Prywatny internat/akademik (%)	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Inne (%)	1,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Łącznie (%)	67,2	30,6	1,1	0,1	0,1	0,3	0,2

Uwaga: ze względu na zaokrąglenia, dane się nie sumują do 100%.

(Zasina, 2017, 2020). W porównaniu z badaniem Depty i Olejniczaka (2022), liczba studentów niedzieląca z nikim pokoju wzrosła o około 10 p.p. kosztem osób dzielących pokój z jedną osobą. Wyniki dla ogółu osób pokrywają się z raportem Amron (2023), różniąc się w zakresie osób zamieszkałych w akademikach. Według Amron, 62% studentów w akademikach publicznych miało jednego współlokatora, a 64% respondentów żyło w pojedynkę w prywatnych internatach, w grupie badanej takie osoby stanowiły kolejno 75% i 92% (tab. 1).

Zadano również pytanie, z iloma osobami mieszkają studenci, a w przypadku, gdy mieszkają w akademiku, ile osób mieszka w skrzydle budynku wraz z nimi. Pytanie nie zostało zadane osobom mieszkającym w pojedynkę. Wyniki różnią się od badania przeprowadzonego dwa lata temu (Depta, Olejniczak, 2022). Wzrósł udział osób mieszkających z jedną osobą z 20,9% do 34%, respondentów mieszkających z dwiema innymi przybyło z 20,9% do 24%. Zmniejszyła się liczba osób mieszkających z większą liczbą współlokatorów (tab. 2), częściowo można to tłumaczyć wyższym udziałem osób pozostających w domu rodzinnym (ryc. 3). Do

Tabela 2. Udział odpowiedzi z 2022 i 2024 roku na pytanie: Z iloma osobami mieszkasz?
Table 2. Structure of answers from 2022 and 2024 year on question: From who do you rent?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9≤
2022 (%)	20,9	20,9	22,6	16,3	9,7	5,5	2,9	0,5	0,7
2024 (%)	34,4	24,2	18,0	9,9	6,1	1,4	0,8	0,1	5,1
Różnica (p.p.)	+13,5	+3,3	–4,6	–6,4	–3,6	–4,1	–2,1	–0,4	+4,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie Depta i Olejniczak (2022).

Tabela 3. Struktura odpowiedzi na pytanie: Z kim mieszkasz?
Table 3. Structure of answers on question: Who do you live with?

	2022 (%)	2024 (%)	Różnica (p.p.)
Osoby niepowiązane z Tobą żadnymi relacjami	35,7	29,3	–6,4
Członkowie rodziny	16,2	28,7	+12,5
Znajomi	26,7	21,1	–5,6
Partner/partnerka	21,4	20,9	–0,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie Depta i Olejniczak (2022).

zmiany doszło w przypadku studentów mieszkających z ponad dziewięciorgiem współlokatorów, ale są to przeważnie osoby z akademików, prywatnych i publicznych. Wyniki różnią się również od raportu Amron (2023), po nieuwzględnieniu osób mieszkających w pojedynkę, według tego źródła 43% studentów ma jednego współlokatora, czyli większy odsetek niż w grupie badanej, udział osób z dwoma współlokatorami jest podobny.

Najwięcej, bo 208 respondentów, mieszka z ludźmi niepowiązanymi żadnymi relacjami, a 204 osoby z członkami rodziny. Ze znajomymi mieszkało 150 ankietowanych, a z partnerem lub partnerką 148 osób (tab. 3). W porównaniu do badania Depty i Olejniczaka (2022) wzrósł udział studentów mieszkających z członkami rodziny, kosztem osób niepowiązanych żadnymi relacjami i znajomych, co jest efektem struktury grupy badanej (ryc. 3). W pytaniu można było wybrać jedną odpowiedź, dlatego nie uchwycono osób, które mieszkają z osobami z kilku grup społecznych (np. z partnerem i rodzeństwem).

Tabela 4. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Od kogo wynajmujesz?
Table 4. Structure of answers on question: From who do you rent?

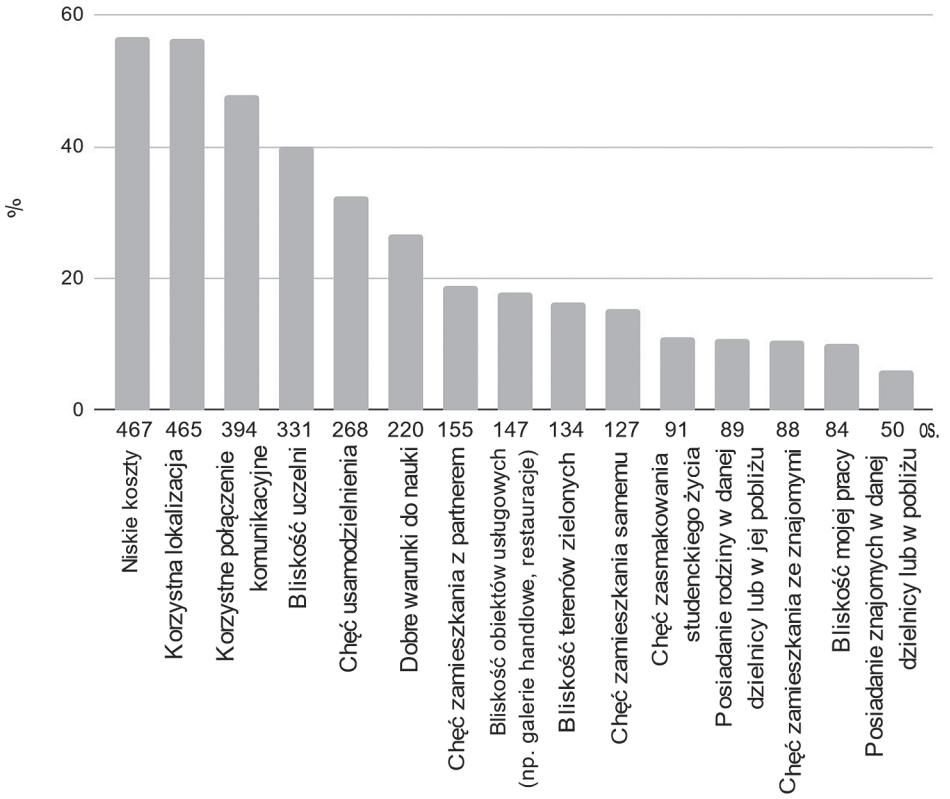
Miejsce zakwaterowania	Rodzina (%)	Znajomi (%)	Osoba prywatna (niepowiązana żadnymi relacjami) (%)	Agencja nieruchomości (%)	Nie wynajmuję (%)
Mieszkanie (samemu)	0,9	0,7	7,0	2,5	3,9
Mieszkanie z kimś	2,2	3,4	44,0	5,5	4,4
Dom rodzinny	0,4	0,0	0,5	0,1	21,6
Prywatny internat/ akademik	0,0	0,0	1,4	0,1	0,0
Inne	0,0	0,0	0,8	0,1	0,5
Łącznie	3,5	4,1	53,7	8,3	30,4

413 ankietowanych wynajmuje mieszkanie od osób prywatnych niezwiązanych z nimi żadnymi relacjami, są to głównie osoby żyjące w mieszkaniach. 234 os. nie wynajmują w ogóle mieszkania, z czego 166 to studenci w domu rodzinnym, a 64 os. mieszkające w lokalach, które mogą być ich własnością, rodziców lub być opłacane przez partnera. 64 badanych wynajmuje mieszkania od agencji nieruchomości, 31 od znajomych, a 27 od rodziny (tab. 4). Pytania tego nie zadano osobom mieszkającym w publicznym akademiku, ponieważ przy tej formie własności tylko uniwersytet jest wynajmującym.

Kryteria wyboru typów zakwaterowania

W rozdziale tym zostaną przedstawione te wyniki badania ankietowego, które dotyczą kryteriów wyboru poszczególnych typów zakwaterowania przez studentów

poznańskich uczelni. Głównym kryterium wyboru miejsca zamieszkania przez respondentów ankiety były niskie koszty (467 os.; ryc. 5). Kolejnym znaczącym kryterium była korzystna lokalizacja (465 os.), co jest w literaturze zidentyfikowane jako podstawowy aspekt (Kotus i in., 2015). Dodatkowo wielu respondentów kierowało się w swoich decyzjach korzystnym połączeniem komunikacyjnym (394 os.) oraz bliskością uczelni (331 os.). Wyniki te w dużej mierze pokrywają się z raportem Amron (2023), w którym również podkreślona jest częstość wyboru kryterium niskiej ceny i bliskości uczelni.



Ryc. 5. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Dlaczego zdecydowałeś się na zamieszkanie w wybranym typie zakwaterowania?

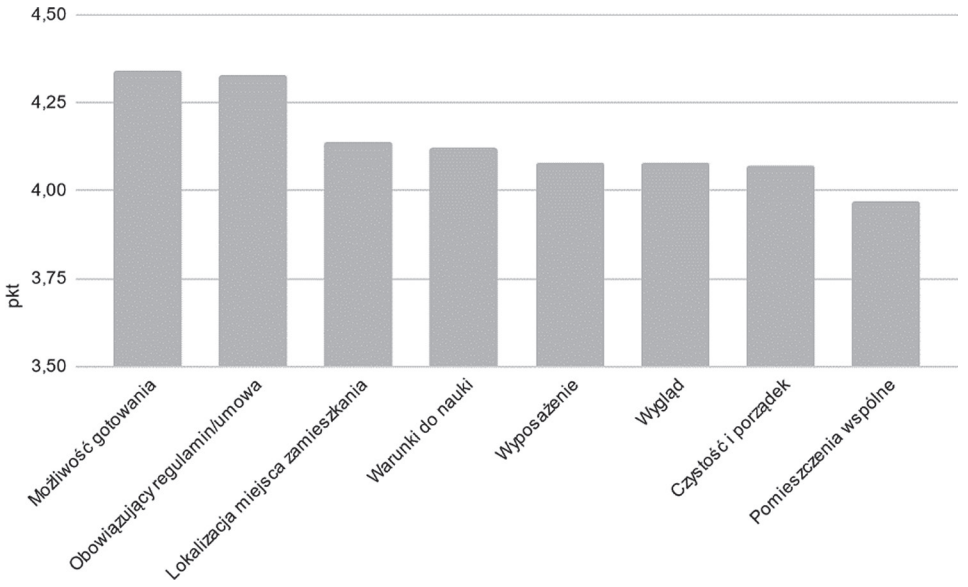
Fig. 5. Structure of answers on question: Why did you choose to live in the type of accommodation you selected?

Warto podkreślić, że spory odsetek respondentów (ok. 1/3) wskazuje jako ważny aspekt wyboru lokum chęć usamodzielnienia się (268 os.) oraz dobre warunki do nauki (220 os.). Tak duży udział respondentów wybierających wspomniane opcje jest wymownym świadectwem, że badana grupa społeczna na ogół ma podobne preferencje i aspiracje.

Wyników tych nie można w pełni przenieść na grunt innych miast. Badania w Poznaniu, Krakowie, Trójmieście (Gdańsk, Gdynia i Sopot; Kotus i in., 2015; Murzyn-Kupisz, Szmytkowska, 2015) i Łodzi (Zasina, 2020) również potwierdziły, że ważnym czynnikiem była cena i dobry dojazd transportem publicznym, co zmniejszyło znaczenie odległości od uniwersytetu. Badania w Gdańsku z 2016 roku (Grabowska, Frankowski, 2016) wykazały, że najważniejszymi czynnikami były: cena (dla 44,7% badanych), co się pokrywa z badaniami, odległość od uniwersytetu (28,6%), jakość lokum (13,1%), dostępność transportu publicznego (6,2%). W Poznaniu ważniejszym aspektem była korzystna lokalizacja lokum, a następnie dobre połączenie komunikacyjne, które mogły zmniejszyć znaczenie odległości od uczelni (ryc. 5).

Najmniejsza liczba respondentów wskazała na posiadanie znajomych w danej dzielnicy lub w pobliżu (50 os.), bliskość miejsca pracy (84 os.) oraz chęć zamieszkania ze znajomymi (88 os.). Prawdopodobnie jest to spowodowane tym, że lokalizacja miejsca i komunikacja publiczna jest najważniejszym aspektem, który również rekompensuje pozostałe kryteria. Tak jak np. to, że dobra komunikacja publiczna pozwala w krótkim czasie dotrzeć do miejsca pracy lub zamieszkania znajomych, rodziny. W komentarzach do ankiety zwrócono uwagę, że potrafią wystąpić „nietypowe" czynniki wpływające na wybór, takie jak pies, podkreślono też, że wysokie koszty najmu ograniczają i utrudniają wybór mieszkań.

W kolejnym pytaniu respondenci mieli możliwość oceny niektórych warunków w miejscu swojego zakwaterowania w skali od 1 (bardzo źle) do 5 (bardzo

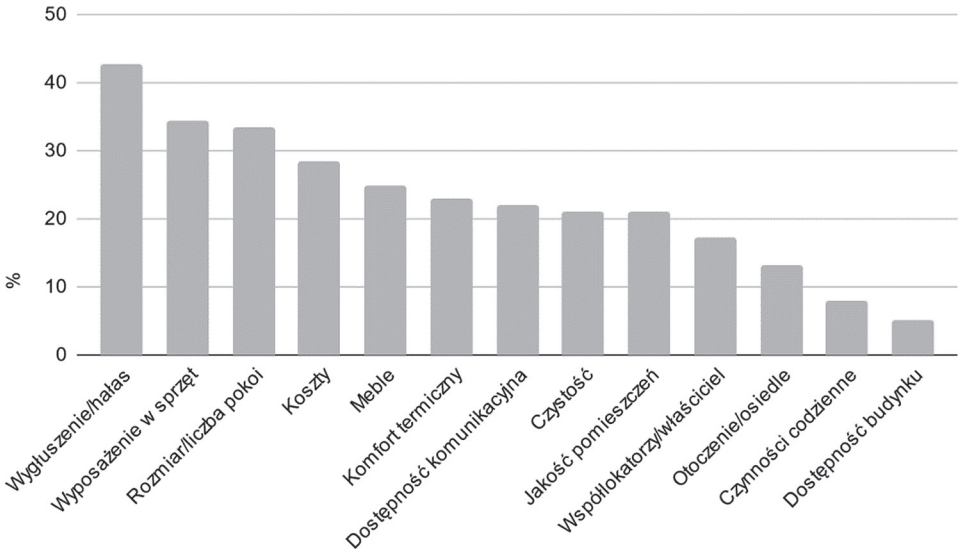


Ryc. 6. Średnia ocena na pytanie: Jak oceniasz poszczególne warunki w Twoim miejscu zakwaterowania?

Fig. 6. Mean rating on question: How do you rate the various factors in your accommodation?

dobrze). Ich zdaniem najbardziej pozytywnym czynnikiem jest możliwość gotowania (średnia ocen 4,34), co także było aspektem podkreślanym we wcześniejszym badaniu (Depta, Olejniczak, 2022). Istnieje duże prawdopodobieństwo, że jest to efekt sytuacji finansowej oraz inflacji, która sprawia, że jedzenie poza miejscem zamieszkania staje się coraz droższe, na tę kwestię zwrócono też uwagę w innych tekstach (Kotus i in., 2015; Murzyn-Kupisz, Szmytkowska, 2015). Drugim najlepiej ocenianym czynnikiem jest obowiązujący regulamin (średnia 4,33), co pokrywa się z badaniami Depty i Olejniczaka (2022).

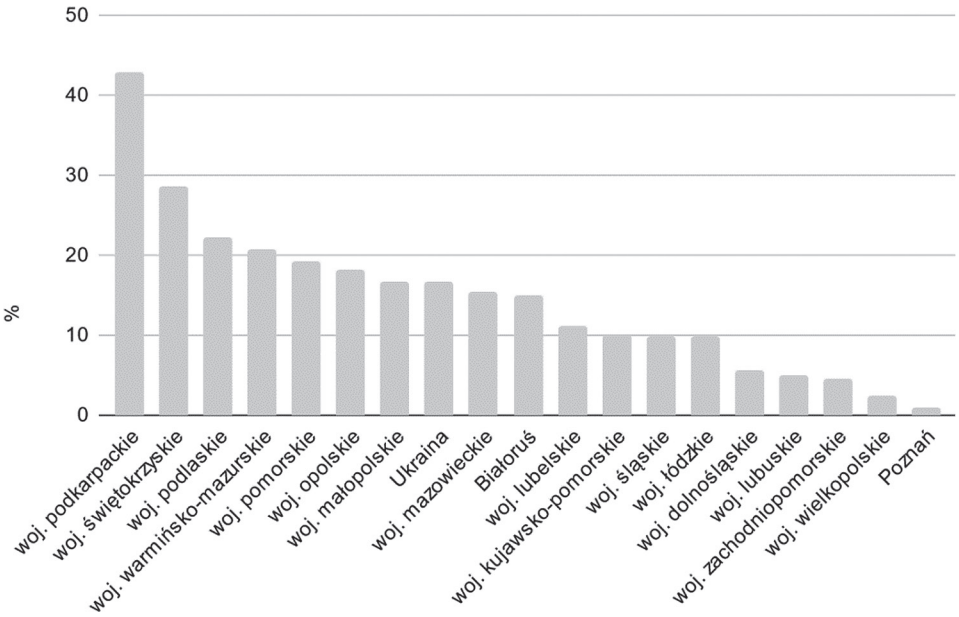
Ostatnią kwestią jest chęć zmiany pewnych aspektów związanych z wybranym miejscem zamieszkania. Autorzy niniejszego badania uznają, że chęć zmiany jest równoznaczna z tym, że dany aspekt lokum jest problematyczny i negatywnie wpływa na respondentów. Źle oceniono następujące warunki mieszkaniowe – hałas (352 respondentów), wyposażenie w sprzęt (284 os.), rozmiar lub liczbę pokoi (276 os.). Najmniejsza liczba pytanych osób wskazała na dostępność budynku (42 studentów) i czynności codzienne (66 os.; ryc. 7). Wyniki mogły być nieznacznie zaburzone ze względu na brak opcji „nic".



Ryc. 7. Rozkład odpowiedzi na pytanie: Co zmieniłbyś w swoim miejscu zamieszkania?
Fig. 7. Structure of answers on question: What would you change about where you live?

Tutaj warto też wspomnieć o problemie sygnalizowanym przez respondentów w komentarzach do ankiety, związanym z przydziałami do domów studenckich: „W Poznaniu jest za mało akademików dla uczniów, szczegółowo dla cudzoziemców. W dzisiejszych warunkach jest bardzo ciężko znaleźć i opłacać normalnie mieszkanie, kiedy jesteś nawet z innego miasta", „Kryteria zakwaterowania w domach akademickich Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza są bardzo trudne do spełnienia, a procedura skomplikowana i wymagająca załatwienia mnóstwa

spraw urzędowych (perspektywa z roku 2022/23) [...]", „Mieszkam za blisko, żeby zostać przyjętym do akademika, a dojazd na WNGiG z domu rodzinnego zajmuje zwykle 1–2 h". Wypowiedzi ankietowanych pokrywają się z danymi GUS, z których wynika, że tylko około 5% studentów w Wielkopolsce korzysta z akademików. Z danych Urzędu Statystycznego również wynika, że liczba miejsc w domach studenckich w województwie wielkopolskim od 2019 roku zmalała z 10 548 do 10 044 w 2022 roku. W grupie badanej 2,4% osób z Wielkopolski (bez uwzględnienia Poznania i powiatu poznańskiego) było zakwaterowanych w akademikach. Były to osoby głównie z dalszych województw względem Poznania – najwięcej z województwa podkarpackiego, ponad 40% osób z tego województwa mieszkało w akademiku (ryc. 8).



Ryc. 8. Odsetek respondentów zakwaterowanych w publicznych akademikach według miejsca pochodzenia
Fig. 8. Percentage of respondents in public dormitories by their origins

Struktura ponoszonych kosztów a typ zakwaterowania

Dla osób, które wzięły udział w badaniu, najczęściej ponoszone koszty wynajmu oscylują w przedziale 1001–1400 PLN. Takie wydatki zadeklarowało 235 ankietowanych, niewiele mniej, bo aż 206 respondentów, wskazało, że ich miesięczne wydatki mieszczą się w granicach 600–1000 PLN (tab. 5). Koszty w zakresie 1401–1800 i ponad 1800 PLN ponosiły kolejno 72 i 78 osób. Są to widoczne wzrosty względem tożsamego badania sprzed 2 lat (Depta, Olejniczak, 2022),

w którym największa grupa ankietowanych (53%) deklarowała wydatki na lokum oscylujące w przedziale 600–1000 PLN, a udział osób płacących ponad 1000 PLN wzrósł z 20% do 47%. Tendencja wzrostowa jest naturalna, jeśli wziąć pod uwagę stopy inflacyjne oraz kryzys za wschodnią granicą i pokłosie pandemii odbijające się w obecnych latach. Deklarowana przez największą grupę respondentów kwota przeznaczana na lokum pokrywa się z danymi podawanymi przez Business Insider z września 2023 roku, w którym wyliczono średni koszt miejsca zamieszkania dla studenta na 1350 PLN. Respondenci mogli też ocenić swoją sytuację finansową w oparciu o skalę Likerta (1 – bardzo źle, 5 – bardzo dobrze) – wartość średnia wyniosła 3,47.

Tabela 5. Zmiany w średnich miesięcznych kosztach najmu/zamieszkania między 2022 i 2024 rokiem
Table 5. Changes in average monthly rental/housing costs between year 2022 and 2024

Ponoszone koszty	2022 (%)	2024 (%)	Różnica (p.p.)
Nie ponoszę kosztów	10,0	22,5	+12,5
Mniej niż 600 PLN	17,0	5,8	–11,2
600–1000 PLN	53,0	25,0	–28,0
1001–1400 PLN	13,0	28,5	+15,5
Powyżej 1400 PLN	7,0	18,2	+11,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie Depta, Olejniczak (2022).

W tym miejscu warto także poruszyć wpływ rodzaju zamieszkiwanego lokum na wysokość ponoszonych wydatków. Mianowicie najczęściej deklarowane wydatki (przedział 1001–1400 PLN) odnosiły się do mieszkania z innymi osobami (213 os.). Druga największa grupa respondentów deklarująca wydatki na poziomie 600–1000 PLN to również mieszkańcy mieszkań dzielonych (134 os.) oraz akademików publicznych (46 os.). Poza tym największe koszty ponoszą studenci dzielący mieszkanie z innymi osobami, kolejno w przedziale 1401–1800 PLN i powyżej 1800 PLN deklarują 51 i 22 os. z tej grupy, wydatki takie deklaruje też 16 i 48 os. wynajmujących lokum samemu (tab. 6).

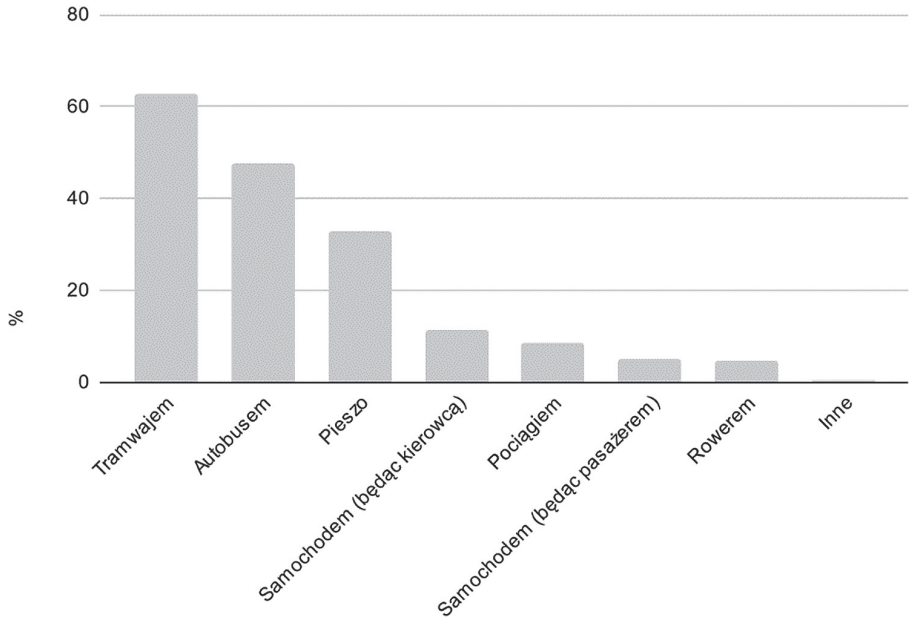
Tabela 6. Miejsce zamieszkania a ponoszone koszty w PLN
Table 6. Place of residence and costs incurred in PLN

	Nie ponoszę kosztów (%)	<600 (%)	600–1000 (%)	1001–1400 (%)	1401–1800 (%)	1800< (%)
Akademik publiczny	0,0	1,0	5,6	0,2	0,0	0,0
Mieszkanie samemu	1,8	1,1	1,6	1,7	1,9	5,8
Mieszkanie z kimś	2,2	2,3	16,2	25,8	6,2	2,7
Dom rodzinny	18,3	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2
Prywatny internat/ akademik	0,0	0,0	0,4	0,1	0,2	0,7
Inne	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,0

Znaczącą grupę tworzą studenci, którzy zostali na czas studiów w domu rodzinnym i nie ponoszą żadnych kosztów (151 os.). Grupą respondentów deklarującą brak miesięcznych wydatków na lokum są także studenci mieszkający w pojedynkę (15 os.), z kimś (18 os.) oraz deklarujący inny rodzaj miejsca zamieszkania (2 os.), co razem daje 186 ankietowanych (tab. 6). Wyraźny wzrost osób nieponoszących kosztów z 10% do 22,5% (tab. 5) w stosunku do badania sprzed dwóch lat (Depta, Olejniczak, 2022) wynika z wyższego udziału respondentów mieszkających w domu rodzinnym (21%; ryc. 3) niż w poprzedniej ankiecie (11%).

Przemieszczenia pomiędzy miejscami zamieszkania a miejscami nauki

Biorąc pod uwagę ważność lokalizacji i korzystnego połączenia komunikacyjnego wśród kryteriów, którymi kierują się studenci przy wyborze lokum, pożądane jest zbadanie struktury środków transportu wybieranych przez respondentów w dojeździe na uczelnie. Respondenci mogli wybrać kilka odpowiedzi, dlatego wyniki nie sumują się do 100%. Wśród osób biorących udział w badaniu większość – 517 respondentów – wybiera tramwaj (ryc. 9). Tak wysoki udział wynika z bliskości przystanków tramwajowych przy większości wydziałów w mieście oraz z koncentracji zamieszkania na osiedlach z dobrym dostępem do tramwajów, w tym do



Ryc. 9. Struktura odpowiedzi na pytanie: W jaki sposób najczęściej docierasz na uczelnię?
Fig. 9. Structure of answers on question: How do you usually get to university?

PST, który jest szybkim i wygodnym połączeniem z centrum miasta (Kotus i in., 2015). Tramwaj jest dość wygodną metodą transportu po mieście, na co zwróciła uwagę jedna z osób badanych, która po utracie możliwości dojazdu tramwajem na uczelnię, musiała przemieszczać się dłużej z przesiadkami.

Ponadto wielu respondentów (393 os.) wybiera autobus, a trzecia największa grupa ankietowanych (271 os.) zadeklarowała, że na wydział dociera pieszo. Natomiast najrzadziej wykorzystywane środki transportu to: samochód (student jako pasażer), rower oraz inne środki transportu, które kolejno wybrało 43, 40 i 5 ankietowanych.

Osoby badane miały możliwość ocenić za pomocą skali Likerta dojazdy na uczelnię – średnia ocena wyniosła 3,79 pkt, ale to odpowiedzi dodane w komentarzach do ankiety pozwoliły na uzyskanie dogłębniejszej opinii o komunikacji. Pojawiały się głosy podkreślające pozytywne aspekty komunikacji po mieście w postaci sieci ścieżek pieszo-rowerowych, mieszkania w dogodnym miejscu w stosunku do przystanków autobusowych oraz tramwajowych i możliwości korzystania z tramwaju.

Było sporo komentarzy wyrażających niezadowolenie z transportu zbiorowego w Poznaniu. Wielu ankietowanych wspomina o niepunktualności autobusów (a czasem i tramwajów) czy nawet o ich nieprzyjeżdżaniu. Wymieniano również wykluczenie komunikacyjne miejscowości pod Poznaniem, słabą jakość dróg dojścia do przystanków i długi czas dojazdu na uczelnię (m.in. przez kongestię, potrzebę przesiadek czy mieszkanie poza Poznaniem). Trzeba zaznaczyć, że w badaniu nie zostało zadane pytanie o to, na którym wydziale bądź kampusie respondent studiuje. UAM posiada kampusy rozmieszczone w różnych częściach miasta (ryc. 1), co może wpływać na opinię o dojeździe na uczelnię. W badaniach Koneckiej-Szydłowskiej (2020) wykazano, że studenci UAM z Collegium Geographicum oceniają gorzej infrastrukturę techniczną (ogólną dostępność komunikacyjną i jej elementy) niż ich koledzy z pozostałej części kampusu Morasko. Budynki Collegium Geographicum zlokalizowane są blisko dwóch przystanków autobusowych, jednakże oddalenie od PST wymusza dodatkową przesiadkę, a ul. Maków Polnych, przez którą można się dostać na drugi przystanek, jest w złym stanie technicznym.

Podsumowanie

Badanie pozwoliło na zrealizowanie postawionych celów. Większość studentów pochodziła z województwa wielkopolskiego, Poznania oraz okolicy, województw kujawsko-pomorskiego, zachodniopomorskiego i lubuskiego (ryc. 2), tak jak w badaniach z poprzednich lat (Bajerski, 2011; Depta, Olejniczak, 2022; Baza Danych Miasta, 2023). Wskazuje to na wciąż ważny czynnik odległości podczas wyboru miejsca studiowania. Zazwyczaj badani pochodzą z dużych miast (32,1%, z czego 13,6% z Poznania), a 28,4% ze wsi, gdzie część z nich to mieszkańcy terenów pod stolicą Wielkopolski (4,5%), czyli z rejonów podmiejskich.

Studenci na ogół zamieszkiwali osiedla z zabudową wielorodzinną, takie jak Piątkowo, Winogrady, Stare Miasto i Jeżyce, co jest charakterystyczne dla żaków w Polsce (Zasina, 2017). Wynika to z dobrego połączenia komunikacyjnego, dostępnych zasobów mieszkaniowych i domów akademickich. Oddanie do użytku DS „Meteor" nie zmieniło udziału Moraska-Radojewa w odpowiedziach, tak samo jak nie zauważono znaczących zmian w zróżnicowaniu przestrzennym w porównaniu do badania sprzed 2 lat (Depta, Olejniczak, 2022).

Większość badanych mieszkała z kimś (55,4%) lub w domu rodzinnym (21%; ryc. 3), co pozwala obniżyć koszty życia (tab. 6). Zwykle respondenci mieszkali z obcymi osobami (29,3%) lub członkami rodziny (28,7%; tab. 3), a w momencie gdy wynajmowali, to od innych osób prywatnych (50%; tab. 4). Najwięcej studentów posiadało własny pokój, nawet jeśli mieszkali z kimś, a mniej niż 1/3 współdzieliła go z jedną osobą, wtedy byli to przeważnie respondenci z publicznych akademików (tab. 1). Tak jak w ankiecie sprzed 2 lat (Depta, Olejniczak, 2022), większość osób mieszkała z innym współlokatorem, zwykle niepowiązanym żadnymi relacjami, wynajmowała lokum od osób prywatnych i posiadała własny pokój, tak w grupie badanej odnotowano wyższy udział osób pozostających w domu rodzinnym, co wpłynęło również na wyższy udział osób mieszkających z rodziną. Połowa respondentów płaciła 600–1400 PLN, 2 lata temu w takim przedziale znajdowało się 66% badanych (Depta, Olejniczak, 2022). W ciągu dwóch lat wzrósł udział osób płacących ponad 1000 PLN za wynajem z 20% (Depta, Olejniczak, 2022) do 46,7% (tab. 5).

Głównymi kryteriami wyboru miejsca zamieszkania były niskie koszty oraz korzystna lokalizacja, co ma odwzorowanie w strukturze zamieszkiwanych osiedli (ryc. 4). Na te aspekty zwracano również uwagę w badaniach w Krakowie i Trójmieście (Murzyn-Kupisz, Szmytkowska, 2015). Czynnik kosztów był też podkreślany w badaniach obejmujących tylko Gdańsk (Grabkowska, Frankowski, 2016), ale tam ważniejsza była odległość od uczelni (28,6%) niż dostępność komunikacyjna (6,2%), w momencie gdy w Poznaniu ważniejsze było korzystne połączenie komunikacyjne (47,8%) od bliskości uczelni (40,1%). Najczęściej studenci chcieliby zmienić wytłumienie w swoim mieszkaniu (42,7%) i sprzęt (34,4%; ryc. 7).

W pracy zauważono różnice między akademikami publicznymi a prywatnymi. W lokalach należących do uniwersytetów zazwyczaj pokój był współdzielony z jedną osobą, a ponoszone koszty wynosiły od 600 do 1000 PLN. W przypadku drugiego rodzaju zakwaterowania pokoje były zwykle jednoosobowe, zajmowane w pojedynkę były najdroższą opcją zamieszkania. Można to powiązać z wyższymi standardami w PBSA, wynikającymi z wyższych cen, co podkreślał Zasina (2017). Respondenci zwrócili uwagę na problem z dostępnością miejsc w domach studenckich, co ma odwzorowanie w danych GUS (2024), w grupie badanej najwyższy odsetek osób zakwaterowanych w akademikach pochodził z województw peryferyjnych w stosunku do Wielkopolski, takich jak podkarpackie, świętokrzyskie czy podlaskie (ryc. 8).

Ostatnie pytanie badawcze brzmiało: w jaki sposób studenci dojeżdżają na uczelnię? Najczęstszą formą transportu były tramwaje (62,7%; ryc. 9), co wynika

z rozbudowanej sieci tego środka komunikacji w Poznaniu, bliskości przystanków tramwajowych przy uczelniach czy miejscu zamieszkania. Badani podkreślali niepunktualność autobusów, a nawet tramwajów, problemy z infrastrukturą czy dostępnością komunikacyjną, zwłaszcza gdy te osoby mieszkały poza Poznaniem.

Badania wykazały, że obok ponoszonych kosztów ważną rolę odgrywa lokalizacja lokum w mieście oraz miejsce pochodzenia żaków, których znaczna część była z Poznania i jego okolic. Praca ta potwierdza istnienie zjawiska wybierania przez studentów najbliższego dużego ośrodka akademickiego (Kotus i in., 2015), co może sugerować potrzebę badań nad dostępnością edukacji wyższej dla żaków i nad oddziaływaniem szkół wyższych na bardziej oddalone regiony. Warto w przyszłości skupić się na wzroście kosztów zakwaterowania, które zostały odnotowane w omawianym okresie, oraz na rozbudowie PBSA. W związku z tym badania mogłyby skoncentrować się na szczegółowych różnicach między prywatnymi a publicznymi akademikami, ich wpływie na komfort zakwaterowania studentów oraz na lokalizacji PBSA.

Literatura

Bajerski A., 2011, Organizacja przestrzenna i funkcjonowanie usług edukacyjnych w aglomeracji poznańskiej, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Bajerski A., 2015, Student jako użytkownik miasta: brytyjskie doświadczenia studentyfikacji, Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 31: 47–56.

Baza Danych Miasta, 2024, Studenci w Poznaniu, Poznań (https://badam.poznan.pl/; dostęp: 12.06.2024).

Business Insider, 26.09.2023, Miesięczne wydatki studenta. Ile student wydaje na jedzenie 2023? (https://businessinsider.com.pl/poradnik-finansowy/miesieczne-wydatki-studenta-ile-student-wydaje-na-jedzenie-2023/qf4525x; dostęp: 12.06.2024).

Centrum Amron, 2023, Studenci na rynku nieruchomości. Raport 2023, Warszawa.

Furmańska K., Murawjowa T., 2023, Poland student accomodation report, Cushman & Wakefield (https://www.cushmanwakefield.com/pl-pl/poland/insights/poland-student-accommodation-report; dostęp: 12.06.2024).

Depta J., Olejniczak A., 2022, Warunki i komfort zakwaterowania studentów Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, [w:] A. Kostrzewski (red.), Fizycznogeograficzne, społeczne i edukacyjne badania środowiska przyrodniczego, Geoprzestrzeń, 5: 27–44.

Gardulska A., 2024, Zaczęło się od poznańskiej Jowity. Minister Wieczorek ma plan na akademiki, Gazeta Wyborcza, 25.02.2024 (https://będąorcza.pl/7,75398,30731906,zaczelo-sie-od-poznanskiej-jowity-minister-wieczorek-ma-plan.html?cta=1sqbb-3noac--5studenckaNW; dostęp: 12.06.2024).

Główny Urząd Statystyczny, 2024.

Grabkowska M., Frankowski J., 2016, 'Close to the city centre, close to the university'. Are there symptoms of studentification in Gdańsk, Poland?, Bulletin of Geography. Socio--economic Series, 32: 73–83, http://dx.doi.org/10.1515/bog-2016-0016

Konecka-Szydłowska B., 2020, Przestrzeń publiczna kampusu Morasko w Poznaniu w opinii studentów, Prace Geograficzne, 163: 33–50 (https://www.ejournabędąeu/Prace-

-Geograficzne/2020/Numer-163/art/18871/, https://doi.org/10.4467/20833113PG.20.017.13213; dostęp: 12.06.2024).

Kotus J., Rzeszewski M., Bajerski A., 2015, Przyjezdni w strukturze miasta – miasto wobec przyjezdnych: studenci i turyści w mieście w kontekście koncepcji *city users*, Studia i Prace z Geografii, 52, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań (https://www.researchgate.net/publication/301680274_Przyjezdni_w_strukturze_miasta_-_miasto_wobec_przyjezdnych_studenci_i_turysci_w_miescie_w_kontekscie_koncepcji_city_users; dostęp: 12.06.2024).

Kubicki P., 2017, Wpływ studentyfikacji i turystyfikacji na społeczno-kulturową przestrzeń miasta, Miasto, Pamięć i Przyszłość: Wrocławski Rocznik Samorządowy, 2 (https://www.researchgate.net/profile/Pawel-Kubicki-2/publication/325337763_Wplyw_studentyfikacji_i_turystyfikacji_na_spoleczno-kulturowa_przestrzen_miasta/links/5f4e8e7d92851c250b88ac91/Wplyw-studentyfikacji-i-turystyfikacji-na-spoleczno-kulturowa-przestrzen-miasta.pdf, http://dx.doi.org/10.26774/mpp.35, dostęp: 12.06.2024).

Mohammed A.M.S., Ukai T., Hall M.W., 2022, University campuses' role in accelerating the natural urban transformation process, Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 58(58): 75–96, http://doi.org/10.12775/bgss-2022-0035

Montgomery Ch., 2021, Miasto szczęśliwe. Jak zmienić nasze życie, zmieniając nasze miasta, Wysoki Zamek, Kraków.

Murzyn-Kupisz M., Szmytkowska M., 2015, Studentification in the post-socialist context: The case of Cracow and the Tri-City (Gdansk, Gdynia and Sopot), Geografie, 120(2): 188–209 (https://www.researchgate.net/publication/279529428_Studentification_in_the_post-socialist_context_The_case_of_Cracow_and_the_Tri-City_Gdansk_Gdynia_and_Sopot, http://dx.doi.org/10.37040/geografie2015120020188; dostęp: 12.06.2024).

Pawłowska D., 2023, Prywatne akademiki są komfortowe i drogie. Doskonałe z punktu widzenia inwestora [RAPORT], Biqdata.pl, Wyborcza.pl, 20.02.2023 (https://biqdata.wyborcza.pl/biqdata/7,159116,29475378,prywatne-akademiki-sa-komfortowe-i-drogie-doskonale-z-punktu.html?_gl=1*yku5ta*_gcl_au*MjQ3MzE5MjAzLjE3MDkyNDE0MTM.*_ga*NTIyNjIyNzQzLjE2OTIwOTkwNzE.*_ga_6r71ZMJ3KN*MTcwOTI0MTQxMy4xNC4xLjE3MDkyNDE3ODguMC4wLjA.&_ga=2.155587832.295676445.1709241414-522622743.1692099071#S.embed_link-K.C-B.1-L.7.zw; dostęp: 12.06.2024).

POZnań, 2024 (https://www.poznan.pl/; dostęp: 12.06.2024).

Rewers E., 2015, Co studentyfikacja ma wspólnego z gentryfikacją?, Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 31: 57–66.

Rokita-Poskart D., 2018, Ekonomiczne konsekwencje zmniejszającej się liczby studentów w ośrodkach akademickich w Polsce, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Socio-oeconomica, 33: 27–39, http://dx.doi.org/10.18778/1508-1117.33.02

Ufa Ch., 2024 , Wielka rozbudowa poznańskiego akademika. To właśnie tutaj zamieszka ponad 400 studentów. Sprawdź, jak będzie wyglądał w środku! [Zdjęcia], Głos Wielkopolski, 19.03.2024 (https://gloswielkopolski.pl/wielka-rozbudowa-poznanskiego-akademika-to-wlasnie-tutajbędąszka-ponad-400-studentow-sprawdz-jak-bedzie-wygladal-w-srodku/ar/c9-18384645; dostęp: 12.06.2024).

Wójcik K., 2023, Koniec sporu o „Jowitę". Akademiki będą wspierane jak mieszkania komunalne, Rzeczpospolita, 15.12.2023 (https://www.rp.pl/edukacja-i-wycbędąnie/art39577241-koniec-sporu-o-jowite-akademiki-beda-wspierane-jak-mieszkania-komunalne; dostęp: 12.06.2024).

Zasina J., 2017, W kierunku studentyfikacji? Zakwaterowanie studenckie w polskich miastach akademickich, Gospodarka w Praktyce i Teorii/Economy in Practice and Theory, 48: 69–84, http://dx.doi.org/10.18778/1429-3730.48.06

Zasina J., 2020, Miasto studentów – miasta konsumentów. Zachowania konsumenckie studentów w rozwoju Łodzi i Turynu, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź (https://obserwatorium.miasta.pl/wp-content/uploads/2020/11/zasina-miasta-studentw-miasta-konsumentw-zachowania-konsumenckie-studentw-w-rozwoju-odzi-i-turynu_artyku%C5%82.pdf; dostęp: 12.06.2024).

Zakład Ubezpieczeń Społecznych, 2023.

Życie Uniwersyteckie, 18.09.2023, „Meteor" 10 minut Pestką od Poznania (https://uniwersyteckie.pl/wydarzenia/meteor-10-minut-pestka-od-poznania; dostęp: 12.06.2024).

The conditions of accommodation for students of the Adam Mickiewicz University in Poznań in terms of survey research

Abstract: Purpose of that research has been to identify spatial distribution of accommodation for students of the Adam Mickiewicz University in Poznań, recognition of types and conditions of theirs accommodations, criteria of choosing an accommodation, how students are getting on the university and which factors has changed since year 2022. In survey were acquired information about 1) place of origin, 2) year, type and place of study, 3) dwelling place, 4) criteria of choosing accommodation, 5) opinion about dwelling place, 6) costs of housing, 7) way of getting to the university. Research has been conducted with use of a survey in period 22.01–29.02.2024 with use of Interankiety web service. Most of surveyed were from Greater Poland Voivodeship, lived in a flat with 1 or 2 people. Students lived mostly in Piątkowo, Winogrady, Stare Miasto and Łazarz. Important factor of choosing dwelling place were good localisation and low costs. More than half of respondents paid from 600 to 1400 PLN for accommodation and percentage of students paying more increased since 2022 year. The biggest costs had people living alone or in PBSA. Most often chosen way of transport to university were trams.

Keywords: accommodation condition, students, spatial distribution of accommodation, PBSA, Poznań

Bieżąca działalność Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego UAM

Prezes SKNG UAM w latach 2022/2023
Szkoła Doktorska Nauk Przyrodniczych UAM

Adrian Sitarz

Jubileuszowy Zjazd 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Zarys treści: Rok akademicki 2022/2023 został ogłoszony Rokiem 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Z tej okazji odbyły się liczne wydarzenia i obchody, z kulminacją w kwietniu 2023 roku. Najważniejszym punktem był Jubileuszowy Zjazd 100-lecia, który odbył się w dniach 21–22 kwietnia 2023 roku i zgromadził około 230 osób. Podczas zjazdu miała miejsce Sesja Jubileuszowa, na której przedstawiono historię i współczesne działania koła, a także wręczono pamiątkowe medale i dyplomy. Wydarzenie zwieńczono odsłonięciem głazu pamiątkowego oraz organizacją Jubileuszowego Balu Geografa. Obchody zakończyło uroczyste posadzenie Dębu 100-lecia w czerwcu 2023 roku.

Słowa kluczowe: jubileusz, geografia, badania naukowe, Studenckie Koło Naukowe Geografów UAM

Wstęp

Rok akademicki 2022/2023 ogłoszony Rokiem 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu to szczególny, jubileuszowy czas ważnych wydarzeń i obchodów dla całej społeczności związanej z SKNG na przestrzeni lat. Główne obchody jubileuszu odbyły się w kwietniu 2023 roku i zbiegły się z rokrocznym Dniem Geografa. W dniach 21–22 kwietnia odbył się Jubileuszowy Zjazd 100-lecia. Składał się z następujących części: spotkania dawnych członków i sympatyków pt. „Wspominamy SKNG UAM", Sesji Jubileuszowej oraz Jubileuszowego Balu Geografa.

Ryc. 1. Uczestnicy Jubileuszowego Zjazdu 100-lecia SKNG UAM przed Collegium Geographicum
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 1. Participant of the Jubilee Meeting of the 100th anniversary of SKNG UAM in front of the Collegium Geographicum
Source: SKNG UAM archive.

Jubileuszowy Zjazd 100-lecia SKNG UAM

22 kwietnia 2023 roku w Collegium Geographicum przy ul. Bogumiła Krygowskiego w Poznaniu odbył się Jubileuszowy Zjazd 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W zjeździe uczestniczyło około 230 osób.

O godz. 10:00 nastąpiło oficjalne rozpoczęcie Sesji Jubileuszowej. Gości powitali: prezes SKNG – Adrian Sitarz, opiekun SKNG – prof. zw. dr hab. Andrzej Kostrzewski, prorektor ds. studenckich i kształcenia UAM – prof. dr hab. Joanna Wójcik, prorektor ds. projektów badawczych i doktorantów UAM – prof. dr hab. Przemysław Wojtaszek, dziekan Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM – prof. dr hab. Grzegorz Rachlewicz, dziekan Wydziału Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej – prof. dr hab. Paweł Churski. Podczas zjazdu prof. zw. dr hab. Andrzej Kostrzewski wygłosił referat pt. „Profesor Stanisław Pawłowski – założyciel Koła Naukowego Geografów Studentów Uniwersytetu Poznańskiego w stulecie powstania", który przybliżył genezę utworzenia naszego koła w 1923 roku. Natomiast prezes SKNG przedstawił referat pt. „Aktualny stan, działalność Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w stulecie powstania" (ryc. 2).

Ważnym momentem Sesji Jubileuszowej było wręczenie dyplomów oraz okolicznościowych medali 100-lecia SKNG UAM opiekunowi honorowemu

Ryc. 2. Opiekun i prezes SKNG, rektorzy UAM oraz dziekani WNGiG i WGSEiGP obecni podczas Jubileuszowego Zjazdu
Źródło: archiwum SKNG UAM.
Fig. 2. Guardian and President of SKNG, Rectors of Adam Mickiewicz University and Deans of WNGiG and WGSEiGP present during the Anniversary Meeting
Source: SKNG UAM archive.

– prof. dr. hab. Wojciechowi Stankowskiemu (opiekunowi SKNG w latach 1957–1962), a także prezesowi honorowemu – mgr. Januszowi Górnemu (prezesowi SKNG w latach 2005–2010) oraz nowo wybranym członkom honorowym (Kostrzewski 2023a). Dyplomy i medale otrzymali również obecni na Zjeździe członkowie honorowi oraz prezesi SKNG (ryc. 3). Podczas wydarzenia wystąpili byli członkowie koła i absolwenci geografii: prof. dr hab. Andrzej Mizgajski,

Ryc. 3. Osoby uhonorowane pamiątkowym Medalem 100-lecia SKNG UAM
Źródło: archiwum SKNG UAM.
Fig. 3. People honoured with the commemorative Medal of the 100th anniversary of SKNG UAM
Source: SKNG UAM archive.

dr Jan Borzyszkowski, prof. US dr. hab. Zbigniew Głąbiński oraz mgr Janusz Górny, którzy opowiedzieli o roli studiów geograficznych i działalności w SKNG jako miejscu poznawania specyfiki pracy badawczej i przygotowania do pracy zawodowej. Na zakończenie pierwszej części Sesji Jubileuszowej pod tablicą pamiątkową prof. dr. hab. Stanisława Pawłowskiego w Collegium Geographicum zostały złożone kwiaty.

Kolejnym elementem zjazdu była Sesja Naukowa, której przewodniczyli: prof. UAM dr hab. Iwona Hildebrandt-Radke, prof. dr hab. Tadeusz Stryjakiewicz oraz prof. UAM dr hab. Dariusz Wrzesiński. W tej części odbyło się przedstawienie projektów badawczych prowadzonych przez 12 sekcji specjalistycznych działających w kole na przestrzeni ostatnich kilku lat (Kostrzewski 2023b).

Ryc. 4. Zarząd, rada i opiekun SKNG UAM obecni na Jubileuszowym Zjeździe
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 4. The Management Board, Council and Guardian of SKNG UAM present at the Anniversary Meeting
Source: SKNG UAM archive.

Zwieńczeniem sobotniej Sesji Jubileuszowej było odsłonięcie głazu 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego UAM w Poznaniu przed budynkiem Collegium Geographicum (ryc. 5) oraz wykonanie pamiątkowego zdjęcia wszystkich uczestników (ryc. 1).

Obecni na Jubileuszowym Zjeździe uczestnicy mieli okazję, by przejrzeć archiwalne zbiory SKNG na wystawie pamiątek, kronik, zdjęć, nagród i wydawnictw (ryc. 6). Był to wspaniały moment do wspomnień i podsumowań stuletniego dorobku SKNG UAM. W holu można się było też dokładniej zapoznać z działalnością naszego koła: projektami prowadzonymi przez poszczególne sekcje specjalistyczne oraz wyprawami naukowo-badawczymi przedstawionymi na wystawie posterowej (ryc. 7). Każdy z uczestników zjazdu otrzymał materiały pamiątkowe: harmonogram, torbę, teczkę, pocztówkę z logo 100-lecia, publikację „Geoprzestrzeń" oraz znaczek 100-lecia.

Ryc. 5. Odsłonięcie pamiątkowego Głazu 100-lecia SKNG UAM przez opiekuna koła – prof. Andrzeja Kostrzewskiego
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 5. Unveiling of the commemorative Boulder of the 100th anniversary of SKNG UAM by the Circle's Guardian – prof. Andrzej Kostrzewski
Source: SKNG UAM archive.

Ryc. 6. Wystawa pamiątek przygotowana podczas Jubileuszowego Zjazdu
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 6. Exhibition of souvenirs prepared during the Jubilee Meeting
Source: SKNG UAM archive.

Ryc. 7. Wystawa posterowa podczas Jubileuszowego Zjazdu
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 7. Poster exhibition during the Jubilee Meeting
Source: SKNG UAM archive.

W przeddzień Jubileuszowej Sesji (21 kwietnia 2023) odbyło się niezwykłe spotkanie dawnych członków i sympatyków koła „Wspominamy SKNG UAM" w Sali Śniadeckich Collegium Maius. Była to sentymentalna podróż przez wspomnienia z wyjazdów, badań terenowych i spotkań na przestrzeni lat (ryc. 8).

Ryc. 8. Uczestnicy spotkania „Wspominamy SKNG UAM" w Sali Śniadeckich Collegium Maius
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 8. Participants of the meeting "We remember SKNG UAM" in the Śniadecki Hall in Collegium Maius
Source: SKNG UAM archive.

Ryc. 9. Uczestnicy Jubileuszowego Balu Geografa
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 9. Participants present during the Geographer's Anniversary Ball
Source: SKNG UAM archive.

Zwieńczeniem obchodów był Jubileuszowy Bal Geografa zorganizowany w sobotni wieczór 22 kwietnia 2023 roku w Domu Żołnierza. Świetna zabawa trwała do wczesnych godzin porannych (ryc. 9). Ważnym elementem obchodów było także uroczyste posadzenie Dębu 100-lecia w dniu 5 czerwca 2023 roku przy

Ryc. 10. Uczestnicy uroczystego posadzenia Dębu 100-lecia SKNG UAM
Źródło: archiwum SKNG UAM.

Fig. 10. Participants of the ceremonial planting of the Oak of the 100th anniversary of SKNG UAM
Source: SKNG UAM archive.

budynku Collegium Geographicum. Dąb był prezentem od absolwentów dla obecnych członków koła i pamiątką obchodów jubileuszu (ryc. 10).

Podsumowanie

Jubileuszowy Rok 100-lecia Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu był wyjątkowym czasem dla całej społeczności związanej z kołem. Był to moment podsumowań, uhonorowania najważniejszych osób, które przyczyniły się do dalszej działalności koła. Dziękuję z tego miejsca wszystkim osobom, które były ogromnym wsparciem w organizacji tego Jubileuszu, Władzom Rektorskim, Dziekanom, Opiekunowi i społeczności SKNG UAM (ryc. 4) oraz naszym przyjaciołom, sojusznikom i sponsorom. Studenckiemu Kołu Naukowemu Geografów UAM życzę dalszych sukcesów i nieustannego rozwoju młodej myśli naukowej geografów.

Literatura

Kostrzewski A. (red.), 2023a, Geoprzestrzeń 6 – Stulecie działalności Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu – powstanie, przeszłość i teraźniejszość, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

Kostrzewski A. (red.), 2023b, Geoprzestrzeń 7 – Kompleksowe badania środowiska geograficznego, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.

100th Anniversary Student Research Circle of Geographers of the Stanisław Pawłowski of the Adam Mickiewicz University in Poznań

Abstract: The academic year 2022/2023 was declared the Year of the 100th Anniversary Student Research Circle of Geographers of the Stanisław Pawłowski of the Adam Mickiewicz University in Poznań. Numerous events and celebrations were held to mark this occasion, culminating in April 2023. The highlight was the 100th Anniversary Jubilee Reunion, which took place on April 21–22, 2023, and gathered around 230 participants. During the Reunion, a Jubilee Session was held, presenting the history and current activities of the Club, as well as awarding commemorative medals and diplomas. The event concluded with the unveiling of a commemorative stone and the organization of the Jubilee Geographer's Ball. The celebrations ended with the ceremonial planting of the 100th Anniversary Oak in June 2023.

Keywords: jubilee, geography, scientific research, Student Research Circle of Geographers, Adam Mickiewicz University

Prezes SKNG w roku akademickim 2023/2024

Anna Stasiewicz

Obóz naukowo-badawczy Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego

Od 1973 roku ważnym elementem pracy Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego są coroczne obozy naukowe na wyspie Wolin. Także i w roku 2024 podjęliśmy się realizacji licznych projektów naukowych oraz prowadzenia kompleksowych badań terenowych.

W dniach 6–19 lipca 2024 roku na terenie Stacji Monitoringu Środowiska Przyrodniczego UAM w Białej Górze miał miejsce obóz naukowy, którego głównymi

Ryc. 1. Uczestnicy obozu naukowo-badawczego na wyspie Wolin w 2024 roku
Fig. 1. Participants of the research camp on the Wolin island in 2024

celami badawczymi były zagadnienia środowiska geograficznego wyspy Wolin, jego aktualnego stanu, przemian i prognozy.

Ponad 70 uczestników, należących do 13 sekcji specjalistycznych, realizowało badania dotyczące środowiska geograficznego w warunkach zmian klimatu i narastającej antropopresji. Wyniki badań zostaną wykorzystane w celu opracowania szczegółowej monografii naukowej prezentującej stan i kierunki rozwoju środowiska geograficznego na wyspie Wolin.

Nie zabrakło również absolwentów, doktorantów oraz opiekunów sekcji specjalistycznych. Zorganizowano liczne warsztaty, dzięki którym uczestnicy mieli możliwość doskonalenia swoich umiejętności i ich zastosowania w praktyce poprzez różne metody badawcze, w tym: warsztaty z rozpoznawania skał oraz ćwiczenia terenowe w zlewni Lewińskiej Strugi.

Ryc. 2. Uczestnicy warsztatów terenowych w zlewni Lewińskiej Strugi
Fig. 2. Participants of the fieldwork in the catchment area of the Lewińska Struga River

Podczas obozu odbyło się spotkanie z dyrekcją Wolińskiego Parku Narodowego, w trakcie którego mieliśmy możliwość zaprezentowania efektów dotychczas realizowanych projektów. Zorganizowana została też wycieczka autokarowa, w czasie której zwiedziliśmy między innymi: Jezioro Turkusowe, Karsibór, wzgórze Zielonka oraz Muzeum Bunkier V-3.

Ryc. 3. Uczestnicy wycieczki autokarowej
Fig. 3. Participants of the bus trip