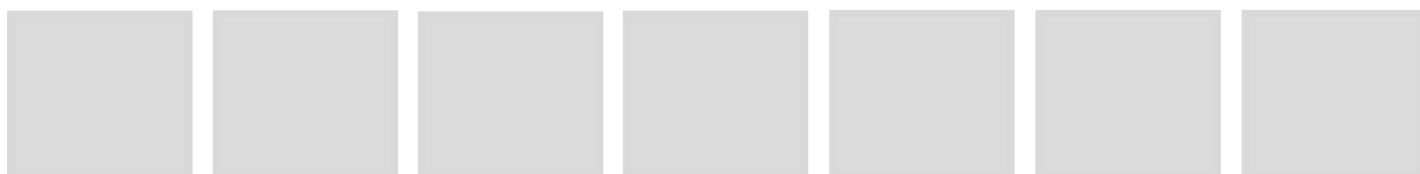

Uwarunkowania budowy **BIOGOSPODARKI** i zrównoważonego rozwoju w Polsce

pod redakcją
Wojciecha Truszkowskiego



Uwarunkowania budowy biogospodarki i zrównoważonego rozwoju w Polsce

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Uwarunkowania budowy biogospodarki i zrównoważonego rozwoju w Polsce

pod red. Wojciecha Truszkowskiego

Olsztyn 2019

Uwarunkowania budowy biogospodarki i zrównoważonego rozwoju w Polsce

Monografia naukowa pod redakcją
dr. Wojciecha Truszkowskiego

Recenzenci:

dr hab. Wojciech Gotkiewicz, prof. UWM
dr hab. Andrzej Żołnowski

Korekta

Irmina Sitkowska

Nakład: 30 egz.

15,5 ark. wyd.

ISBN 978-83-943385-5-8

© Katedra Agrotechnologii, Zarządzania Produkcją Rolniczą i Agrobiznesu,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Druk: Zakład Poligraficzny Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Olsztyn 2019

Monografia zawiera teksty artykułów nadesłane przez uczestników 48 MSKN „Międzynarodowe Seminarium Kół Naukowych. Koła naukowe szkołą twórczego działania” i to autorzy ponoszą odpowiedzialność za przedstawione treści.

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	9
ROZDZIAŁ I. POPRAWA EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI ROŚLINNEJ W POLSCE	
MARCIN WOJCIECH BYSTRON, PIOTR STENZEL Efektywność ekonomiczna i energetyczna pszenżyta ozimego.....	13
PIOTR STENZEL, MARCIN WOJCIECH BYSTRON Efektywność ekonomiczna produkcji bulw ziemniaka sprzedawanych do bezpośredniego spożycia oraz po przetworzeniu precooking.....	21
MATEUSZ SOKÓLSKI Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i siewu na plonowanie i opłacalność produkcji rzepaku ozimego w warunkach gospodarstwa wielkoobszarowego.....	32
PAWEŁ HULANICKI Ekonomiczna efektywność uprawy rzepaku w gospodarstwie wielkoobszarowym	43
SEBASTIAN KRASUSKI Wpływ roślin uprawnych na zawartość siarki w glebie	53
ROZDZIAŁ II. INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA WDRAŻANE W OGRODNICTWIE	
MATEUSZ DAWID Ocena wpływu właściwości chemicznych na właściwości fizyczne nasion berberysów	65
SZYMON PIECKOWSKI Przeszczepianie starych sadów, jako metoda zachowania różnorodności odmianowej	75
TERESA SALAMON Trendy Bożonarodzeniowe we florystyce i wystroju wnętrz	79
ROZDZIAŁ III. ZNACZENIE OWADÓW DLA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU	
OLGA KOSEWSKA Wieloaspektowe wykorzystanie owadów na przykładzie mącznika młynarka (<i>Tenebrio molitor</i>)	91
MAGDA GORCZYCA, JACEK FERDYNUS, MAŁGORZATA KUCZYŃSKA Inwentaryzacja entomofauny zimującej w Lesie Strachocińskim – Wrocław	101

MAGDALENA MARIA SADOWSKA, MARCIN GŁĄB	
Różnorodność gatunkowa motyli Welskiego Parku Krajobrazowego	109
MARTYNA RICHERT	
Wpływ zabiegów mechanicznych i chemicznych na zgrupowania biegaczowatych występujących w uprawach szkółkarskich.....	119
PATRYCJA ANNA SKOWRONEK	
Preferencje, trendy oraz tendencje stosowania przez pszczelarzy środków pochodzenia naturalnego, jako preparatów leczniczych oraz wspomagających mechanizmy odporności u pszczoły miodnej (<i>Apis Mellifera</i>)	127

ROZDZIAŁ IV. WPŁYW KSZTAŁTOWANIA PRZESTRZENI NA ŚRODOWISKO

FABIAN MISZEWSKI	
Wpływ zieleni miejskiej na podniesienie komfortu życia w mieście.....	139
ANNA MARIA SASIN, KAMILA SUDOŁ, NATALIA KADŁUCZKA	
Ocena funkcjonowania zieleni w wybranym osiedlu mieszkaniowym Nowe Miasto w Rzeszowie i propozycje zmian	148
MARIA SARA MOTULEWICZ	
Koncepcja ścieżki edukacyjnej w Puszczy Boreckiej przy Nadleśnictwie w Czerwonym Dworze	158
ŁUKASZ SZAŁ	
Zarządzanie szlakiem turystycznym, jako sieciowym produktem turystycznym na przykładzie Szlaku Piastowskiego.....	167
ALEKSANDRA SROK, HANNA SZYDŁOWSKA	
Mała architektura, jako element krajobrazu kulturowego współczesnej wsi- studium przypadku gminy Puck.....	177
JOANNA WÓJCIK	
Koncepcja projektowa ogrodu przy kościele w Wiznie.....	190
KAMILA BARBARA SUDOŁ, ANNA SASIN, BEATA	
Współczesne trendy w sztuce ogrodowej na przykładzie ogrodów wertykalnych w terenach miejskich.....	197
NATALIA AGATA NOWIŃSKA, ZUZANNA NOWAK	
Przystosowanie zabudowy wielorodzinnej dla osób niepełnosprawnych.....	210
ZUZANNA NOWAK, PATRYK KACZMAREK, KRYSZTOF KOLIŃSKI	
Rondo Kaponiera w Poznaniu z perspektywy Poznańskiej Mapy Barrier	218

ROZDZIAŁ V DOSKONALENIE PROCESÓW KSZTAŁTOWANIA ŚRODOWISKA

DAWID WCISEŁ	
Zarządzanie odpadami kompozytowymi.....	231
MAŁGORZATA CZATKOWSKA	
Fermentacja metanowa metodą utylizacji odpadów organicznych.....	241

PAULINA SETLAK, KLAUDIA BRAK	
Wpływ warunków technologicznych oczyszczania odcieków składowiskowych w reaktorach SBR na mikroorganizmy osadu czynnego	249
ANNA PRZYBYLSKA-BALCEREK	
Wykorzystanie UPLC do oznaczania związków bioaktywnych w materiale roślinnym	258
MILENA KUCHARSKA, IZABELA WRONA	
Stability FDM analysis of the landslide with a complex geometry based on laser scanning.....	272
ALEKSANDRA JOANNA PASEK, MICHAŁ MAZUR, DOMINIK ZAPAŁA	
Badanie pionowości komina przemysłowego metodą naziemnego skaningu laserowego	286
JAGODA ZIEWIEC, KAMIL KULTYS	
Sprawdzalność prognoz pogody w przysłowiach ludowych na wybranym przykładzie.....	299
BARBARA HANNA ROMAN	
The study of climate change in the lab.....	309
ANNA LISOWSKA, MAGDALENA ŁUKOSZ	
Satelitarna interferometria radarowa, jako sposób pomiaru przemieszczeń nad polami geotermalnymi	319
WOJCIECH DZIOK	
Fotogrametryczne opracowanie modelu wyrzutni rakiet Rheintochter w Łebie	331
MARIA ZEGAR, ALEKSANDRA JASIŃSKA	
Porównanie numerycznych modeli terenu powstałych z pomiarów Wydmy Łąckiej różnymi metodami	339

Wprowadzenie

Biogospodarka jest strategią rozwoju, przyznającą szczególne miejsce wartości, która wynika z wykorzystania zasobów naturalnych. Rozwój gospodarczy i intensyfikacja produkcji muszą przebiegać w sposób przyjazny środowisku, zrównoważony, przy zastosowaniu technologii sprzyjających ochronie środowiska.

Pozwala to powiązać w ramach biogospodarki postulaty zrównoważonego rozwoju z poprawą zdrowia, komfortu i jakości życia. Jako priorytety biogospodarki wskazuje się zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, promowanie zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi, zmniejszenie zależności od zasobów nieodnawialnych, przystosowanie systemów produkcyjnych do potrzeb ochrony klimatu oraz tworzenie miejsc pracy i konkurencyjnych przedsiębiorstw.

Biogospodarka koncentruje uwagę na produkcji żywności, wytwarzaniu energii, odzieży, produktów leczniczych i innych produktów przemysłowych, ale także postuluje nowatorskie użytkowanie lądu i morza oraz korzystanie z materiałów uznawanych dotychczas za odpady. Wymaga to interdyscyplinarnego podejścia, a przede wszystkim odwołania się do wyników badań i innowacji wprowadzanych nie tylko w naukach przyrodniczych.

Celem monografii jest ocena warunków prowadzenia zrównoważonego, trwałego i efektywnego rozwoju w ramach strategii biogospodarki w Polsce, identyfikacja możliwości poprawy działań w obszarze produkcji żywności, dostarczania produktów przemysłowych i usług oraz kształtowania środowiska w oparciu o gospodarowanie zasobami biologicznymi.

W rozdziale pierwszym, rozważania dotyczą prowadzenia opłacalnej produkcji roślinnej. Uwzględniono tu efektywność ekonomiczną upraw w powiązaniu z efektywnością energetyczną i wpływem na stan środowiska. Dla lepszego zobrazowania procesów, wybrano przykłady z różnych grup roślin uprawnych, które mogą być wykorzystane zarówno na cele spożywcze jak i przemysłowe.

W rozdziale drugim pokazano udział ogrodnictwa w biogospodarce. Przytoczono przykłady działań wpływających na opłacalność i jakość produkcji warzywniczej, sadowniczej i upraw roślin ozdobnych. Pokazano także znaczenie ogrodnictwa dla kształtowania środowiska i zachowaniu różnorodności biologicznej.

Rozdział trzeci porusza tematykę znaczenia owadów dla strategii zrównoważonego rozwoju. Zaprezentowano tam zarówno rolę tych organizmów w ekosystemie, ich wpływ na produkcję roślinną oraz możliwości wykorzystania owadów jako żywności.

W czwartym rozdziale przedstawiony został wpływ zagospodarowania i użytkowania przestrzeni na jakość życia. Posłużono się przykładami parków, ogrodów i terenów zielonych by pokazać wpływ na komfort mieszkańców, kształtowanie krajobrazu oraz zaspokajanie potrzeby rekreacji i wypoczynku.

Rozdział piąty prezentuje powiązanie innowacji technicznych i biogospodarki. Skoncentrowano się na zagadnieniach zagospodarowania odpadów, oczyszczania ścieków, ochrony klimatu, poprawy bezpieczeństwa oraz lepszego zarządzania procesami technicznymi.

Monografia została zredagowana z prac przygotowanych i przedstawionych przez uczestników 48 MSKN „Międzynarodowego Seminarium Kół Naukowych. Koła naukowe szkołą twórczego działania”, które odbyło się na Uniwersytecie Warmińsko Mazurskim w Olsztynie w dniach 11-12 kwietnia 2019r. Opracowanie zawiera referaty z zakresu nauk rolniczych, przyrodniczych i ścisłych oraz inżynieryjno-technicznych. Autorami rozdziałów są studenci i doktoranci realizujący badania w ramach pracy kół naukowych. Każdy rozdział został zrecenzowany przez dwóch pracowników naukowych.

Za powstanie niniejszego opracowania podziękowania należą się przede wszystkim uczestnikom 48 MSKN – autorom prac, recenzentom, osobom zaangażowanym w sprawną organizację poszczególnych sekcji jak też Konferencji, jako całości oraz władzom Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie i Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa.

Wojciech Truszkowski

Rozdział I

Poprawa efektywności produkcji roślinnej w Polsce

Efektywność ekonomiczna i energetyczna pszenżyta ozimego

Economic and energetic efficiency of triticale

Marcin Bystron
Piotr Stenzel

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Studenckie Koło Naukowe Menadżerów Produkcji Roślinnej
Opiekun: dr hab. inż. Stanisław Bielski

Abstract

The thesis presents a comparison of the economic and energy efficiency of winter triticale production. This cereal will be grown in a family farm located in the Somonino in the Pomeranian Voivodship. Tomko variety triticale was cultivated in two technologies, where the first was medium-sized (integrated), and the second technology is classified as intensive (conventional). Grain yields for the presented technologies amount to 60 and 80 dt·ha⁻¹. The energy efficiency index in the case of integrated technology is 8.1, and in the intensive technology - 6.6. The economic efficiency index is 172% at medium expenditures, where at high expenditure and higher yield it is 168%. The compared production technologies differed in the amount of fertilization and the level of fungicide protection. The most energy-intensive link in the agricultural production of winter triticale in the compared production technologies was mineral fertilization.

Keywords: winter triticale, cultivation technology, integrated technology, intensive technology

Wstęp

Pszenżyto (*Triticosecale* sp. Wittmack ex A. Camus 1927) jest syntetycznym mieszańcem międzyrodzajowym, powstałym w wyniku skrzyżowania pszenicy zwyczajnej (*Triticum* spp.) z żytem (*Secale cereale*) w 1875 r. Pszenżyto łączy w sobie cechy obu tych gatunków. Nadano mu międzynarodową nazwę *Triticale*, pochodzącą od nazw rodzajowych *Triticum* i *Secale*. Pszenżyto występuje w dwóch formach botanicznych – jarej i ozimej.

Niewątpliwie jest to zboże wyjątkowe, gdyż jest ono wynikiem zaplanowanego eksperymentu, którego podjęto się z zamiarem uzyskania nowego gatunku łączącego zalety pszenicy oraz żyta. Z założenia miało ono być pozbawione wad gatunków rodzicielskich. To powszechne zboże jest przykładem modyfikacji genetycznej dokonanej na długo przed pojawieniem się metod biologii molekularnej (Arseniuk 2002).

Według Krasowicza i Kusia (2010), w perspektywie 2020 roku należałoby oczekiwać dalszego wzrostu areалу uprawy tego zboża, co związane jest z jego dużą przydatnością

paszową głównie dla drobiu i trzody chlewnej oraz znacznie mniejszymi wymaganiami glebowymi w porównaniu do pszenicy.

Obecnie w Polsce udział zbóż w strukturze zasiewów, przekracza 70% powierzchni użytków rolnych (pod tym względem zajmuje trzecie miejsce w Unii Europejskiej). W 2017 roku, powierzchnia zasiewów pszenżyta wynosiła 1.352.013 ha, z czego forma ozima zajmowała powierzchnię 1.154.234 ha (85,37% całkowitej powierzchni zasiewów pszenżyta), a forma jara – 197 779 ha (14,63%). Średnie plony pszenżyta wyniosły 39,3 dt·ha⁻¹, gdzie pszenżyta ozimego – 40,4 dt·ha⁻¹, a jarego – 32,9 dt·ha⁻¹. W porównaniu do roku 2016, średnie plony wzrosły o średnio 5%, a zbiory o 4%. W strukturze zbiorów zbóż, pszenżyto zajmuje drugie miejsce z udziałem 16,64%, ustępując jedynie pszenicy (GUS 2018). Od kilku lat odnotowuje się wyraźnie widoczną tendencję wzrostu powierzchni zasiewów zarówno formy ozimej, jak i jarej pszenżyta.

Na przestrzeni ostatnich 20 lat powierzchnia uprawy pszenżyta w Polsce wzrosła o ponad 210% z około 635 tys. ha w 1998 roku do 1,35 mln ha w 2017 roku. Wraz ze wzrostem powierzchni uprawy, systematycznie wzrastały średnie uzyskiwane plony. W 1998 roku pszenżyto plonowało na poziomie 32 dt·ha⁻¹ a w ciągu 20 lat średnie plony wzrosły o około 20%. Najwyższe średnie plony uzyskano w 2014 roku i wyniosły 40 dt·ha⁻¹. W rozpatrywanym okresie, 2006 był rokiem, w którym uzyskano najniższy średni plon, który wynosił 26,7 dt·ha⁻¹. Sukcesywnie, wraz ze zwiększaniem się powierzchni uprawy oraz średniego plonowania, znacząco uległy wzrostowi również zbiory w ciągu ostatnich 20 lat o około 258%. W 1998 roku zebrano około 2,05 mln ton ziarna pszenżyta a w 2015 roku zebrano go najwięcej, bo aż 5,34 mln ton (FAO Stat 2018). Obecnie do Krajowego Rejestru Odmian wpisane jest 49 odmian pszenżyta ozimego i 13 jarego (COBORU 2018).

Mniej popularnymi kierunkami wykorzystania pszenżyta jest przemysł energetyczny (do produkcji biogazu) czy też na cele przemysłu piekarniczego. Liczne ośrodki naukowe w Polsce wskazują, iż zboże to można wykorzystać na szeroką skalę w produkcji żywności (między innymi w produkcji piwa oraz wyrobów cukierniczych). Mimo to wciąż istnieją problemy przy wykorzystaniu tego zboża do produkcji typowego pieczywa pszennego, żytniego czy też mieszanego. Wydaje się jednak, że zboże to może być doskonałym surowcem do produkcji chleba chrupkiego (Obuchowski i in. 2010).

Zboże to charakteryzują ponadto korzystne cechy takie jak: wysoka zawartość białka w ziarnie, wyższa strawność niż ziarna żyta, lepszy od pszenicy skład aminokwasowy, mniejsze w porównaniu do pszenicy wymagania glebowe, a także większa odporność na suszę oraz

zachwaszczenie gleby oraz wyższa niż u pszenicy, odporność na choroby. Wszystkie te cechy powodują, iż pszenżyto budzi duże zainteresowanie wśród rolników (Jaśkiewicz i Cyfert 2005, Jaśkiewicz 2006).

Celem pracy było porównanie efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji pszenżyta ozimego w technologiach produkcji integrowanej oraz intensywnej.

Ocena efektywności ekonomicznej

Ekonomiczna ocena technologii produkcji jest narzędziem rachunku ekonomicznego, który pozwala na dosyć precyzyjne określenie efektywności wytwarzania danego produktu. Wielkość nakładów poniesionych na produkcję ustala się pod kątem określonego wcześniej plonu w określonych warunkach klimatyczno-glebowych gospodarstwa. Uzyskane dane wynikające z kalkulacji, mogą być podstawą do planowania określonych działań i podejmowania decyzji inwestycyjnych. Przyjęte do obliczeń ceny, winne mieć wartości średnie obecnie występujące na rynku. Przyjęte obliczenia uwzględniają większość kosztów, jakie musi ponieść gospodarstwo na daną produkcję, w tym także amortyzację. Uprawa opłacalna to taka, która przynosi zysk. W praktyce oznacza to, że koszty poniesione na daną uprawę są mniejsze od wartości sprzedaży danego produktu. W nowoczesnym rolnictwie dąży się do redukcji kosztów produkcji, a w efekcie poprzez nieznaczne obniżenie plonowania, może nastąpić wzrost zysku. Zjawisko to jest przykładem efektywności ekonomicznej, gdzie osiągamy określony cel przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości dostępnych zasobów lub przy wykorzystaniu określonej liczby zasobów, osiągamy lepszy rezultat (Harasim 2007).

Tabela 1 zawiera szczegółowe koszty produkcji poniesione w procesie produkcji pszenżyta ozimego według zaprojektowanej technologii integrowanej. Tabela 2 natomiast zawiera koszty produkcji pszenżyta ozimego w technologii intensywnej.

Jedną z podstawowych kategorii określającą dochodowość produkcji, jest nadwyżka bezpośrednia (która określa działalność rolniczą) nad wartością kosztów bezpośrednich. Pozwala ona ocenić ekonomiczną efektywność wytwarzania produktów rolniczych w zależności od wahań plonów, zmiany cen produktów i cen środków do produkcji. Kalkulacje Nadwyżki Bezpośredniej są przydatne do oceny poszczególnych działalności gospodarstwa. Wykorzystywane są do podejmowania decyzji dotyczącej np.:

- wyboru działalności produkcji, tzn. co produkować?
- określenia rozmiaru produkcji, tzn. ile produkować?
- wyboru poziomu intensywności produkcji, tzn. jak produkować?

Tabela 1. Koszty poniesione na uprawę 1 ha pszenżyta ozimego w technologii integrowanej (zł)

Lp.	Wyszczególnienie	J.m.	Cena (zł)	Ilość	Wartość
A	Wartość produkcji ogółem	zł			4050
1.	Wartość produktu	zł			
	<i>Wartość ziarna</i>	t	675	6,0	4 050,0
B	Koszty bezpośrednie	zł			1 432,7
1.	Materiał siewny	dt	183,0	180,0	329,4
2.	Nawozy mineralne	zł			803,4
	<i>Saletra amonowa 34%</i>	kg	1,10	404,0	444,4
	<i>Superfosfat potrójny 46%</i>	kg	1,40	120,5	168,7
	<i>Sól potasowa 60%</i>	kg	1,35	141,0	190,3
3.	Środki ochrony roślin				299,9
	<i>Toluron 700 SC</i>	l	41,0	1,00	41,0
	<i>Adiunkt 500 SC</i>	l	118,0	0,20	23,6
	<i>Glean 75 WG</i>	kg	2700,0	0,01	27,0
	<i>Falcon 460EC</i>	l	170,0	0,60	102,0
	<i>Medax Max</i>	l	170,0	0,50	85,0
	<i>Karate Zeon 050 CS</i>	l	213,0	0,10	21,3
C	Nadwyżka bezpośrednia	zł	-	-	2 617,3
D	Koszty pośrednie	zł	-	-	917,8
	<i>Talerzowanie</i>	godz.	130,0	0,2	26,0
	<i>Orka</i>	godz.	163,4	0,7	108,9
	<i>Siew</i>	godz.	205,1	0,5	102,5
	<i>Regulacja zachwaszczenia</i>	godz.	70,6	0,3	23,5
	<i>Oprysk fungicydem</i>	godz.	70,6	0,3	23,5
	<i>Oprysk insektycydem</i>	godz.	70,6	0,3	23,5
	<i>Nawożenie K</i>	godz.	49,8	0,2	10,0
	<i>Nawożenie P</i>	godz.	49,8	0,2	10,0
	<i>Nawożenie N x2</i>	godz.	49,8	0,4	19,9
	<i>Zbiór</i>	godz.	900,1	0,5	450,0
	<i>Nakłady pracy</i>	zł/godz.	15	8,0	120,0
E	Koszty ogółem	zł	-	-	2 350,5

Źródło: Opracowanie własne.

W projekcie cenę skupu ziarna pszenżyta ozimego założono na poziomie 675 zł za tonę. Z produkcji ziarna pszenżyta ozimego w technologii integrowanej, uzyskano nadwyżkę bezpośrednią w wysokości 2.617,3 zł. W technologii intensywnej wskaźnik ten wynosił 3.155,3

Największy udział w strukturze kosztów, zajmują te poniesione na nawożenie – wynoszą one 35,9% kosztów ogółem (Tab. 1). Koszty poniesione na zbiór ziarna i siew kształtowały się na podobnym poziomie i wynosiły odpowiednio 19,1 i 18,4% kosztów całkowitych. Kolejnym kosztochłonnym ogniwem agrotechniki okazała się ochrona przed chorobami (9,0%).

Przy zakładanym plonie ziarna pszenżyta ozimego oraz aktualnych cenach ziarna w skupie, wartość produkcji wyniosła 4.050 zł. Wśród sumy kosztów, które plasowały się na poziomie 2.350,50 zł, koszty bezpośrednie wyniosły 1.432,70 zł, natomiast pośrednie 917,8 zł. Koszty bezpośrednie w prezentowanej technologii produkcji stanowią około 61% kosztów, a pośrednie – 39%. Po odjęciu od wartości produkcji kosztów bezpośrednich, uzyskano wartość nadwyżki bezpośredniej, która wynosi 2.617,30 zł. Koszt produkcji, w przeliczeniu na jedną tonę ziarna, wynosi 391,75 zł. Przy zakładanej technologii produkcji oraz parku maszynowym, którym dysponujemy, wskaźnik pracochłonności produkcji wynosi 1,33, a wydajności pracy 212,5. Wobec uzyskanych powyżej wartości wskaźnik opłacalność bez uwzględniania dopłat wynosi 172%.

Największy udział w strukturze kosztów zajmują koszty poniesione na nawożenie wynoszą one 35,4% kosztów ogółem (Tab. 2). Koszty poniesione na zbiór ziarna i siew wynosiły odpowiednio 14 i 13,5% kosztów całkowitych. Kolejnym kosztocłonnym ogniwem agrotechniki okazała się ochrona przed chorobami (21,3%).

Przy zakładanym plonie ziarna pszenżyta ozimego oraz aktualnych cenach ziarna w skupie, wartość produkcji wyniosła 5.400 zł. Wśród sumy kosztów, które plasowały się na poziomie 3.211,5 zł, koszty bezpośrednie wyniosły 2.244,7 zł, natomiast pośrednie 966,8 zł. Koszty bezpośrednie w prezentowanej technologii produkcji stanowią około 70% kosztów a pośrednie odpowiednio 30%. Po odjęciu od wartości produkcji kosztów bezpośrednich, uzyskano wartość nadwyżki bezpośredniej, która wynosi 3.155,3 zł. Koszt produkcji w przeliczeniu na jedną tonę ziarna, wynosi 401,43 zł. Wobec uzyskanych powyżej wartości wskaźnik opłacalność bez uwzględniania dopłat wynosi 168%.

Ocena efektywności energetycznej

W analizie efektywności energetycznej uwzględniono jednostkową energochłonność skumulowaną środków produkcji. Dokonano analizy efektywności energetycznej posługując się metodą zalecaną przez FAO. Plon główny pszenżyta ozimego (ziarno) przeliczono na plon suchej masy. Przyjęto, że ziarno pszenżyta zawiera 87% suchej masy a 1 kg suchej masy ziarna, ma wartość energetyczną równą 18,36 MJ. Następnie wyliczono nakłady energetyczne dla kolejno po sobie następujących zabiegów uprawowych i pielęgnacyjnych w poszczególnych technologiach produkcji.

Tabela 2. Koszty poniesione na uprawę 1 ha pszenżyta ozimego w technologii intensywnej (zł)

Lp.	Wyszczególnienie	J.m.	Cena (zł)	Ilość	Wartość
A	Wartość produkcji ogółem	zł			5400
1.	Wartość produktu	zł			
	<i>Wartość ziarna</i>	t	675	8	5400
B	Koszty bezpośrednie	zł			2244,7
1.	Materiał siewny	dt	183,0	180,0	329,4
2.	Nawozy mineralne	zł			1098,4
	<i>Saletra amonowa 34%</i>	kg	1,10	590,0	649,0
	<i>Superfosfat potrójny 46%</i>	kg	1,40	144,5	202,3
	<i>Sól potasowa 60%</i>	kg	1,35	183,0	247,1
3.	Środki ochrony roślin				816,9
	<i>Toluron 700 SC</i>	l	41,0	1,00	41,0
	<i>Adiunkt 500 SC</i>	l	118,0	0,20	23,6
	<i>Glean 75 WG</i>	kg	2700,0	0,01	27,0
	<i>Falcon 460EC</i>	l	170,0	0,60	102,0
	<i>Unix 75 WG</i>	kg	209,0	0,60	125,4
	<i>Tilt Turbo 575 EC</i>	l	89,33	0,60	53,6
	<i>Elatus Era</i>	l	248	1,00	248
	<i>Menara 410 EC</i>	l	178	0,50	90
	<i>Medax Max</i>	l	170,0	0,50	85,0
	<i>Karate Zeon 050 CS</i>	l	213,0	0,10	21,3
C	Nadwyżka bezpośrednia	zł	-	-	3155,3
D	Koszty pośrednie	zł	-	-	966,8
	<i>Talerzowanie</i>	godz.	130,0	0,2	26,0
	<i>Orka</i>	godz.	163,4	0,7	108,9
	<i>Siew</i>	godz.	205,1	0,5	102,5
	<i>Regulacja zachwaszczenia</i>	godz.	70,6	0,3	23,5
	<i>Oprysk fungicydem</i>	godz.	70,6	0,9	63,5
	<i>Oprysk insektycydem</i>	godz.	70,6	0,3	23,5
	<i>Nawożenie K</i>	godz.	49,8	0,2	10,0
	<i>Nawożenie P</i>	godz.	49,8	0,2	10,0
	<i>Nawożenie N x2</i>	godz.	49,8	0,4	19,9
	<i>Zbiór</i>	godz.	900,1	0,5	450,0
	<i>Nakłady pracy</i>	zł/godz.	15	8,6	129,0
E	Koszty ogółem	zł	-	-	3211,5

Źródło: Opracowanie własne.

Energochłonność materiałów określono w megadżulach (MJ) w oparciu o wskaźniki energochłonności jednostkowej (Wójcicki 2000). Wielkość nakładów materiałowo-energetycznych przeanalizowano w czterech strumieniach energii uprzedmiotowionej: w ciągnikach i maszynach, paliwie, materiałach oraz pracy ludzkiej. Do oceny energetycznej posłużono się zyskiem energii skumulowanej oraz wskaźnikiem energochłonności jednostkowej. Wskaźnik efektywności energetycznej obliczono z relacji pomiędzy wartością energetyczną plonu, a nakładami energetycznymi poniesionymi na jego wytworzenie.

W energetycznej ocenie posłużono się również wskaźnikiem energochłonności jednostkowej (Wielicki 1989).

Tabela 3. Wybrane wskaźniki agrotechniczne w prezentowanych technologiach uprawy

Wskaźniki agrotechniczne	Średni plon		Wysoki plon	
	(MJ·ha ⁻¹)	(%)	(MJ·ha ⁻¹)	(%)
Uprawa gleby	1 540	13.0	1 540	8.0
Sianie i materiał siewny	4 311	36.3	4 311	22.4
Nawożenie mineralne	4 478	37.7	11 487	59,7
Azot	2 310	19.4	9 240	48.0
Regulacja zachwaszczenia	712	6.0	712	3.7
Chemiczne zwalczanie chorób	227	1.9	587	3,0
Zbiór	610	5.1	610	3.2
Razem	11 877	100	19 247	100

Źródło: Opracowanie własne.

W doświadczeniu własnym, całkowite nakłady energetyczne poniesione na produkcję pszenżyta ozimego, wyniosły odpowiednio 11,88 GJ·ha⁻¹ (Tab. 4) dla technologii średniego plonu i 19,25GJ·ha⁻¹ dla technologii wysokiego plonu. Najbardziej energochłonną operacją produkcyjną było nawożenie mineralne, pochłaniając od około 38% do 60% energii wydatkowanej na produkcję pszenżyta ozimego. Spośród pozostałych zabiegów agrotechnicznych, ważną pozycję w kształtowaniu energochłonności uprawy pszenżyta ozimego zajmowały, niezależnie od wariantu technologii, siew i materiał siewny (od 24,4% w technologii najwyższego plonu do 36,3% w technologii średniego plonu) oraz uprawa roli (od 8 do 13%). Zabiegi ograniczające występowanie chwastów były mało energochłonne i mieściły się w zakresie od 3,7 do 6,0 W badaniach własnych, najniższe nakłady energetyczne poniesiono na ochronę fungicydową łanów pszenżyta. Jej udział wynosił od 1,9 do 3,0%.

Wskaźnikiem umożliwiającym pełne porównanie badanych technologii produkcji oraz ich efektów, jest wskaźnik efektywności energetycznej. O wysokości wskaźnika efektywności energetycznej w największej mierze decyduje poziom plonów oraz wysokość nakładów energetycznych poniesionych na jego wytworzenie. W doświadczeniu otrzymano wysokie wartości wskaźnika efektywności energetycznej. Najwyższą wartością omawianego wskaźnika (8,1) charakteryzowała się technologia średniego plonu. Wskaźnik ten miał wartość równą 6,6 dla technologii wysokiego plonu. W badaniach własnych wzrost poziomu produkcji spowodował obniżenie efektywności energetycznej o 19% (technologia średniego plonu).

Tabela 4. Wybrane wskaźniki energetyczne w prezentowanych technologiach

Wskaźnik	Średni plon	Wysoki plon
Wkład energii ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)	11 877	19 247
Wartość energetyczna plonu ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)	95 839	127 786
Wydatek energii netto ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)	83 962	108 536
Zużycie energii na jednostkę ($\text{MJ}\cdot\text{t}^{-1}$)	1970	2405
Wskaźnik efektywności energetycznej	8,1	6,6

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

Najkorzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej (8,1) odnotowano w technologii średniego plonu.

Zwiększając poziom intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego uzyskano mniej korzystne wskaźniki efektywności energetycznej. Wraz ze wzrostem poziomu planowanego plonu wzrastały nakłady poniesione na produkcję. Wraz ze wzrostem plonu ziarna pszenżyta obniżał się zarówno wskaźnik efektywności ekonomicznej jak i energetycznej. Wraz ze wzrostem plonu ziarna pszenżyta ozimego wzrastał zysk producenta.

Literatura

- Arseniuk E., Oleksiak T. 2002. *Production and breeding of cereals in Poland*. Proc. 5th Int. Triticale Symp., 2002, IHAR Radzików, Poland, 30June- 5 July 2002.1: 11-20.
- COBORU 2018 http://www.coboru.pl/Polska/Rejestr/odm_w_rej.aspx?kodgatunku=PZZO
- Fao Stat 2018. fao.pl (dostęp 4.01.2019).
- GUS 2018. *Wyniki produkcji roślinnej w 2017 r.* (dostęp 4.01.2019).
- Harasim A. 2007: *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej. Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej, Program Wieloletni 2005-2010, Studia i Raporty IUNG PIB, no. 7.*
- Jaśkiewicz B., Cyfert R. 2005. *Charakterystyka i technologia uprawy odmian pszenżyta ozimego*. Wyd. IUNG-PIB–IHAR–COBORU. Puławy-Radzików-Słupia Wielka: 31.
- Jaśkiewicz B. 2006. *Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce*. [w:] Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. IUNG-PIB Puławy, Raporty PIB, 3: 101-111.
- Krasowicz S., Kuś J. 2010. *Kierunki zmian w produkcji rolniczej w Polsce do roku 2020 – próba prognozy*. Zag. Ekon. Rol., Warszawa, 3: 5-18.
- Obuchowski W., Banecki K., Gutsche M. 2010. *Charakterystyka wybranych odmian pszenżyta jako potencjalnego surowca do produkcji chleba chrupkiego metodą ekstruzji*. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna. 15(3): 13-17.
- Wielicki Z. 1989. *Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie*. Post. Nauk Rol., 1: 69-86.
- Wójcicki Z. 2000. *Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych*. IBMER, Warszawa.

Efektywność ekonomiczna produkcji bulw ziemniaka sprzedawanych do bezpośredniego spożycia oraz po przetworzeniu - pre-cooking

Economic efficiency of potato tubers production, sold for direct consumption and after processing - pre-cooking

Piotr Stenzel
Marcin Bystron

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Studenckie Koło Naukowe Menadżerów Produkcji Roślinnej
Opiekun: dr hab. inż. Stanisław Bielski

Abstract

The work presents a comparison of the economic efficiency of potato tuber production sold for direct consumption and after processing - as pre-cooking potatoes. The data came from an individual farm located in the Pomorskie Province in the Kartuski powiat. The assumed yield of 45 t/ha has been achieved by cultivating the Innovator variety with integrated protection and using recultivated cultivation technology. Potato tubers intended for direct consumption were characterized by a profitability index of 205%, while potatoes sold after processing as pre-cooking - 222%. The largest share in the costs of both direct sales is the purchase of seed potatoes, while in the production of pre-cooking process and sterilization. Pre-cooking technology was characterized by greater labor intensity and higher profit per unit area.

Keywords: potato, production technology, food processing, pre-cooking potato

Wstęp

Psianka ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) należy do rodziny psiankowatych (*Solanaceae*), rodzaju psianka – *Solanum*, w którego skład wchodzi ponad 2000 gatunków. Największe znaczenie spośród form uprawnych ma tetraploidalny gatunek *Solanum tuberosum* L. o liczbie chromosomów $2n = 48$, obejmujący 2 podgatunki: *ssp. Tuberosum* i *ssp. Andigenum*. Odmiany uprawiane w warunkach Europejskich należą do gatunku: *Solanum tuberosum ssp. Tuberosum*. Występują jedynie w formie botanicznej – jarej (annua), rozmnażanej wegetatywnie poprzez bulwy, dzięki czemu cechy bulwy matecznej, są przekazywane bez zmian, co w prosty sposób pozwala na zachowanie jednolitości odmianowej (Zdunek 2007).

Obecnie uprawiane ziemniaki, wywodzą się z Ameryki Południowej z terenów dzisiejszej Boliwii oraz Peru, gdzie do teraz można spotkać ich dzikie formy. Ziemniak uprawiany jest od siedmiu tysięcy lat. Na początku był traktowany jako roślina ozdobna, lecz

szybko stał się ważnym produktem spożywczym ludności. Dzięki postępowi hodowlanemu, jest on teraz w pełni wartościową, najważniejszą rośliną okopową uprawianą na świecie (Korolewicz 2013). Rozwój ziemniaka w Europie, w tym także w Polsce, datowany jest na pierwszą połowę XVI wieku, kiedy to był wykorzystywany głównie jako roślina ozdobna. Obecnie pełni znaczącą rolę w przemyśle spożywczym oraz krochmalniczym.

Powierzchnia uprawy ziemniaka w Polsce w roku 1938 osiągnęła swój szczyt i wynosiła aż 3 mln ha. W 1961 roku powierzchnia ta nieznacznie spadła do 2,8 mln ha, co stanowiło 18% udziału w strukturze zasiewów, a ówczesne plony sięgały 160 dt·ha⁻¹. Na przełomie piątej i szóstej dekady XX wieku, Polska stała się największym producentem ziemniaka w Europie oraz drugim na świecie, ustępując jedynie ZSRR (Nowacki 2017, Faostat 2019). W 1990 roku nasadzenia osiągnęły 1,8 mln ha i od tego czasu zaczęły sukcesywnie spadać. W 2018 roku wyniosły jedynie 311 tys. ha, przy czym plon wzrósł do 280 dt·ha⁻¹ i był wyższy o 63% od średnich plonów z ostatniej dekady XX wieku. W Polsce potencjał plonowania ziemniaka jest wciąż niewykorzystany i kształtuje się na poziomie 45% średniego plonowania wszystkich odmian jadalnych, osiąganych w systemie porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (COBORU 2019a, Faostat 2019). Takie kolosalne różnice w porównaniu z PDO, z pewnością wynikają z systemu produkcji ziemniaka w Polsce, gdzie odsetek gospodarstw uprawiających go ekstensywnie wynosi aż 88% (Nowacki 2015).

Zmniejszenie udziału ziemniaka w produkcji, wiąże się z ograniczeniem wykorzystania go, jako paszy gospodarskiej. Obecnie wykorzystywane są tam już tylko te z frakcji poza handlowej. Kolejnym powodem jest zwiększenie kosztów produkcji oraz problem sprzedaży bulw przez małych producentów – rynek ziemniaka jest coraz bardziej zunifikowany przez rozwój sieci sklepów. Dużym problemem w uprawie oraz sprzedaży ziemniaka jest również coraz większe nasilenie chorób bakteryjnych i wirusowych czy też zmniejszenie spożycia ziemniaka przez konsumentów (Plichta 2016).

Szansą na zwiększenie uprawy ziemniaka jest uproszczenie przebiegu badań fitosanitarnych, potrzebnych do eksportu ziemniaka na rynki zagraniczne, które wykazują zapotrzebowanie na polski surowiec oraz coraz bardziej rozwijające się przetwórstwo spożywcze, począwszy od produkcji chipsów i frytek, do coraz prężniej rozwijającego się sektora ziemniaka pre-cooking (Nowacki 2015).

W Polsce uprawa ziemniaka wciąż charakteryzuje się drastycznie niskim potencjałem produkcyjnym w stosunku do Europy Zachodniej, ale także wyników osiąganych w Porejestrowym Doświadczalnictwie Odmianowym. Poza ekstensywnymi technikami uprawy

(ograniczonym nawożeniem i ochroną lub w skrajnych przypadkach – nawet ich brakiem), przyczyniają się do tego podstawowe błędy agrotechniczne, z brakiem wymiany materiału sadzeniakowego na czele. W takich warunkach osiągnięcie pułapu opłacalności ekonomicznej jest właściwie niemożliwe, co powoduje „błędne koło” braku inwestycji w nowy, wolny od chorób materiał rozmnożeniowy. Z kolei gospodarstwa produkujące intensywnie, o wysokim poziomie kultury agrotechnicznej, osiągają zadowalające plony, jakość i zyski, co skutkuje często nadmiernym wzrostem powierzchni uprawy w stosunku do powierzchni gospodarstwa i uniemożliwia utrzymanie poprawnej, przynajmniej 3-letniej przerwy w uprawie tego gatunku. Całość tych czynników powoduje, że polskie gleby są silnie porażone szkodnikami zwalczanymi kwarantannowo, co spowodowało znaczne utrudnienia w procesie uzyskania świadectw fitosanitarnych w stosunku do innych krajów Unii Europejskiej. W konsekwencji, eksport polskiego ziemniaka, którego nie tak dawno byliśmy największym producentem w Europie, jest właściwie niemożliwy (Karnkowski 2016).

Celem niniejszego opracowania było porównanie efektywności ekonomicznej produkcji bulw ziemniaka sprzedawanego do bezpośredniego spożycia oraz po przetworzeniu – pre-cooking.

Materiał i metody

Technologia produkcji ziemniaków pre-cooking, opiera się na doświadczeniu własnego gospodarstwa, a maszyny wykorzystane do produkcji, charakteryzują się wysoką wydajnością oraz bezawaryjnością. Technologia ma na celu zapewnianie wysokiego plonu oraz jak najlepszej jakości otrzymanych bulw. W gospodarstwie możliwy do uzyskania plon bulw z przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia wynosi $45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach zastosowano technologię według zasad integrowanej ochrony roślin. Dodatkowo, dawki nawozów sztucznych uwzględniały wymagania roślin i zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe (metoda bilansowa).

Ekonomiczną ocenę technologii produkcji bulw ziemniaka na cele bezpośredniego spożycia, przeprowadzono w oparciu o metodę IERiGŻ-PIB w Warszawie (Goraj, Mańko 2011). Wielkość kosztów ogólnych obliczono na podstawie zestawienia kosztów bezpośrednich i pośrednich. Koszty bezpośrednie stanowiły składniki, które bez wątpliwości można było przypisać do produkcji ziemniaka, mające bezpośredni wpływ na wielkość i wartość produkcji a także zależne od skali produkcji. Do tej grupy zaliczono następujące składniki kosztów: materiał sadzeniakowy, nawozy i środki ochrony roślin. W analizie nie

uwzględniono kosztów ubezpieczenia uprawy i kosztów specjalistycznych. Z kolei do kosztów pośrednich zaliczono: amortyzację, koszty konserwacji, przeglądów, napraw i ubezpieczeń ciągników i maszyn rolniczych stanowiących koszty eksploatacji, koszt paliwa wraz ze smarami oraz koszt pracy najemnej. W ocenie nie uwzględniono kosztów czynszów i dzierżaw gruntów.

Tabela 1. Wybrane ceny jednostkowe

Wyszczególnienie		Ilość	Cena jednostkowa netto [zł]
Olej napędowy		1 l	3,7
Koszt roboczogodziny pracy w polu		1 rbh	15,0
Koszt roboczogodziny pracy w przetwórni		1 rbh	30,0
Materiał sadzeniakowy		1 t	1 700,0
Worki do pakowania ziemniaków pre-cooking		100 szt	60,0
Nawozy mineralne	Superfosfat potrójny granulowany	1 t	1 050,0
	Sól potasowa	1 t	1 150,0
	Siarczan amonu	1 t	950,0
	Saletra amonowa	1 t	1 100,0
Nawozy dolistne	Mocznik	1 t	1 150,0
Środki ochrony roślin	Stomp 330 EC	1 l	31,0
	Arcade 880 EC	1 l	35,0
	Titus 25 WG	10 g	28,5
	Sencor Liquid 600 SC	1 l	135,0
	Prestige Forte 370 FS	1 l	245,0
	Infinito 687,5 SC	1l	76,0
	Carial Flex	1 kg	168,0
	Carial Star 500 SC	1 l	192,0
	Curzate C Extra 31 WG	1 kg	32,0
	Cabrio Duo 112 EC	1 l	38,0
	Karate Zeon 050 CS	1 l	145,0
	Calypso 480 SC	1 l	340,0
Cena zbytu bulw świeżych		1t	450
Cena zbytu bulw przetworzonych		1t	1 700

Źródło: Opracowanie własne.

Koszty bezpośrednie oszacowano w oparciu o ich rzeczywiste zużycie i cenę jednostkową uzyskaną przez gospodarstwo w II półroczu 2018 r. (Tab. 1.). Do obliczenia kosztów pośrednich związanych z pracą ciągników i maszyn rolniczych, wykorzystano metodę opracowaną przez IMBER, która zakłada, że koszty eksploatacji ciągników i maszyn (K_e) są sumą kosztów poniesionych na ich utrzymanie (K_{utr}) i użytkowanie ($K_{uż}$) (Goć, Muzalewski 1997).

$$K_e = K_{utr} + K_{uż}$$

Do wyliczenia jednostkowego kosztu eksploatacji wykorzystano: aktualne ceny (II półrocze 2018 r.), normatywne wykorzystanie, okres trwania, wskaźnik kosztów napraw, a także wydajność eksploatacyjną maszyn według własnego pomiaru.

Koszty utrzymania wyliczono uwzględniając koszty amortyzacji, koszty przechowywania i konserwacji oraz koszty ubezpieczenia.

$$K_{utr} = \frac{K_a + K_k + U}{W_r} \quad K_a = \frac{C_m}{T} \quad K_k = k_k \times C_m$$

gdzie:

K_{utr} – jednostkowy koszt utrzymania maszyny ($\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$),

K_a – koszty amortyzacji ($\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$),

K_k – koszty przechowywania i konserwacji ($\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$),

U – koszt ubezpieczenia ($\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$),

W_r – liczba godzin pracy maszyny w roku (h),

C_m – cena maszyny (zł),

T – przewidywany czas użytkowania (lat),

k_k – wskaźnik kosztów przechowywania i konserwacji (2% ceny zakupu).

Koszty użytkowania obejmują koszty napraw oraz koszty paliwa i smarów, poniesione podczas procesu produkcyjnego, przy czym zużycie paliwa określono poprzez jego bezpośredni pomiar podczas pracy:

$$K_{uż} = K_n + K_p K_n = \frac{k_n \times C_m}{T \times W_r} K_p = Z_p \times 1,2 \times C_p$$

gdzie:

$K_{uż}$ – koszt jednostkowy użytkowania ($\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$),

K_n – jednostkowy koszt napraw ($\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$),

K_p – jednostkowy koszt paliwa i smarów ($\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$),

k_n – wskaźnik kosztów napraw (%),

C_m – cena maszyny (zł),

T – przewidywany czas użytkowania (lat),

W_r – liczba godzin pracy maszyny w roku (h),

Z_p – zużycie paliwa ($\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$),

C_p – cena jednostkowa paliwa ($\text{zł} \cdot \text{dm}^3$).

W analizie kosztów przyjęto wynagrodzenie 15,0 zł za 1 godzinę pracy ludzkiej. Wartość pieniężną bulw ziemniaka przyjęto na podstawie średniej ceny uzyskanej przez gospodarstwo w 2018 roku.

W ocenie ekonomicznej efektywności produkcji bulw ziemniaka na cele bezpośredniego spożycia, wyliczono następujące wskaźniki:

- koszt jednostkowy produkcji (koszt 1 t bulw):

$$K_j = \frac{K}{M_p}$$

- wskaźnik opłacalności produkcji – bez i z uwzględnieniem dopłat bezpośrednich:

$$W_o = \frac{W_p}{K} \cdot 100$$

- wskaźnik względnej wydajności kosztów (bez dopłat):

$$W_{wk} = \frac{K}{W_p}$$

gdzie:

K_j – jednostkowy koszt produkcji ($\text{zł} \cdot \text{t}^{-1}$),

K – koszt produkcji ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$),

M_p – plon bulw ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$),

W_o – wskaźnik opłacalności produkcji (%),

W_p – wartość produkcji (z/ bez dopłat) ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$),

W_{wk} – wskaźnik względnej wydajności kosztów.

Wyniki badań

W technologii produkcji bulw ziemniaka na cele bezpośredniego spożycia, wartość produkcji ogółem z hektara wynosi 20.250 zł, z czego 100% tej wartości pochodzi ze sprzedaży bulw. Koszty ogółem stanowią około 49% wartości produkcji i wynoszą 9.862,37 zł.

W strukturze kosztów ogółem, koszty bezpośrednie mają 60% udziału. Pozostała część - 40% przypada na koszty pośrednie. Strukturę kosztów ogółem oraz ich podział według operacji technologicznych przedstawia tabela 2.

W strukturze kosztów bezpośrednich, największy udział ma materiał sadzeniakowy – 63,1%, środki ochrony roślin – 23,9%, a nawozy – 13,0% kosztów bezpośrednich. Warto zauważyć, że fungicydy w ochronie roślin stanowią 61,1%, herbicydy 34,7% kosztów zaś insektycydy stanowią jedynie 4,3%.

Zdecydowanie największy udział w strukturze kosztów pośrednich ogółem przypada na zbiór bulw i ich transport do przechowalni – 50,26%, z czego 87,27% tego kosztu, przypada na zbiór. Związane jest to z wysoką ceną kombajnu Grimme Varitron 200, którego duża wartość i wykorzystanie na poziomie niewielu godzin rocznie, wpływa na wysokie koszty eksploatacji. Jednak zbiór takim kombajnem minimalizuje uszkodzenia bulw i doskonale oczyszcza plon

z łęcin oraz gleby. Charakteryzuje się on również wysoką bezawaryjnością, co jest niezwykle ważne w przypadku niekorzystnych warunków pogody w okresie zbiorów.

Tabela 2. Struktura kosztów produkcji bulw ziemniaka w przeliczeniu na 1 t produktu

Wyszczególnienie		Wartość na 1t (1 ha)	
Wartość produkcji ogółem		450,00 zł (20 250,00 zł)	
Koszty bezpośrednie ogółem		131,68 zł (5 925,40 zł)	
Materiał sadzeniakowy		83,11 zł (3 740,00 zł)	
Nawozy	Mineralne	16,38 zł (737,00 zł)	17,16 zł (772,00 zł)
	Dolistne	0,78 zł (35,00 zł)	
Środki ochrony roślin	Herbicydy	10,89 zł (490,00 zł)	31,41 zł (1 413,40 zł)
	Fungicydy	19,18 zł (863,20 zł)	
	Insektycydy	1,38 zł (60,20 zł)	
Koszty pośrednie razem		87,49 zł (3 936,97 zł)	
Uprawa roli		27,63 zł (1 243,34 zł)	
Sadzenie		4,27 zł (192,06 zł)	
Nawożenie		4,98 zł (224,03 zł)	
Opryskiwanie roślin		6,64 zł (298,76 zł)	
Zbiór + transport		43,97 zł (1 978,78 zł)	
Nakłady pracy		0,4 h (17,75 h)	
Koszty ogółem		219,16 zł (9 862,37 zł)	

Źródło: Opracowanie własne.

Wykorzystanie technologii zagonowej oraz pełnej uprawy późniejszej, znacząco wpływa na energochłonność wykonania zabiegów uprawowych. Nakłady pracy przypadające na uprawę roli to $6,7 \text{ h} \cdot \text{ha}^{-1}$, a koszt wykonania zabiegów uprawowych wynoszący $1.243,34 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, stanowi 32,6% kosztów ogółem.

Sadzenie, które stanowi jedynie 4,9% kosztów pośrednich, to zabieg o najmniejszym udziale w strukturze kosztów ogółem. Wykonywany przy użyciu nowoczesnej sadzarki pasowej Grimme GB 42, zapewnia wysadzenie optymalnej liczby bulw na odpowiedniej głębokości. Warunkuje to równe wschody roślin. Sadzenie charakteryzuje się niskim nakładem pracy wynoszącym jedynie $1 \text{ h} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dodatkowo maszyna wyposażona jest w zaprawiarkę, która podczas sadzenia pokrywa bulwy zaprawą – zmniejszając tym samym koszty ochrony w początkowej fazie wzrostu.

Rozsianie nawozów to koszt około $224 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, charakteryzuje się najniższym nakładem pracy, bo jedynie $0,8 \text{ h} \cdot \text{ha}^{-1}$. Niskie nakłady oraz stosunkowo niskie koszty, związane są z wykorzystaniem rozsiewacza z wbudowaną wagą, dzięki czemu na bieżąco możemy

obserwować oraz kontrolować masę wysiewu na jednostkę powierzchni przy zapewnieniu dokładności i precyzji.

Trzecie miejsce, pod względem udziału w strukturze kosztów pośrednich, przypada na zabieg opryskiwania roślin – 7,6%. Liczba zabiegów wykonywanych przed ochroną roślin, mimo niskich nakładów, spowodowały bardzo wysokie miejsce tego zabiegu w strukturze kosztów pośrednich. Wykonywanie zabiegu opryskiwaczem o szerokości belki 20 m i automatyczną stabilizacją belki, zapewnia wysoką sprawność wykonania zabiegu.

Zastosowanie zagonowej technologii uprawy ziemniaka spowodowało, że mimo użycia nowoczesnego i wysokowydajnego sprzętu, nakłady pracy kształtowały się na bardzo wysokim poziomie wynoszącym 17,75 h·ha⁻¹.

Tabela 3. Struktura kosztów produkcji bulw ziemniaka pre-cooking w przeliczeniu na 1 t produktu

Wyszczególnienie		Wartość	
Wartość produkcji ogółem		1700,00 zł	
Koszty bezpośrednie ogółem		251,68 zł	
Materiał sadzeniakowy		83,11 zł	
Opakowania		120,00 zł	
Nawozy	Mineralne	16,38 zł	17,16 zł
	Dolistne	0,78 zł	
Środki ochrony roślin	Herbicydy	10,89 zł	31,41 zł
	Fungicydy	19,18 zł	
	Insektycydy	1,38 zł	
Koszty pośrednie razem		339,95 zł	
Uprawa roli		27,63 zł	
Sadzenie		4,27 zł	
Nawożenie		4,98 zł	
Opryskiwanie roślin		6,64 zł	
Zbiór + transport		43,97 zł	
Proces obróbki + sterylizacja		252,46	
Straty podczas obróbki		50%	
Nakłady pracy		2,9 h	
Koszty ogółem		885,78 zł	

Źródło: Opracowanie własne.

Zdecydowanie największy udział w strukturze kosztów pośrednich, ogółem przypada na proces obróbki i przetwarzanie – 74,26%. Nakłady pracy związane z produkcją ziemniaków pre-cooking, wzrosły aż do 2,9 h na tonę, co spowodowane jest długo trwającym procesem utrwalającym – sterylizacją ziemniaka w wysokiej temperaturze przekraczającej 115°C. Ponadto wysokim kosztem jest zakup specjalistycznej linii technologicznej do przetwarzania ziemniaków, w której skład muszą wchodzić bardzo drogie maszyny o dużej wydajności, m.in.

wywrotnica skrzyniopalet wraz z koszem przyjęciowym, separator kamieni, myjka przemysłowa, obieraczka szczotkowa, obieraczka nożowa, zamykarka próżniowa, autoklaw oraz liczne taśmociągi i przenośniki. Wszystkie maszyny muszą być zbudowane ze stali nierdzewnej, przez co potencjalne koszty, ponownie się podwyższają.

Zrównoważone nawożenie, odpowiednia ochrona, korzystne warunki siedliskowe i dbałość o poprawne wykonanie zabiegów, pozwoliło na uzyskanie plonu bulw w wysokości $450 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wysokie nakłady na środki produkcji, które wyniosły 60% kosztów ogółem, świadczą o intensywności produkcji bulw ziemniaka. Wartość produkcji po odjęciu kosztów, które zostały poniesione w procesie produkcji, skutkuje osiągnięciem dochodu w wysokości $10.387,63 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, co po uwzględnieniu dopłat (JPO) w wysokości $459,19 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ i dopłat za zazielenienie $308,18 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ – razem $767,37 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, daje $11.150,00 \text{ zł}$. Koszt jednostkowy produkcji wynosi $219,16 \text{ zł}$, co przy cenie bulw $450 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, przekłada się na dochód w przeliczeniu na 1 tonę bulw w wysokości $230,84 \text{ zł}$ bez i – $247,78 \text{ zł}$ po uwzględnieniu dopłat. Wskaźnik opłacalności produkcji bez dopłat wynosi 205,33%, a po uwzględnieniu dopłat 213,11% (Tab. 4).

Tabela 4. Wyróżniki oceny ekonomicznej efektywności projektowanej technologii

Wskaźnik	Wartość wskaźnika
Kosz jednostkowy produkcji 1 t bulw	219,16 zł
Wskaźnik opłacalności produkcji – bez dopłat	205,33%
Wskaźnik opłacalności produkcji z dopłatami	213,11%
Wskaźnik względnej wydajności kosztów	0,49

Źródło: Opracowanie własne.

Projektowana technologia produkcji bulw ziemniaka cechuje się dużo lepszą ekonomiczną efektywnością, aniżeli technologie stosowane przez inne gospodarstwa, które należą do systemu FADN, gdzie opłacalność produkcji (bez uwzględnienia dopłat) w latach 2008-2009, wyniosła odpowiednio 118 i 114% (Mańko 2011).

Tabela 5. Wyróżniki oceny ekonomicznej efektywności projektowanej technologii pre-cooking

Wskaźnik	Wartość
Koszt jednostkowy produkcji 1 t bulw	765,78 zł
Wskaźnik opłacalności produkcji	221,99%
Wskaźnik względnej wydajności kosztów	0,47

Źródło: Opracowanie własne.

Koszt jednostkowy produkcji ziemniaków pre-cooking, wynosi 765,78 zł, co przy cenie bulw 1700 zł·ha⁻¹ przekłada się na dochód w przeliczeniu na 1 tonę bulw w wysokości 934,22 zł. Wskaźnik opłacalności produkcji wynosi 221,99% (Tab. 5).

W technologii produkcji ziemniaków pre-cooking, najtrudniejszym zadaniem jest opracowanie technologii produkcji, ograniczenie strat podczas przetwarzania oraz zbadanie receptur dla poszczególnych procesów.

Wnioski

Przetwarzanie ziemniaków może być szansą poprawy opłacalności produkcji dla małych producentów.

Ziemniaki pre-cooking charakteryzowały się wyższym wskaźnikiem opłacalności (222%), aniżeli ziemniaki przeznaczone do bezpośredniego spożycia. Ziemniaki przeznaczone do bezpośredniego spożycia charakteryzują się niższą pracochłonnością, aniżeli ziemniaki przetworzone.

Literatura

- COBORU.pl 2018a. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. *Ziemniak 1990-2018* <<http://www.coboru.pl/DR/pdopublikacjecentralne.aspx>> 23.03.2019
- Faostat.org / <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> 23.03.2019
- Goć E., Muzalewski A. 1997. *Koszty eksploatacji maszyn*. IMBER, Warszawa.
- Goraj L., Mańko S. 2011. *Model szacowania pełnych kosztów działalności gospodarstw rolnych*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej 328: 28-58.
- Karnkowski W. 2016. *Zagrożenie fitosanitarne związane z glebą towarzyszącą bulwom ziemniaka i odpadami ziemniaczanymi*. Ziemniak Polski 1: 20-23.
- Korolewicz K. 2013. *VIVA LA PAPA! Peru i Boliwia – kolebka ziemniaków*. Ziemniak Polski, 2: 55-56.
- Mańko S. 2011. *Koszty i opłacalność produkcji ziemniaków w świetle wyników polskiego FADN*. Ziemniak Polski 4: 1-6.

- Nowacki W. 2015. *Szanse i zagrożenia rynku ziemniaka w Polsce*. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 2: 169-175.
- Nowacki W. 2017. *Historia ziemniaka w Polsce po II wojnie światowej*. Ziemniak Polski, 2: 48-52.
- Zdunek J. 2007. *Dobieranie roślin uprawnych do warunków środowiska*. Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy: 10-11.

Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i siewu na plonowanie i opłacalność produkcji rzepaku ozimego w warunkach gospodarstwa wielkoobszarowego

The effect of different cultivation and sowing methods on the yield and profitability of winter rape production in the conditions of a large-area farm

Mateusz Sokółski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Menadżerów Produkcji Roślinnej
Opiekun: dr hab. inż. Stanisław Bielski

Abstract

The study presents an analysis of the agronomic and economic effectiveness of various cultivation methods and the sowing of winter oilseed rape in a large-area farm. The economic analysis was made on the basis of the actual consumption of the means of production. The study was conducted in the growing season 2017/2018 on a farm with an area of 2350 ha, winter oilseed rape in the structure of sowing occupied 31% (729 ha). The farm uses two methods of cultivation and sowing: cultivation without plowing 30-35 cm deep and strip-till.

Biometrics of rape plants carried out before the inhibition of autumn vegetation showed that cultivated plants were characterized by more intensive development in strip till technology (more leaves, larger diameter of root collar, length of pile root, weight of rosette and pile root).

Biometrics of rape plants prior to harvest showed significant differences in plant height, stem thickness as well as in the number of developed productive branches. Analysis of yield structure elements showed that plants grown in strip till technology produced a greater number of siliques per 1 m², which largely decided to obtain higher about 6% of the seed yield.

Strip-till cultivation also allowed to reduce the production costs of winter rape seeds, which combined with a higher seed yield resulted in a higher income from 1 ha and a more favorable index of economic profitability.

Keywords: winter rape, tillage, profitability of production

Wstęp

W uprawie rzepaku ozimego, podobnie jak w innych uprawach rolniczych, plon nasion zależy między innymi od warunków klimatyczno-geograficznych, warunków pogodowych w danym sezonie wegetacyjnym oraz od systemu uprawy roli. Wydajność rzepaku ozimego może być poprawiona poprzez wybór odpowiedniej odmiany oraz dostosowanie prawidłowej technologii uprawy (uprawa roli, nawożenie, ochrona chemiczna (Chiriac i in. 2013).

Uprawa roli jest podstawowym elementem agrotechniki rzepaku ozimego. Wynika to z faktu, że wpływa ona na właściwości gleby, stan fitosanitarny stanowiska oraz na rozkład resztek późniejszych roślin przedplonowej (Šařec i in. 2008). Ponadto, wpływa między innymi

na prawidłowe wschody rośliny uprawnej i dalszy ich rozwój (Ozpinar i Cay 2006), poprzez zapewnienie odpowiednich warunków powietrzno-wilgotnościowych w glebie (Romaneckas i in. 2011)

Tradycyjna uprawa płużna, często wpływa pogarszająco na właściwości gleby (Kertesz, Madarasz 2014). Odwracanie i głębokie spulchnienie, silnie napowietrzają glebę i powodują utratę wody (Guan i in. 2015). Z tego powodu, w wielu krajach, stosowano siew bezpośredni. Jednak system ten skutkuje często zmniejszeniem plonu rzepaku i obniżeniem ekonomicznej efektywności uprawy (Khakbazan i Hamilton 2012).

Wszelkie uproszczenia w uprawie roli, w mniejszym stopniu wpływają na pionowy układ gleby, pozostawiając jednocześnie część resztek pozbiorowych na powierzchni, co skutkuje różnorodnym wpływem na właściwości biologiczne, chemiczne i fizyczne gleby (Morris i in. 2010).

Obecnie w rolnictwie coraz częściej stosowana jest technologia strip-till, która łączy w sobie zalety wielu systemów uprawy roli. W porównaniu do klasycznej uprawy roli, technologia strip-till korzystnie wpływa na właściwości gleby oraz skutkuje poprawą efektywności ekonomicznej i organizacyjnej uprawy rzepaku (Licht i Al-Kaisi 2005; Jabro i in. 2014). Al-Kaisi i in. (2014) porównując pięć systemów uprawy roli, m.in. strip till i uprawę orkową, wykazał że struktura gleby w technologii strip-till, była znacznie korzystniejsza dla stabilności mikro- oraz makro agregatów. W badaniach Fernández i in. (2015), po kilku latach stosowania strip-till, wzrastała zawartość materii organicznej w glebie. Głównym jej założeniem jest spulchnienie tylko pasów gleby, w których zostaną wysiane nasiona oraz nawóz. Pozostała część ścierniska pozostaje nienaruszona. Zaletą tego sposobu uprawy jest zapobieganie nadmiernemu przesuszeniu gleby. W uprawie pasowej spulchnia się tylko część powierzchni pola, dzięki czemu ogranicza się wyparowywanie wody, co z kolei zapewnia korzystniejsze warunki do kiełkowania i wschodów roślin. Korzystnym rozwiązaniem jest jednoczesny wysiew nasion oraz nawozów. Składniki pokarmowe mogą być umieszczone na różnej głębokości. Aplikacja fosforu i potasu na poziomie 15-25 cm, sprzyja stymulacji rozwoju systemu korzeniowego. Umieszczenie nawozu fosforowego na różnych głębokościach, stymuluje rozwój zarówno korzenia głównego, jak i korzeni bocznych. Azot można umieścić bezpośrednio w pobliżu nasion (nawóz startowy) lub głębiej. Przy tym sposobie uprawy, na znacznej powierzchni pola pozostaje niezniszczona ściern. Tworzy ona „tunel” osłonowy, który zapobiega erozji wietrznej oraz wodnej. Pozostałe resztki poźniwne chronią przed przymrozkami młode i niezahartowane rośliny. W okresie zimy pozwala to na gromadzenie

śniegu (ograniczając jego wywiewanie), co stwarza korzystniejsze warunki do przezimowania. W przypadku braku pokrywy śnieżnej, pozostała ściern chroni rośliny rzepaku przed wysmalaniem oraz osłania szyjkę korzeniową. Taki sposób uprawy wspomaga również rozwój życia biologicznego, co pozwala korzeniom na lepsze pobieranie składników pokarmowych z minerałów oraz masy organicznej (Schönberger 2013).

Wyniki wielu badań wskazują, że uproszczenia w uprawie roli, mimo wielu korzyści, mogą skutkować wzrostem zachwaszczenia upraw (Bujak i Frant 2009; Blecharczyk i in. 2011) a w konsekwencji obniżeniem plonów uprawianych roślin (Rieger i in. 2008; Małecka i in. 2012). Z tego powodu należy dostosować sposób regulacji zachwaszczenia, do sposobu uprawy roli (Witkowski 1998).

Celem pracy było porównanie efektywności agronomicznej oraz ekonomicznej dwóch sposobów uprawy roli i siewu w uprawie rzepaku ozimego.

Material i metody

Analizę porównania efektywności agronomicznej oraz ekonomicznej sposobów uprawy roli i siewu przeprowadzono na podstawie danych, pochodzących z gospodarstwa rolnego specjalizującego się w produkcji roślinnej w sezonie 2017/2018. Powierzchnia gruntów ornych wynosi 2172 ha. Większość areału zajmują gleby klasy IIIB (34%) oraz IVa (54%). W strukturze zasiewów przeważają zboża, gdyż zajmują 55% powierzchni zasiewów (pszenica ozima 40%, kukurydza 8%, pszenżyto ozime 4%, pszenica jara 3%). Rzepak ozimy zajmuje 37%, a burak cukrowy 7% powierzchni.

Ekonomiczna ocena wybranych upraw, oparta została na metodyce opracowanej przez Goraję i Mańko (2011). Poziom nakładów materiałowych przyjęto na podstawie rzeczywistego zużycia oraz cen środków produkcji w badanym gospodarstwie. Koszty maszynowe obliczono na podstawie rzeczywistych parametrów rocznego wykorzystania oraz wydajności sprzętu. Ceny sprzedaży płodów ujęte w obliczeniach, są faktycznymi cenami sprzedaży uzyskanymi przez badane gospodarstwo. Dochód z działalności został obliczony przez odjęcie kosztów bezpośrednich oraz pośrednich od wartości produkcji. Należy pamiętać, że nadwyżka bezpośrednia nie świadczy o dochodzie producenta, lecz podkreśla tylko kierunki produkcji o wyższej dochodowości. Z tego powodu, istotne jest prawidłowe oszacowanie kosztów pośrednich, co pozwoli na obliczenie wiarygodnego dochodu z działalności.

Wyniki badań

Sposób uprawy roli i siewu wpłynął na jesienny rozwój roślin rzepaku ozimego. Zarówno po wykonaniu uprawy bezorkowej oraz pasowej, rośliny osiągnęły pożądany habitus do prawidłowego przezimowania. Jednak zastosowanie technologii pasowej wpłynęło na wytworzenie większej liczby liści w rozecie, wyżej wyniesionego pąka wierzchołkowego (o 3,5 mm) oraz szyjki korzeniowej o większej średnicy (o 0,5 mm). Zaobserwowano również intensywniejszy rozwój systemu korzeniowego, który wskutek zastosowania uprawy pasowej był o 2,1 cm dłuższy. Masa rozety liściowej i korzenia palowego wyniosła odpowiednio 24,5-28,6g i 3,9-4,1 g. Zawartość suchej masy rozety oraz korzenia palowego kształtowała się na poziomie 14,0-14,7% (rozeta) i 21,8-22,7% (korzeń) (Tab. 1).

Tabela 1. Wpływ sposobu uprawy roli i siewu na wzrost i rozwój roślin rzepaku ozimego w okresie jesiennej wegetacji

Wyszczególnienie	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Liczba liści wykształconych w rozecie (szt.)	10,1	11,2
Liczba liści w rozecie przed zahamowaniem wegetacji (szt.)	7,0	8,1
Wysokość wyniesienia pąka wierzchołkowego (mm)	20,8	24,3
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	5,9	6,4
Długość korzenia palowego (cm)	16,6	18,7
Masa 1 rozety liściowej (g)	24,5	28,6
Sucha masa 1 rozety liściowej (g)	3,6	4,0
Zawartość suchej masy w rozecie liściowej (%)	14,7	14,0
Masa korzenia palowego (g)	3,9	4,1
Sucha masa korzenia palowego (g)	0,85	0,93
Zawartość suchej masy w korzeniu palowym (%)	21,8	22,7

Źródło: Opracowanie własne.

Uprawa pasowa pozytywnie wpłynęła na długość łodyg bezpośrednio przed zbiorem (wzrost o 6%), ich grubość u nasady (wzrost o 17%) oraz na liczbę rozgałęzień produktywnych na pojedynczej roślinie. Zróżnicowane sposoby uprawy roli i siewu, nie zróżnicowały statystycznie wysokości umiejscowienia pierwszego rozgałęzienia owoconośnego oraz jego długości (Tab. 2).

Liczba roślin plonujących wyniosła ok. 35-36 szt. m⁻². Zdecydowanie większą liczbę łuszczyń (o 20%), wytworzyły rośliny po zastosowaniu uprawy pasowej, co skutkowało uzyskaniem 4365 łuszczyń na 1 m⁻², a w przypadku uprawy bezorkowej 3718 szt. Rośliny uprawiane w systemie bezorkowym z kolei, charakteryzowały się lepszym wypełnieniem

łuszczyn (9% więcej nasion w łuszczynie) oraz większą dorodnością nasion (wyższa masa 1000 nasion). Wyższy plon nasion (o 6%), sięgający 4,38 Mg ha⁻¹ zanotowano po zastosowaniu uprawy pasowej (Tab. 3).

Tabela 2. Wpływ sposobu uprawy roli i siewu na elementy architektury łanu rzepaku ozimego

Wyszczególnienie	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Wysokość roślin bezpośrednio przez zbiorem [mm]	158,8	168,9
Grubość łodyg u nasady [mm]	11,2	13,1
Wysokość umiejscowienia pierwszego rozgałęzienia owoconośnego [cm]	72,5	74,2
Długość pierwszego rozgałęzienia owoconośnego [cm]	61,2	57,4
Liczba rozgałęzień produktywnych na pojedynczej roślinie [szt.]	5,0	5,6
Ugięcie łanu [%]	4,4	5,5

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3. Wpływ sposobu uprawy roli i siewu na elementy struktury plonu rzepaku ozimego

Cecha	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Liczba roślin plonujących (szt. m ⁻²)	36,1	35,2
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	103	124
Liczba łuszczyn na 1 m ⁻² (szt.)	3718,3	4364,8
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	26,4	24,3
Masa 1000 nasion (g)	4,26	4,14
Plon nasion (Mg ha ⁻¹)	4,15	4,38

Źródło: Opracowanie własne.

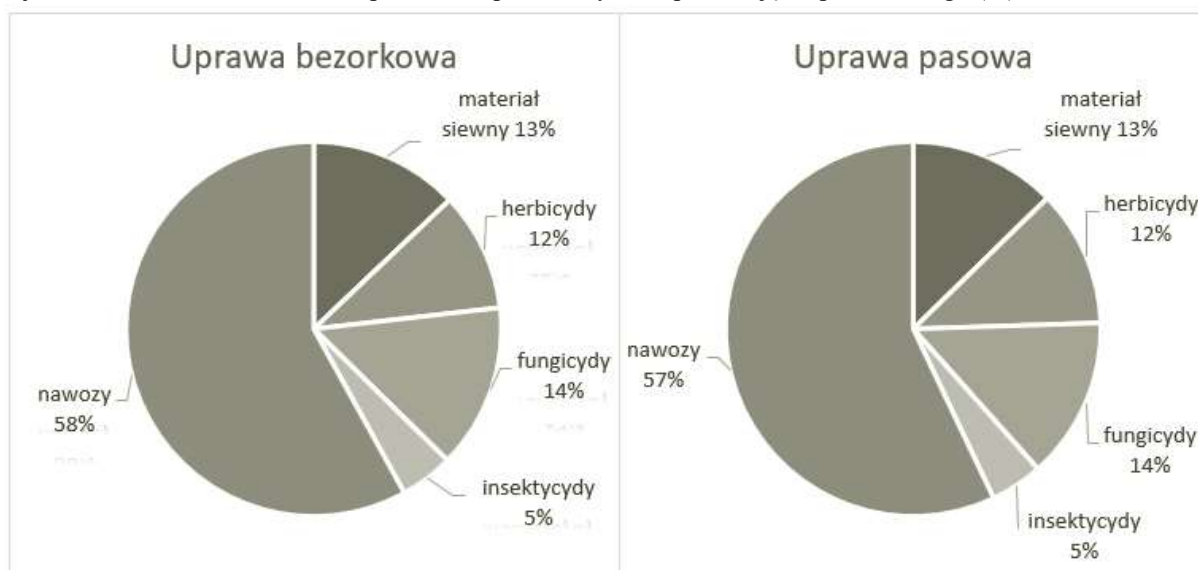
Tabela 4. Zestawienie poniesionych kosztów na produkcję nasion rzepaku ozimego (zł)

Wyszczególnienie	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Koszty bezpośrednie ogółem:	2566	2610
Materiał siewny	331	331
Herbicydy	264	308
Fungicydy	364	364
Insektycydy	118	118
Nawozy	1489	1489
Koszty pośrednie ogółem	1215	1012
Uprawa roli	389	332
Siew	146	
Ochrona roślin	278	296
Nawożenie	96	82
Zbiór oraz transport	268	268
Nakłady pracy	38	34
Koszt ogółem na 1 ha	3781	3622

Źródło: Opracowanie własne.

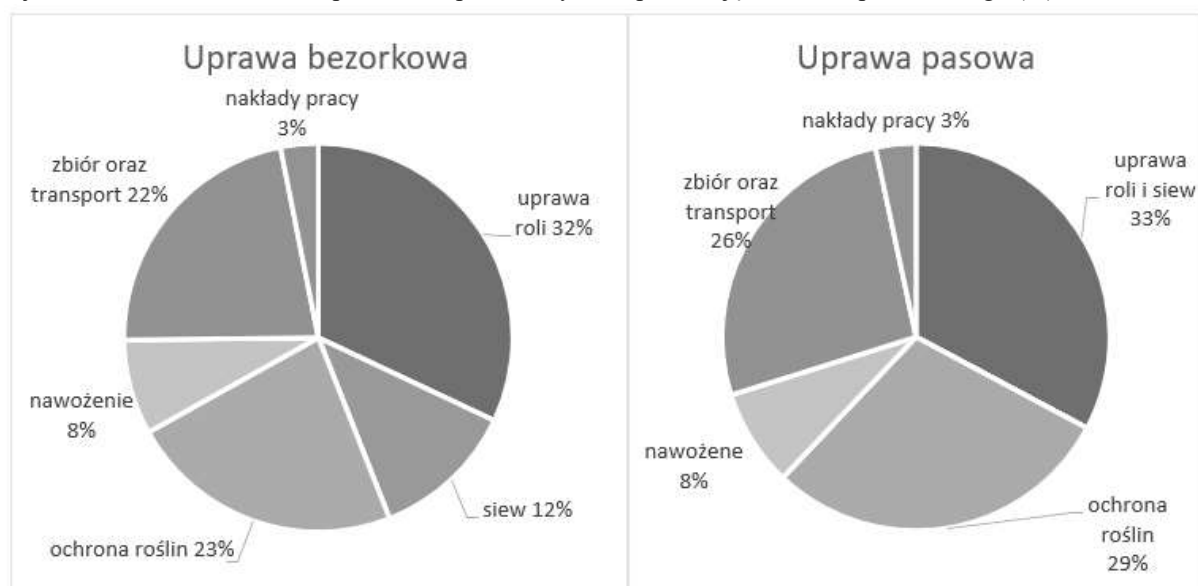
Koszty ogółem na 1 ha uprawy rzepaku ozimego w badanym gospodarstwie w sezonie 2017/2018, wyniosły w zależności od sposobu uprawy roli od 3622 zł (uprawa pasowa) do 3781 zł (uprawa bezorkowa) (Tab. 4). Wyższe koszty bezpośrednie o 44 zł ha⁻¹ poniesiono w uprawie pasowej, co wynika z konieczności zastosowania dodatkowego zabiegu herbicydowego. Z kolei uprawa pasowa charakteryzowała się niższymi o 203 zł ha⁻¹ kosztami pośrednimi, co wynika z niższych nakładów poniesionych na uprawę roli oraz siew oraz nawożenie.

Rysunek 1. Struktura kosztów bezpośrednich poniesionych na produkcję rzepaku ozimego (%)



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 2. Struktura kosztów pośrednich poniesionych na produkcję nasion rzepaku ozimego (%)



Źródło: Opracowanie własne.

W strukturze kosztów bezpośrednich, niezależnie od sposobu uprawy roli i siewu, największy udział stanowi koszt nawozów (57-58%), a następnie fungicydów (14%), materiału siewnego (13%) oraz herbicydów (10-12%). Najmniejszy udział w strukturze kosztów bezpośrednich stanowiły insektycydy (5%) (Rys. 1).

W strukturze kosztów pośrednich przeważają koszty poniesione na uprawę roli (uprawa bezorkowa) oraz na uprawę roli i siew (uprawa pasowa). W uprawie pasowej, koszty poniesione na te dwie operacje agrotechniczne, są zsumowane, ponieważ uprawa roli oraz siew odbywają się tym samym narzędziem podczas jednego przejazdu. Od 23 (uprawa bezorkowa) do 29% (uprawa pasowa) stanowi koszt ochrony roślin, co wskazuje na wysoką intensywność technologii produkcji rzepaku ozimego w badanym gospodarstwie. Najmniejszy udział w strukturze kosztów pośrednich stanowi koszt pracy ludzkiej (Rys. 2).

Analiza kosztów produkcji rzepaku ozimego według źródeł ponownie wykazała, że stosowanie uprawy pasowej pozwala ograniczyć koszty poniesione na nośniki energii (o 16%), ciągniki i maszyny (o 17%) oraz siłę roboczą (o 9%). Z kolei uprawa bezorkowa, generuje niższe koszty poniesione na materiały (o 2%) (Tab. 5).

Tabela 5. Koszty produkcji rzepaku ozimego według źródeł powstania (zł ha⁻¹)

Wyszczególnienie	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Materiały	2566	2610
Nośniki energii	408	340
Ciągniki i maszyny	769	638
Siła robocza	38	34
Razem	3781	3622

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 6. Wyróżniki efektywności ekonomicznej produkcji nasion rzepaku ozimego

Wyszczególnienie	Sposób uprawy roli i siewu	
	Uprawa bezorkowa	Uprawa pasowa
Wartość produkcji	6440,8	6797,8
Koszty bezpośrednie	2566	2610
Koszty pośrednie	1215	1012
Koszty całkowite	3781	3622
Koszty ogółem na 1 Mg nasion	911	827
Wskaźnik opłacalności	170	188

Źródło: Opracowanie własne.

Większy plon nasion uzyskany po zastosowaniu uprawy pasowej, skutkował większą o 357 zł wartością produkcji w porównaniu do systemu bezorkowego. Wytworzenie 1 Mg

nasion rzepaku ozimego w sezonie 2017/2018 w warunkach badanego gospodarstwa, wyniosło od 827 zł (uprawa pasowa) do 911 zł (uprawa bezorkowa). Niezależnie od sposobu uprawy i siewu, uzyskano bardzo wysoką opłacalność produkcji nasion rzepaku ozimego, lecz korzystniejszą wartością wskaźnika opłacalności charakteryzowała się uprawa pasowa (188%) niż uprawa bezorkowa (170%) (Tab. 6).

Dyskusja

Uproszczona uprawa roli ma zróżnicowany wpływ na pokrój roślin przed zahamowaniem wegetacji. Duże znaczenie ma to, w jakim stopniu została uproszczona. W badaniach Budzyńskiego i Jankowskiego (2003) wykazano, że wykonanie spłyconej orki, nie wpływa negatywnie na jesienny rozwój roślin rzepaku ozimego. Natomiast uprawa bezorkowa skutkuje wytworzeniem rozet z mniejszą ilością liści, mniejszą średnicą szyjki korzeniowej oraz krótszym korzeniem palowych w porównaniu do roślin uprawianych w technologii tradycyjnej.

W badaniach Budzyński i in. (2000) oraz Jaskulska i in. (2014) wykazano, że zastosowanie zróżnicowanych sposobów uprawy roli i siewu, nie wpłynęło różnicująco na elementy struktury plonu rzepaku ozimego. W badaniach Budzyńskiego i in. (2000) liczba nasion w łuszczyńce wyniosła 25-27 szt., a masa 1000 nasion 3,74-3,80 g. Wykazano, że zwiększenie głębokości uprawy wpłynęło na zwiększenie liczby wytworzonych łuszczyń na roślinie. Z kolei w badaniach Jaskulskiej i in. (2014) niezależnie od sposobu uprawy roli i siewu, rośliny wytworzyły łodygi o długości 120-124 cm z ok. 6 rozgałęzieniami bocznymi. W pojedynczej łuszczyńce znajdowało się 21-25 nasion, a masa 1000 nasion wyniosła 4,29-4,37 g. W prezentowanych badaniach sposób uprawy roli i siewu wpłynął na zwiększenie liczby łuszczyń na roślinie, średnio o 21 szt. łuszczyń więcej wytworzyły rośliny w technologii pasowej.

W badaniach Jaskulskiej i in. (2014) wykazano, że zmniejszenie głębokości pracy narzędzi uprawowych skutkuje obniżeniem plonu nasion rzepaku ozimego z 3,35 Mg ha⁻¹ do 2,76 Mg ha⁻¹ (spłyconie głębokości uprawy z 20 do 10 cm). Z kolei Chiriac i in. (2014) wskazują, że wpływ uproszczeń w uprawie roli, zależy głównie od warunków siedliskowych i agrotechnicznych. W warunkach precyzyjnie wykonanego siewu rzepaku ozimego, zastosowanie uproszczeń w uprawie roli, nie powoduje obniżenia plonu nasion rzepaku ozimego. W prezentowanych badaniach porównujących dwa uproszczone sposoby uprawy roli, stosowane w gospodarstwach wielkoobszarowych, uzyskano wysoki plon nasion – 4,14-4,38

Mg ha⁻¹ (średni plon nasion rzepaku ozimego w Polsce w ostatnich latach wyniósł od 2,7 do 3,4 Mg ha⁻¹).

W badaniach Gugały i in. (2015), koszt uprawy 1 ha rzepaku ozimego wyniósł od 3849 do 4827 zł ha⁻¹ w zależności od sezonu wegetacyjnego, z kolei w badaniach Skarżyńskiej i Jabłońskiego (2013), uprawa rzepaku ozimego generowała koszty sięgające 3118 zł ha⁻¹. W prezentowanych badaniach, cena uprawy rzepaku ozimego wyniósł od 3622-3781 zł ha⁻¹. W strukturze kosztów bezpośrednich zarówno w badaniach własnych oraz w pracach Jankowskiego i in. (2000), Budzyńskiego i in. (2005), Skarżyńskiej i Jabłońskiego (2013) oraz Gugały i in. (2015), największy udział w kosztach bezpośrednich, stanowił koszt nawozów mineralnych (od 43 do 60%), koszt środków ochrony roślin wyniósł od 384 do 736 zł ha⁻¹. Nakłady poniesione na materiały zależą głównie od intensywności technologii produkcji i wynoszą od 952 zł ha⁻¹ w technologii niskonakładowej (Dobek i in. 2010) do 2375 zł ha⁻¹ w badaniach Gugała i in. (2015). W badaniach Budzyńskiego i in. (2005) wykazano, że poniesione koszty bezpośrednie oraz nadwyżka bezpośrednia, zależą od intensywności technologii uprawy. Technologia niskonakładowa generowała koszty bezpośrednie na poziomie 870 zł ha⁻¹, a technologie wysokonakładowe 1536 zł ha⁻¹. Mimo wyższych kosztów bezpośrednich w technologii wysokonakładowej, charakteryzowała się ona większą nadwyżką bezpośrednią sięgającą 1818 zł ha⁻¹, czyli o 253 zł ha⁻¹ więcej, niż w przypadku technologii niskonakładowej.

W literaturze oceniającej opłacalność produkcji rzepaku ozimego w Polsce wykazano, że w zależności od intensywności technologii produkcji, warunków atmosferycznych oraz siedliskowych, uprawa ta charakteryzuje się dochodem z 1 ha od 1055 zł (Skarżyńska i Jabłońska, 2013) do 2776 zł ha⁻¹ (Gugała i in. 2015). W badaniach własnych, w których analizowano opłacalność uprawy rzepaku ozimego w nowoczesnych sposobach uprawy roli i siewu oraz stosując wysokie nakłady materiałowe, dochód z 1 ha uprawy rzepaku ozimego wyniósł 2660-3176 zł.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że uproszczenia w uprawie roli pozwalają na uzyskanie wysokiego plonu nasion rzepaku ozimego (4,15-4,38 Mg ha⁻¹). W strukturze poniesionych kosztów bezpośrednich (niezależnie od sposobu uprawy roli i siewu) przeważają koszty poniesione na nawozy (57-58%). Zbliżone nakłady w uprawie rzepaku ozimego ponoszone były na materiał siewny, herbicydy oraz fungicydy (12-14%). W strukturze kosztów

pośrednich przeważają koszty poniesione na uprawę roli i siew (32-35%), ochronę roślin (23-29%) oraz zbiór i transport (22-26%). Analiza ekonomiczna wykazała wysoką opłacalność produkcji nasion rzepaku ozimego w badanym gospodarstwie (wskaźnik opłacalności na poziomie 170-188%). Korzystniejszy wynik produkcyjny oraz ekonomiczny uzyskano stosując technologię uprawy pasowej.

Literatura

- Al-Kaisi M.M., Douelle A., Kwaw-Mensah D. 2014. *Soil microaggregate and macroaggregate decay over time and soil carbon change as influenced by different tillage systems*. J. Soil Water Conserv., 69: 574-580.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sawińska Z., Waniorek B. 2011. *Wpływ uprawy roli na zachwaszczenie roślin w trójpolewym zmianowaniu*. Prog. Plant Prot., 51: 827-831.
- Budzyński W., Jankowski K. 2003. *Poziom agrotechniki a struktura i plon nasion rzepaku jarego*. Biul. IHAR, 228: 161-174.
- Budzyński W., Jankowski K., Szczebiot M. 2000. *Wpływ uproszczenia uprawy roli i sposobu regulacji zachwaszczenia na plonowanie i koszt produkcji rzepaku ozimego. Zimotrwałość, zachwaszczenie i plonowanie rzepaku*. Oilseed Crop., 21: 487-502.
- Budzyński W., Jankowski K., Truszkowski W. 2005. *Rolnicza i ekonomiczna efektywność technologii produkcji nasion rzepaku ozimego w wybranych gospodarstwach wielkoobszarowych*. Oilseed Crop., 26: 408-418.
- Bujak K., Frant M. 2009. *Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego na zachwaszczenie potencjalne gleby*. Acta Agrophys., 13: 311-320.
- Chiriac G., Raus L., Coroi I.G., Gales D.C., Jitareanu G. 2013. *Effect of tillage and cultivar on winter oilseed rape (Brassica napus L.) yield and economic efficiency in Suceava Plateau*. ProEnvironment, 6: 130-135.
- Dobek T.K., Dobek M., Šařec O. 2010. *Ocena efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji pszenicy ozimej i rzepaku ozimego wykorzystanych do produkcji biopaliw*, Inż. Roln., 14: 161-168.
- Fernandez F.G., Sorensen B.A., Villamil M.B. 2015. *A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till*. Agron. J., 107: 1339-1346.
- Goraj L., Mańko S. 2011. *Model szacowania pełnych kosztów działalności gospodarstw rolnych*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej, 3: 28-58.
- Guan D., Zhang Y., Mahdi M., Kaisi A., Wang Q., Zhang M., Li Z. 2015. *Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain*. Soil Till. Res., 146: 286-295.
- Gugała M., Zarzecka K., Krasnodębska E., Koselak J. 2015. *Porównanie opłacalności produkcji rzepaku ozimego w gospodarstwie rolnym w trzech kolejnych latach uprawy*. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 17: 62-65.
- Jabro J.D., Stevens W.B., Iverson W.M., Evans R.G., Allen B.L. 2014. *Crop water productivity of sugarbeet as affected by tillage*. Agron. J., 106: 2280-1186.

- Jaskulska I., Jaskulski D., Kotwica K., Piekarczyk M., Wasilewski P. 2014. *Plonowanie rzepaku ozimego w zależności od przedplonów i sposobów uprawy roli*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, 69: 31-38.
- Kertesz A., Madarasz B. 2014. *Conservation agriculture in Europe*. Int. Soil Water Conserv. Res., 2: 91-96.
- Khakbazan M., Hamilton C. 2012. *Economic evaluation of tillage management practices at the watershed scale in southern Manitoba*. Soil Till. Res., 118: 40-51.
- Licht M., Al-Kaisi M. 2005. *Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties*. Soil Till. Res., 80: 233-249.
- Małecka I., Bleharczyk A., Sawinska Z., Piechota T., Waniorek B. 2012. *Plonowanie zbóż w zależności od sposobów uprawy roli*. Fragm. Agron., 29: 114-123.
- Morris N.L., Miller P.C.H., Orson J.H., Froud-Williams R.J. 2010. *The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment. A review*. Soil Till. Res., 108: 1-15.
- Ozpinar S., Cay A. 2006. *Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey*. Soil Till. Res., 88: 95-106.
- Rieger S., Richner W., Streit B., Frossard E., Liedgens M. 2008. *Growth, yield, and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilization*. Europ. J. Agron., 28: 405-411.
- Romanekas K., Sarauskis E., Pilipavicius V., Sakalauskas A. 2011. *Impact of short-term ploughless tillage on soil physical properties, winter oilseed rape seedbed formation and productivity parameters*. J. Food Agric. Environ., 9: 295-299.
- Šařec P., Šařec O., Gil K. 200.: *Wpływ pozostałych na powierzchni pola resztek poźniwnych na przygotowanie gleby pod zasiew jęczmienia słodowego*. Inż. Rol., 103: 323-331.
- Schönberger H.G. 2013. *Strip Till sprzyja wschodom*. W: Rzepak w mistrzowskiej uprawie. Wydanie I. Magazyn Nowoczesnego Rolnictwa, 26-34.
- Skarżyńska A., Jabłoński K. 2013. *Koszty jednostkowe i dochody wybranych produktów w 2011 roku – wyniki badań w systemie agrokoszty*, Zagadnienia Ekonomii Rolniczej, 2: 124-143.
- Witkowski F. 1998. *Wpływ wieloletnich uproszczeń uprawy roli na liczbę i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie*. Post. Nauk Rol., 1: 31-40.

Ekonomiczna efektywność uprawy rzepaku w gospodarstwie wielkoobszarowym

Economic efficiency of winter oilseed rape crop in a large-size farms

Paweł Hulanicki

Uniwersytet warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Managerów Produkcji Roślinnej
Opiekun: dr hab. inż. Stanisław Bielski

Abstract

The paper presents results of compare high- and low-input technology of winter oilseed rape production in privately-owned large-scale farm. Technologies differ in level of mineral fertilization, pre-sowing tillage, chemical protection and plant density. Seed yield of high input system reached $5,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Reduction in outlay by 48,7% caused decrease in seed yield to $3,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Regardless of the intensity of technology the highest share of the direct costs had mineral fertilization (56-62%). Research shows that high-input technology has better economic efficiency (without direct payments) – the profitability at the level above 208%. In high-input technology every 1 PLN allocated for direct means of production brings 2,27 PLN in Standard Gross Margin. In compare to low-input technology that brings 1,89 PLN in Standard Gross Margin.

Keywords: winter rape, oilseed rape, technological process, economic efficiency

Wstęp

Stworzenie ulepszonych odmian rzepaku („00”) oraz korzystniejszy, niż u innych roślin, skład kwasów tłuszczowych, spowodował, że rzepak stał się główną rośliną oleistą w Polsce i Europie. Wielkość produkcji rzepaku, plonowanie i udział w powierzchni zasiewów stale rośnie, co jest spowodowane wzrostem zapotrzebowania spożywczego, energetycznego i paszowego (Rosiak 2014). Areal uprawy rzepaku ozimego w Polsce w 2018 r. osiągnął poziom ponad 0,8 mln ha, a zbiory oszacowane zostały na ok 2,2 mln Mg (GUS 2018), klasyfikując Polskę jako trzeciego, głównego producenta nasion w UE (za Niemcami i Francją) (FAOSTAT).

Wraz z rozwojem rolnictwa, nierozzerwalnie udoskonala się technologia produkcji, która determinuje zarówno wydajność, jakość i opłacalność. Ostateczną oceną przydatności do stosowania wybranej technologii, jest najczęściej ocena ekonomiczna (Harasim 2007). Według Krasowicza i Nowackiego (2005), są to podstawowe wymagania gospodarki rynkowej. Głównym celem powinno być jednak uzyskanie pożądaných efektów ekonomicznych przy jednoczesnej dbałości o stan środowiska naturalnego. Celem koncepcji rolnictwa

zrównoważonego, jest uzyskanie możliwych wysokich plonów przy ograniczeniu negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko m.in. poprzez wprowadzenie wytycznych dotyczących gospodarki azotowej oraz ochrony roślin (Krasowicz 2009).

Czynnikiem decydującym o wyborze uprawianego gatunku jest dochód, który można uzyskać z 1 ha uprawy. Wysoka cena środków produkcji oraz zmienne ceny produktów rolnych, skutkują poszukiwaniem technologii, które zapewniają możliwie wysoką efektywność ekonomiczną produkcji (Szpunar-Krok 2011). Wybór odpowiednich technologii oraz gatunków roślin, dostosowanych do warunków klimatycznych oraz glebowych, jest podstawowym czynnikiem wpływającym na poprawę opłacalności produkcji (Klikocka i in. 2011).

Według danych GUS, w 2014 roku średni plon nasion rzepaku uzyskiwany przez gospodarstwa indywidualne, wzrósł o 21,9% w stosunku do 2013, kształtując się na poziomie 3,29 Mg nasion z 1 ha uprawy (GUS 2015a). Nastąpił jednak spadek cen surowca (o 10,4% w stosunku do roku 2013 i 33,4% w stosunku do 2012 roku) wynosząc średnio w 2014 r. 1 319,9 zł·Mg⁻¹ nasion (GUS 2015b). Gospodarstwa uczestniczące w FADN uzyskały (o 26,7%) lepsze wyniki produkcyjne w porównaniu do danych przedstawionych przez GUS. Średni plon w gospodarstwach FADN na poziomie 4,17 Mg·ha⁻¹ był również o 18,1% obfitszy w stosunku do zbiorów w 2013 r. (Augustyńska-Grzymek 2015).

Wartość produkcji w 2014 r. wynosiła średnio 5 183 zł·ha⁻¹ i zaobserwowano podobną tendencję jak w latach 2011-2013 – wraz ze wzrostem skali produkcji rzepaku, wzrastała wartość produkcji.

Większy plon nasion z nadwyżką, zrekompensował spadek cen sprzedaży surowca, zwiększając wartość produkcji o 2,5% w stosunku do roku poprzedniego. Dochód z działalności bez dopłat – wynoszący 1 299 zł·ha⁻¹ uprawy, był o 8,7% wyższy niż w roku 2013. Nastąpił 6% spadek wielkości dopłat bezpośrednich, jednak dochód wraz z ich udziałem i tak był (o ok. 2%) wyższy niż w 2013.

Wielkość kosztów produkcji ogółem utrzymała się na poziomie bardzo podobnym do roku poprzedniego (2013 r. – 3 864 zł·ha⁻¹, 2014 r. – 3 884 zł·ha⁻¹). I wielkość i udział kosztów pośrednich i bezpośrednich w kosztach ogółem, były w tych latach bardzo zbliżone.

Struktura kosztów bezpośrednich przedstawiała się następująco: nawozy mineralne – 58,9%, środki ochrony roślin – 23,5% i materiał siewny – 13,6%. Natomiast wśród kosztów pośrednich – największy udział miały koszty pośrednie rzeczywiste (48,1%), a koszty czynników zewnętrznych – 18,5% (Augustyńska-Grzymek 2015).

Oceniając wpływ skali uprawy – najlepsze wyniki zapewniała uprawa rzepaku ozimego na powierzchni 20-60 ha. Uzyskiwany dochód bez dopłat był najwyższy, a nakłady pracy ogółem wynoszące $7,8 \text{ godziny} \cdot \text{ha}^{-1}$ – najniższe (Augustyńska-Grzymek 2015).

Wpływ na opłacalność produkcji ma wiele czynników. Do głównych należy wielkość plonu, cena skupu a także intensywność i kosztowność technologii produkcji, których miarą są koszty bezpośrednie (zużycie środków produkcji, do których zalicza się: nasiona, środki ochrony roślin, nawozy mineralne) (Krasowicz i Nowacki 2005).

Celem badań była ocena efektywności ekonomicznej uprawy rzepaku ozimego w gospodarstwie wielkoobszarowym na dwóch poziomach intensywności technologii.

Materiał i metodyka badań

Doświadczenie zostało przeprowadzone w województwie warmińsko-mazurskim (powiat elbląski) w indywidualnym gospodarstwie zajmującym się produkcją roślinną, o łącznej powierzchni gruntów ornych wynoszącej 595 ha. Charakteryzowana jednostka administracyjna położona jest w przeważającej części na Równinie Warmińskiej i Pojezierzu Iławskim. Przylega do subregionu Żuław Wiślanych i obejmuje fragment stoku wysoczyzny okalającej od wschodu i południa Żuławy. Przez teren gminy przebiega Kanał Elbląsko-Ostródzki oraz rzeka Wąska. W obrębie gminy spotkać można nizinne krajobrazy rodzaju deltowych równin, wzniesień morenowych oraz dolin rzecznych. Położenie gminy jest niezbyt korzystne z uwagi na słabo odczuwalny wpływ Bałtyku. Dodatkowo wysokie zróżnicowanie fizjograficzne powierzchni – najniższy punkt 3 m. n.p.m. i oddalony o 13,5 km (w linii prostej) najwyższy – 165,2 m n.p.m. wpływa na różnorodny mikroklimat poszczególnych terenów.

Średnia roczna temperatura powietrza mieści się w przedziale od $7,6^{\circ}\text{C}$ (w północnej części gminy) do $7,3^{\circ}\text{C}$ (w jej części południowej). Najcieplejszym miesiącem jest lipiec, dla którego średnia temperatura powietrza wynosi ok. $17,8^{\circ}\text{C}$. Długość okresu wegetacji wynosi 205-210 dni.

W doświadczeniu skwantyfikowano pod względem ekonomicznym dwie technologie (T1 – wysokonakładowa i T2 – integrowana) uprawy rzepaku ozimego, których dokładną charakterystykę oraz wykaz maszyn i narzędzi rolniczych podano w tabeli 2. Powierzchnia zbioru dla technologii T1 wynosiła 100 ha, a dla T2 – 75 ha. Eksperyment zlokalizowano na glebie wytworzonej z glin lekkich i średnich, którą zaliczono do klasy IVa (kompleksu 4 – żyniego bardzo dobrego). Zawartość przyswajalnych form składników przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Odczyn gleby oraz zawartości przyswajalnych form składników, źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań zawartości składników przyswajalnych w glebie

Wyszczególnienie	Wartość / zawartość [$\text{mg} \cdot 100 \text{ g gleby}^{-1}$]	Ocena zawartości
pH	6,5	lekko kwaśny
P_2O_5	19,56	wysoka
K_2O	26,43	wysoka
Mg	8,88	wysoka

Źródło: Opracowanie własne.

W doświadczeniu wykorzystano nasiona rzepaku ozimego odmiany RGT Jakkuzi, które wysiano pod koniec II dekady sierpnia. Przedplonem była pszenica ozima. W jesiennej regulacji zachwaszczenia w stadium BBCH 12 stosowano Targa Super 05 EC ($0,8 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) + Sultan Top 500 SC ($2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$). Rzepak zebrano jednoetapowo z wykorzystaniem kombajnu zbożowego Claas Lexion 770 TT + Vario 1050. Pozostałe elementy technologii zostały szczegółowo opisane w tabeli 2.

Po zbiorze nasion rzepaku ozimego, określono jego plon z jednostki powierzchni. Analizę ekonomiczną stosowanych technologii produkcji nasion rzepaku ozimego przeprowadzono w oparciu o metodykę IERiGŻ-PIB w Warszawie (Goraj i Mańko 1997). Koszty całkowite obliczono na podstawie zestawienia kosztów bezpośrednich i pośrednich. Koszty bezpośrednie stanowiły: materiał siewny, nawozy mineralne i środki ochrony roślin. W analizie nie uwzględniono kosztów ubezpieczenia uprawy i kosztów specjalistycznych. Do kosztów pośrednich zaliczono: amortyzację koszty konserwacji, przeglądów, napraw i ubezpieczeń ciągników i maszyn rolniczych stanowiących koszty eksploatacji, a także koszt paliwa i smarów oraz koszt pracy najemnej. W ocenie nie uwzględniono kosztów czynszów, podatku rolnego, dopłat oraz kosztów odsetek.

Koszty przemysłowych środków produkcji (materiału siewnego, nawozów mineralnych, środków ochrony roślin oraz nośników energii) wyceniono na podstawie cen rynkowych z II kwartału 2018 roku.

Do obliczenia kosztów pośrednich, związanych z pracą ciągników i maszyn rolniczych, wykorzystano metodę opracowaną przez IMBER (Goć i Muzalewski 1997), która zakłada, że koszt eksploatacji ciągników i maszyn (K_e) jest sumą kosztów poniesionych na ich utrzymanie (K_{utr}) i użytkowanie ($K_{uż}$).

Tabela 2. Schemat technologii uprawy rzepaku ozimego

Wyszczególnienie		T ₁ – t. wysokonakładowa	T ₂ – t. integrowana
Uprawa roli	poźniwna	2x brona talerzowa (5-7 cm): Väderstad Carrier XL + Fendt 822 Vario	brona talerzowa (5-7 cm): Väderstad Carrier XL + Fendt 822 Vario
	przedsiewna	gruber (12-15 cm): Lemken Thorit 9 + Fendt 822 Vario	kultywator uprawowy (15-20 cm): Väderstad Cultus CS 350 + John Deere 7830
		kultywator uprawowy (15-20 cm): Väderstad Cultus CS 350 + John Deere 7830	
Siew	siewnik rzędowy: Väderstad Spirit 400C + John Deere 7830		
	Gęstość	50 roślin·m ²	60 roślin·m ²
	nawożenie „pod korzeń”	fosforan amonu – 150 kg·ha ⁻¹ (27 kg N·ha ⁻¹ , 69 kg P ₂ O ₅ ·ha ⁻¹)	fosforan amonu – 150 kg·ha ⁻¹ (27 kg N·ha ⁻¹ , 69 kg P ₂ O ₅ ·ha ⁻¹)
Nawożenie	rozsiewacz nawozów: Amazone ZA-TS 4200 + John Deere 6170M		
	N [kg·ha ⁻¹]	260	150
	P [kg·ha ⁻¹]	69	69
	K [kg·ha ⁻¹]	105	90
	S [kg·ha ⁻¹]	52	37
	Nalistnie	BBCH 17: FoliQ Mikromix (1 l·ha ⁻¹) BBCH 35: FoliQ Mikromix (1 l·ha ⁻¹) + FoliQ Bor (1 l·ha ⁻¹)	-
Ochrona	opryskiwacz: John Deere M740i + John Deere 6530		
	fungicydy	BBCH 17: Caryx 240 SL (1 l·ha ⁻¹) BBCH 65: Pictor 400 SC (0,5 l·ha ⁻¹)	BBCH 17: Caryx 240 SL (1 l·ha ⁻¹)
	insektycydy	BBCH 35: Pyrinex 480 EC (0,6 l·ha ⁻¹) BBCH 53: Plenum 500 WG (0,15 kg·ha ⁻¹) BBCH 65: Sumi-Alpha 050 EC (0,25 l·ha ⁻¹)	BBCH 53: Plenum 500 WG (0,15 kg·ha ⁻¹)

Źródło: Opracowanie własne.

Do wyliczenia jednostkowego kosztu eksploatacji wykorzystano: aktualne ceny (II półrocze 2018), normatywne wykorzystanie, okres trwania, wskaźnik kosztów napraw (Goć i Muzalewski 1997), a także wydajność eksploatacyjną maszyn wg pomiaru własnego. Zużycie paliwa oraz wydajność pojazdu z poszczególnymi narzędziami/maszynami, została zmierzona podczas procesu produkcyjnego za pomocą modułów GPS ATRAX podłączonych do magistrali CAN w pojazdach i przekazujących szczegółowe dane do programu analizującego i raportującego.

Koszty utrzymania wyliczono uwzględniając koszty amortyzacji, koszty przechowywania i konserwacji oraz koszty ubezpieczenia.

$$K_{\text{utr}} = \frac{K_a + K_k + U}{W_r}; K_a = \frac{C_m}{T}; K_k = k_k \times C_m$$

K_{utr} – jednostkowy koszt utrzymania maszyny [$\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$], K_a – koszt amortyzacji [$\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$], K_k – koszt przechowywania i konserwacji [$\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$], U – koszt ubezpieczenia [$\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}$], W_r – liczba godzin pracy maszyny w roku [h], C_m – cena maszyny [zł], T – przewidywany czas użytkowania [lat], k_k – wskaźnik kosztów przechowywania i konserwacji (2% ceny zakupu).

Koszty użytkowania obejmują koszty napraw, paliwa i smarów, poniesione podczas procesu produkcyjnego, przy czym zużycie paliwa określono poprzez jego bezpośredni pomiar.

$$K_{\text{uż}} = K_n + K_p; K_n = \frac{k_n \times C_m}{T \times W_r}; K_p = Z_p \times 1,2 \times C_p$$

$K_{\text{uż}}$ – koszt jednostkowy użytkowania [$\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$], K_n – jednostkowy koszt napraw [$\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$], K_p – jednostkowy koszt paliwa i smarów [$\text{zł} \cdot \text{h}^{-1}$], k_n – wskaźnik kosztów napraw [%], C_m – cena maszyny [zł], T – przewidywany czas użytkowania [lat], W_r – liczba godzin pracy maszyny w roku [h], Z_p – zużycie paliwa [$\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$], C_p – cena jednostkowa paliwa [$\text{zł} \cdot \text{dm}^3$].

W analizie kosztów przyjęto wynagrodzenie 15 zł za 1 godzinę pracy ludzkiej. Koszt paliwa to 4,65 zł za dm^3 . Wartość pieniężną nasion rzepaku przyjęto na podstawie średniej ceny uzyskanej przez gospodarstwo w 2018 r.

Wyniki badań i dyskusja

W przeprowadzonych badaniach, w warunkach doświadczenia łanowego, największy plon nasion rzepaku ozimego uzyskano w warunkach technologii wysokonakładowej – 5 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, obniżenie nakładów o 48,7% skutkowało 36% obniżką plonu (Tab. 3).

Koszty ogółem na 1 ha uprawy rzepaku wyniosły odpowiednio dla technologii integrowanej i wysokonakładowej 2 652 zł i 3 580 zł (Tab. 3). W strukturze kosztów, 63% stanowią koszty bezpośrednie, natomiast koszty pośrednie 37%, niezależnie od poziomu technologii. W doświadczeniu Gugały i in. (2015) koszt uprawy 1 ha rzepaku ozimego wyniósł od 3 849 do 4 827 zł, w zależności od sezonu wegetacyjnego a w badaniach Skarżyńskiej i Jabłońskiego (2013) – 3 118 zł ha^{-1} , z czego koszty bezpośrednie wyniosły 1 549 zł ha^{-1} .

W strukturze kosztów zmiennych, niezależnie od intensywności technologii, dominowały koszty zakupu nawozów mineralnych stanowiące 56-62% wydatków pieniężnych. W doświadczeniu Skarżyńskiej i Jabłońskiego (2013) nawozy stanowiły, podobnie jak w badaniach własnych, najbardziej kapitałochłonną grupę w kosztach bezpośrednich a ich udział wyniósł 60%. W innych badaniach (Budzyński i in. 2005), przeprowadzonych

w gospodarstwach wielkoobszarowych, udział nawozów w strukturze kosztów zmiennych był wysoki i mieścił się w zakresie 49-52%. Inne badania udowodniły, że udział ten może być niższy – na poziomie 41-47% (Gugała i in. 2015). Jednak zawsze jest on największy wśród kosztów bezpośrednich (Budzyński i in. 2005, Gugała i in. 2015). Znaczącą pozycję kosztową stanowiły również środki ochrony roślin, z udziałem oscylującym w zakresie 15-17% całkowitych kosztów produkcji. Podobne wyniki uzyskali również Budzyński i in. (2005) oraz Gugała i in. (2015).

Tabela 3. Zestawienie kosztów poniesionych na uprawę rzepaku

Wyszczególnienie		T ₁ – t. wysokonakładowa			T ₂ – t. integrowana		
Plon (Mg·ha ⁻¹)		5,0			3,2		
Koszty bezpośrednie ogółem (zł·ha ⁻¹ ; %)		2 275		100,00	1 674		100,00
materiał siewny		273		12,01	328		19,60
nawozy	mineralne	1 355	1 418	62,32	938	938	56,07
	dolistne	63			0		
środki ochrony roślin	herbicydy	251	584	25,66	251	407	24,33
	fungicydy	249			106		
	insektycydy	84			50		
Koszty pośrednie razem (zł·ha ⁻¹ ; %)		1 305		100,00	979		100,00
uprawa roli		330		25,30	160		16,33
Siew		174		13,33	174		17,78
Nawożenie		46		3,55	46		4,73
opryskiwanie roślin		145		11,10	87		8,88
zbiór + transport		578		44,27	488		49,82
nakłady pracy		32		2,45	24		2,47
Koszty ogółem (zł·ha ⁻¹)		3 580			2 652		

Źródło: Opracowanie własne.

Dokładny i częsty monitoring plantacji, prawidłowe określenie i stosowanie się progu ekonomicznej szkodliwości, wykonywanie zabiegów opryskiwania przy odpowiednich warunkach w technologii integrowanej pozwala na nieznaczne obniżenie kosztów poniesionych

na chemiczną ochronę roślin – o 177 zł·ha⁻¹. Warto zaznaczyć, że intensyfikacja technologii polegała głównie na 51,1% zwiększeniu nakładów na nawożenie (tj. o 480 zł·ha⁻¹) w stosunku do technologii integrowanej. Podobną tendencję zanotowano w innych badaniach, gdzie w technologii wysokonakładowej następował wzrost nakładów na nawozy mineralne o 73% (w stosunku do technologii integrowanej) (Gugała i in. 2015). Udział materiału siewnego w technologii intensywnej był niższy, niż w technologii integrowanej z uwagi na mniejszą obsadę roślin i wynosił odpowiednio 12% i 19,6% kosztów bezpośrednich ogółem.

W strukturze kosztów pośrednich, znaczącym elementem operacji agrotechnicznych – stanowiącym prawie połowę kosztów pośrednich, był zbiór nasion. Związane jest to z wysokimi kosztami eksploatacji, a dokładniej kosztami utrzymania stosowanego do zbioru kombajnu.

Największy plon nasion rzepaku ozimego otrzymano przy stosowaniu technologii wysokonakładowej, czego dowiodły również wcześniejsze badania Jankowskiego (2012).

Największą produkcję towarową zapewniała technologia wysokonakładowa (7 450 zł·ha⁻¹). Wartość plonu w technologii integrowanej była mniejsza o 36% (Tab. 4). Technologia wysokonakładowa, w porównaniu do integrowanej, generowała większy (o 82%) dochód z działalności i mniejszy o 14% koszt jednostkowy produkcji 1 Mg nasion. Uzyskano także większą (o 67%) nadwyżkę bezpośrednią. Cena surowca rzepaku ozimego ustalona na poziomie 1 490 zł·Mg⁻¹, gwarantowała opłacalność produkcji rzepaku ozimego, niezależnie od zastosowanej technologii (Tab. 4). Wzrost kosztów bezpośrednich nie powodował obniżenia ich efektywności, co zostało zaobserwowane chociażby w analizach Gugały i in. (2015). Technologia wysokonakładowa charakteryzowała się wskaźnikiem opłacalności na poziomie 208,09%, natomiast obniżenie nakładów skutkowało obniżeniem opłacalności produkcji, która i tak przynosiła dochód na poziomie 661 ZŁ·ha⁻¹. Zwiększenie nakładów ogółem na 1 ha o 35%, powodowało wzrost dochodu z 1 ha uprawy o 17%. Warto zaznaczyć, że podane wyróżniki ekonomiczne, nie uwzględniają dopłat bezpośrednich, które znacznie podniosłyby efektywność produkcji.

W doświadczeniu Gugały i in. (2015), dochód z 1 ha rzepaku ozimego wyniósł średnio 2776 zł, z kolei w doświadczeniu Skarżyńskiej i Jabłońskiego (2013) tylko 1055 zł, więc były to wartości niższe w porównaniu do przeprowadzonych badań. W badaniach Skarżyńskiej i Jabłońskiej (2013), wskaźnik opłacalności wyniósł 134%, więc uprawa rzepaku ozimego w tych badaniach była zdecydowanie mniej opłacalna, niż w badaniach własnych, gdzie osiągnięto wskaźniki opłacalności na poziomie 180 i 208% odpowiednio dla technologii integrowanej i wysokonakładowej (Tab. 4).

Tabela 4. Wybrane wyróżniki oceny ekonomicznej produkcji rzepaku ozimego, źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań

Wyróżniki	T1 – t. wysokonakładowa	T2 – t. integrowana
Wartość produkcji (zł·ha ⁻¹)	7 450	4 768
Dochód z działalności (zł·ha ⁻¹)	3 870	2 115
Nadwyżka bezpośrednia (zł·ha ⁻¹)	5 175	3 094
Koszt jednostkowy produkcji 1 Mg nasion (zł)	716	829
Wskaźnik opłacalności produkcji (%)	208	180
Nadwyżka bezpośrednia na 1 zł kosztów bezpośrednich (zł)	2,27	1,89

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie i wnioski

W obu technologiach produkcji rzepaku ozimego, największe koszty bezpośrednie poniesiono na nawozy mineralne (56-62%).

Zwiększanie intensywności technologii skutkowało poniesieniem większych nakładów finansowych przede wszystkim na nawożenie, ochronę chemiczną i uprawę roli.

Zarówno technologia nisko jak i wysokonakładowa była opłacalna. Uzyskano wskaźniki opłacalności na poziomie odpowiednio 180 i 208%.

Podnoszenie poziomu intensywności produkcji nasion rzepaku ozimego było uzasadnione, bowiem przyczyniło się do zwiększenia efektywności ekonomicznej.

Literatura

- Augustyńska-Grzymek I. 2015. *Produkcja, koszty i dochody z wybranych produktów rolniczych w latach 2013-2014*: praca zbiorowa. IERiGŻ-PIB, Warszawa.
- Budzyński W., Jankowski K., Truszkowski W. 2005. *Rolnicza i ekonomiczna efektywność technologii produkcji nasion rzepaku ozimego w wybranych gospodarstwach wielkoobszarowych*. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, t. 26, z. 2: 437-450.
- Goć E., Muzalewski A. 1997. *Koszty eksploatacji maszyn*. Warszawa.
- Goraj L., Mańko S. 2009. *Rachunkowość i analiza ekonomiczna w indywidualnym gospodarstwie rolnym*. Warszawa.
- Gugała M., Zarzecka K., Krasnodębska E., Koselak J. 2015. *Porównanie opłacalności produkcji rzepaku ozimego w gospodarstwie rolnym w trzech kolejnych latach uprawy*. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, t. 17, z. 1: 62-65.

- GUS. 2015a. *Skup i ceny produktów rolnych w 2014 r.* Warszawa.
- GUS. 2015b. *Wyniki produkcji roślinnej w 2014 r.* Warszawa.
- GUS. 2018. *Wstępny szacunek głównych ziemioplodów rolnych i ogrodnich w 2018 r.* Warszawa.
- Harasim A. 2007. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej, Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej.* Studia i Raporty, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy: 1-7.
- Jankowski K. 2012. *Economic efficiency of different technologies of production of raw materials for oil production.* Materiały międzynarodowej Konferencji Naukowej, Praga, 11-12.12.2012: 38-43.
- Klikocka H., Głowacka A., Juszczak D. 2011. *Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i nawożenia mineralnego na efekty ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego.* Fragmenta Agronomica, 28, 2: 44-54.
- Krasowicz S. 2009. *Rola oceny ekonomicznej w badaniach rolniczych.* Journal of Agribusiness and Rural Development, 2, 12: 93-99.
- Krasowicz S., Nowacki W. 2005. *Wpływ intensywności produkcji na efektywność technologii produkcji roślinnej.* Pamiętnik Puławski, 140: 87-102.
- Rosiak E. 2014. *Rynek rzepaku – stan i perspektywy.* Warszawa.
- Skarżyńska A., Jabłoński K. 2013. *Koszty jednostkowe i dochody wybranych produktów w 2011 roku – wyniki badań w systemie agrokoszty.* Zagadnienia Ekonomii Rolniczej, 2: 124-143.
- Szpunar-Krok E. 2011. *Produkcyjne i ekonomiczne efekty wybranych technologii produkcji nasion roślin strączkowych w siewie czystym i ich mieszanek ze zbożami.* Rozprawa habilitacyjna, Wydawnictwo - Uniwersytet Rzeszowski: 9-10.

Wpływ roślin uprawnych na zawartość siarki w glebie

The influence of crop plants on the sulfur content in soil.

Sebastian Krasucki

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Wydział Przyrodniczy
Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Rolniczej
Opiekun: dr inż. Krzysztof Kapela

Abstract

Sulfur is an element that is widespread in nature and as a component of sulfur amino acids and fulfills very important functions in shaping the quality of vegetable protein. Due to the economic crisis in the early 1990s, as well as limited energy consumption and increasingly improved flue gas desulphurisation, sulfur emissions to the atmosphere in Poland have decreased. The increasing use of high-grade fertilizers has resulted in the decreasing amount of sulfur being added to the soil.

These deficiencies appear mainly on "sulphurous" plants. Insufficient nutrition with sulfur leads to a decrease in yield and deterioration of its quality, because sulfur deficiency also reduces the content of simple sugars, fat and due to the reduced efficiency of nitrogen fertilization, promotes excessive accumulation of nitrates in plants.

Keywords: sulfur, soil, legumes, cereal plant

Wstęp

Saldo bilansowe siarki w przeciągu ostatnich lat uległo zmianom. Najwięcej tego pierwiastka znajduje się w glebach województwa zachodniopomorskiego, śląskiego oraz opolskiego. Wynika to z tego, że na tych obszarach zlokalizowane są zakłady przemysłowe oraz wydobywa się węgiel brunatny, co emituje do atmosfery związki siarki. Najmniej związków siarki znajduje się w glebach województwa lubelskiego, podlaskiego, podkarpackiego, świętokrzyskiego i łódzkiego (Boreczek 2001). Niedobory spowodowane brakiem siarki, mogą doprowadzić do pogorszenia pobierania azotu z gleby a także zmniejszenia jego obiegu w roślinie. W wyniku takich zmian, azot nie bierze udziału w przemianie białkowej, następuje zwiększenie jego zawartości, które w zbyt dużych stężeniach jest trujące dla środowiska. Dlatego należy pamiętać o tym, by uzupełniać ten składnik. Zaburzenia wywołane brakiem dostępności siarki, wpływają na reakcje syntezy aminokwasów siarkowych oraz fotosyntezy. Zwiększenie intensywności pobierania siarki przypada w stadium kwitnienia, chociaż rośliny pobierają siarkę przez cały okres wegetacji. Korzystają z formy siarczanów, które w komórkach roślin ulegają redukcji. Rośliny poprzez liście mają zdolność absorpcji dwutlenku siarki bezpośrednio z powietrza. W obecnej sytuacji, składnik ten występuje w nim w zbyt niskich

ilościach, by móc zapewnić zapotrzebowanie dla roślin (Lipiński 2000). Zalecanymi dawkami siarki dla uzyskania średnich plonów określonych roślin uprawnych są: dla buraka cukrowego, ziemniaka, kukurydzy na kiszonkę, oraz zbóż od 10 do 20 kg/ha. W przypadku rzepaku i kapusty, zaleca się wysiew w ilości od 20 do 40 kg/ha. Największe zapotrzebowanie na siarkę ma koniczyna wraz z trawami 20-45 kg/ha (Klikocka H. 2011).

Celem pracy było oznaczenie zawartości siarki w glebie, na której uprawiane były wybrane rośliny bobowate i zboża, a także określenie roli siarki w uzyskiwaniu wysokich plonów roślin.

Formy siarki w glebie

Siarka to niezbędny składnik pokarmowy dla roślin, bez niej nie może istnieć życie. Jest podstawowym składnikiem białka, niektórych enzymów i witamin. Siarka poprawia jakość plonów, decyduje o prawidłowym rozwoju roślin, polepsza walory smakowe, zwiększa odporność roślin na szkodniki wylęganie i choroby. Niedobór siarki ogranicza przede wszystkim zawartość tłuszczów, cukrów i jakość białka, przez jej niewystarczającą ilość nadmierne gromadzą się azotany w roślinie. W przypadku roślin oleistych, niedobór tego pierwiastka, prowadzi do zmniejszenia zawartości tłuszczu. Zdarza się że siarka jest pobierana w ilościach porównywalnych nawet do zapotrzebowania na fosfor (Herse J. 1986).

Pod względem wymagań w stosunku do siarki, rośliny uprawne można podzielić na trzy grupy:

- Rośliny o bardzo dużym zapotrzebowaniu na siarkę. Zaliczane są do nich rośliny krzyżowe: kapusta, rzepak, rzodkiew, rzepa, czosnek, cebula. Ze średnim plonem rośliny te pobierają powyżej 40 kg siarki (S) z 1 ha.
- Rośliny o dużym zapotrzebowaniu na siarkę. Są to rośliny motylkowate, a także buraki i kukurydza. Pobierają one od 20 do 40 kg siarki z 1 ha.
- Rośliny o stosunkowo niewielkim zapotrzebowaniu na siarkę. Do tej grupy należą zboża, trawy, ziemniaki. Pobierają one od 12 do 25 kg siarki z powierzchni 1 ha.

Zapotrzebowanie ilościowe roślin na siarkę, umieszcza się zwykle na czwartym miejscu zaraz po azocie, potasie i fosforze. W rolniczych rejonach kraju, oddalonych od większych ośrodków miejskich i przemysłowych, występuje niedobór siarki w glebie. Stwierdza się, że w Polsce jest aż 57% gleb ubogich w siarkę. Dlatego coraz częściej obserwuje się wysoką efektywność nawożenia siarką, a analizy chemiczne roślin wskazują na jej niską zawartość, czyli występowanie objawów utajonych. Objawy utajone to niedobory pierwiastka, który

ogranicza plon i rozwój rośliny, pomimo braku wyraźnych, widocznych „gołym okiem” objawów niedoboru na roślinie. Dotyczy to głównie roślin z obszarów z przewagą gleb lekkich, z intensywną produkcją rolniczą oraz w tych miejscach, gdzie uprawia się dużo rzepaku (Fotyma 2001). Objawy niedoboru ujawniają się na roślinie dopiero przy dużym braku siarki, podobnie jak niedobór azotu. Niedobór siarki jednak, jest już widoczny na młodszych częściach roślin, podczas gdy niedobór azotu, dopiero na starszych. Rośliny stają się wówczas blade, tkanki na liściach są jeszcze zielone, występuje jasnozielone zabarwienie krawędzi liścia, liście stają się sztywne, wyprostowane, kruche, mniejsze (Brodowska 2003). Ograniczony jest wzrost roślin, kwitnienie, a w konsekwencji plonowanie. Im rolnicy stosują wyższe dawki NPK, w tym głównie azotu, tym rośliny pobierają więcej siarki i tym częściej niedobór tego składnika może ograniczać plonowanie roślin. Najbardziej narażoną rośliną na niedobór siarki jest rzepak, który pobiera ponad 50 kg siarki na hektar. Młode rośliny mają jasnozielone zabarwienie krawędzi liści, następnie liście stają się marmurowe, kruche, sztywne o pokroju łyżkowym. Wykształcają się mniejsze kwiaty, barwy jasnożółtej, gorzej zapylane przez owady. Mniejsza jest również wielkość i liczba łuszczyń – czyli mniejszy plon nasion. Dawka pod rzepak nie powinna przekraczać 50 kg siarki na hektar. Wyższe dawki siarki mogą powodować nadmierny wzrost glukozylanów w nasionach, przez co może nastąpić pogorszenie jakości nasion. Wysoką efektywność siarki uzyskuje się również na użytkach zielonych, położonych na glebach organicznych. Wzrasta aktywność bakterii brodawkowych, udział roślin motylkowych, zwiększa się efektywność nawożenia azotem. Zbyt duże dawki siarki poprzez proces przemnywania gleb, źle oddziałują na rośliny oraz glebę. Dla większości roślin, stosunek azotu do siarki powinien wynosić 10:1, a dla roślin o dużych potrzebach względem siarki stosunek azotu do siarki powinien wynosić od 7:1 do 5:1 (Gosek 2001).

Poziom siarki w glebach wilgotnych wynosi około 0,02-2%. Na glebach torfowych wartość ta może wynosić nawet 1% a na glebach marszowych - 0,3%. Siarka w glebie występuje w postaci wiązań organicznych i nieorganicznych. W zależności od rodzaju gleby, siarka nieorganiczna występuje w różnych stopniach utlenienia: siarczany siarczki, tiosiarczany. Związki organiczne zawierające ten pierwiastek to między innymi: białka, aminokwasy i polipeptydy (Kalembasa 2008).

Związki siarki, tak samo jak związki azotu, poddawane są w glebie wielu procesom i przemianom. Substancje organiczne ulegają hydrolizie oraz mikrobiologicznej mineralizacji, a produktem końcowym jest zawsze siarczan - jon siarczanowy. W warunkach beztlenowych, jon siarczanowy jest redukowany przez bakterie do siarkowodoru. Możliwe jest także

przejęciowe unieruchomienie siarki przez kwasy fulwowe i związki próchnicze lub drobnoustroje. W obu przypadkach, pierwiastek nie jest przyswajalny przez rośliny. Siarczan jest jodem ujemnym i tak samo jak jon azotowy, nie ulega absorpcji, dlatego istnieje ryzyko jego wymycia. Ryzyko silnego niedoboru siarki dotyczy gleb słabych strukturalnie, gleb lekkich, rejonów o dużej średniej opadów oraz miejscach, gdzie w sposób ograniczony rozwija się system korzeniowy. Do określania zasobności gleb w siarkę służy kryterium granicznych zawartości oraz metoda badania S min (Potarzycki 2004).

Wpływ nawożenia naturalnego, organicznego i mineralnego na zmiany zawartości siarki w glebie

W ciągu ostatnich lat, szczególnie we wschodniej części Polski, obserwuje się objawy niedoboru siarki, co może być spowodowane zmniejszeniem emisji SO₂ do atmosfery przez zakłady przemysłowe, które jako źródło energii wykorzystują węgiel kamienny oraz zmniejszeniem stosowania nawozów naturalnych, mineralnych organicznych zawierających siarkę. W glebach pierwiastek ten waha się od 0,01 do nawet 18 g·kg⁻¹ i maleje wraz z głębokością profilu glebowego. Zawartość, jaką rośliny są w stanie przyswoić, wynosi od 3 do 500 mg·kg⁻¹ gleby. Siarka w glebie występuje tak w formie mineralnej, jak też organicznej, przy czym udział siarki organicznej, stanowi od 30 do 80% siarki ogółem. W Polsce znaczna większość gleb wskazuje naturalną zawartość siarki, mimo to około 50% gleb mieści się w przedziale o niskiej zawartości tego składnika. Są to gleby lekkie i bardzo lekkie, zawierające zaledwie około 2% próchnicy. Największą ilość siarki zawierają gleby powstałe z glin średnich i ciężkich, rędziny oraz mady (Kaczor 2002). Związki mineralne siarki można głównie zaobserwować w formie siarczanów, natomiast w przypadku gleb podmokłych w warunkach anaerobowych, występuje w formie siarczanów oraz jako siarka elementarna. Znaczna większość zredukowanych form siarki jest nierozpuszczalna, a rośliny nie są w stanie bezpośrednio przyswoić związków tej siarki. Rośliny uprawne pobierają z roztworów glebowych siarkę w formie SO₄²⁻ i gromadzą mniejsze ilości siarki, niż np: fosforu, azotu, potasu i wapnia (Kalembasa 2005).

Czynnikami wpływającymi na ilość przyswajalnej siarki w glebie to:

- Skład granulometryczny gleby, szczególnie ilość części spławianych, które wpływają na rozkład i akumulacje glebowej substancji organicznej (chroni glebę przed szybkim procesem mineralizacji).

- Wapnowanie przyspiesza proces mineralizacji materii organicznej gleby i powoduje uwalnianie siarki, wyniku czego powstaje CaSO_4 (sól bardzo słabo rozpuszczalna).
- Temperatura i wilgotność gleby są najważniejszymi czynnikami wpływającymi na proces mineralizacji w glebie (ilość siarki w formach przyswajalnych).
- Wilgotność gleby podczas nadmiarów wody, jak też jej niedoborach zmniejsza proces mineralizacji organicznych związków siarki. Przesuszenie gleby, a następnie jej nawilżenie pobudza proces mineralizacji organicznych związków siarki co powiązane jest z mineralizacją biomasy mikroorganizmów, które uległy obumarciu w czasie przesuszenia gleby. Kilukrotnie przesuszenie a następnie nawilżenie gleby może doprowadzić do zwiększenia ilości siarki w formie siarczanowej w wyniku intensywnego procesu mineralizacji połączeń organicznych nie stanowiących biomasy drobnoustrojów. Optymalna wilgotność gleby dla produkcji gromadzenia siarczanów wynosi koło 60% a siarczków 133% pojemności polowej.

Procesem, który w istotny sposób wpływa na ilość siarki przyswajalnej, jest proces mineralizacji. Współczynnik mineralizacji oraz ilość związków siarki teoretycznie przyswajanych dla roślin, decydują o ilości siarki jaką roślina pobierze. Decydujący wpływ na jakość i ilość związków siarki w glebach wywiera: nawożenie, gleba, gatunek rośliny. Uogólniając, uprawa gleby jak też roślin, zwiększa proces mineralizacji w przeciwieństwie z glebą, na której nie są uprawiane rośliny. Wykorzystywanie związków zawierających siarkę, nawozów organicznych jak też materiałów organicznych, może doprowadzić do zwiększenia w glebie udziału związków organicznych w wyniku procesu humifikacji i immobilizacji (Kalembasa 2004). Objawy niedoboru siarki u roślin uprawnych (pszenicy), powoduje w fazie strzelania w źdźbło żółknięcie liści środkowych i młodych. Często spotykane są objawy niedoboru siarki równocześnie z występującymi w roślinach niedoborami magnezu i manganu. W roślinach zbożowych, zawartość S powinna wynosić 0,2-0,3%. Żółknięcie liści pszenicy często jest błędnie rozpoznawane jako niedobór azotu. jednak nawożenie azotem nie likwiduje w takich przypadkach żółknięcia blaszek liściowych, lecz następuje jeszcze silniejsze ich żółknięcie, szczególnie na glebach lekkich (Motowicka-Terelak 1998)

Materiał i metody badań

Próbki glebowe do badań chemicznych zostały pobrane wczesną wiosną 2017 roku z sześciu pól uprawnych przeznaczonych pod uprawę łubinu, grochu, jęczmienia jarego i owsa. Glebę pobrano z kilkunastu miejsc z każdego pola, następnie w laboratorium sporządzono trzy próbki średnie. Próbki glebowe pobrano z głębokości około 20 cm, a następnie wysuszono

w naturalnych warunkach, po czym przesiano przez sito o średnicy oczek około 2 mm po to, by oddzielić części ziemiste od części szkieletowych. Przygotowany materiał glebowy przekazano do laboratorium do dalszych analiz.

Odważono do zlewki 10 g suchej masy gleby, przesianej przez sito o średnicy oczek około 2 mm, następnie dodano 25 cm³ 1 mol KCl·dm³, wymieszano i pozostawiono na 24 godziny. Pomiar pH polegał na zbadaniu siły elektrometrycznej ogniwa składającego się z dwóch elektrod i elektrolitu, w którym znajdowała się zawiesina glebowa uzupełniona KCl 1mol·dm³.

Wyniki badań

Badaniom podano kilkadziesiąt pojedynczych próbek glebowych, pobranych z sześciu pól uprawnych, na których uprawiany był jęczmień jary, łubin żółty, owies oraz groch siewny. Oznaczono skład granulometryczny gleby z poszczególnych działek. Na znacznej większości pól występowała glina piaszczysta oraz na jednej działce piasek gliniasty.

Tabela 1. Skład granulometryczny analizowanych próbek glebowych

Poziom genetyczny (nr próbki)	Roślina	Piasek 2-0,5	Pył 0,5-0,002	Ił <0,002	Grupa granulometryczna w/g PTG 2008
		% frakcji o średnicy w mm			
Ap I	Jęczmień jary	70	25	5	gp- glina piaszczysta
Ap II	Jęczmień jary	71	24	5	gp- glina piaszczysta
Ap III	Łubin żółty	69	23	8	gp- glina piaszczysta
Ap IV	Owies	73	25	2	pg- piasek gliniasty
Ap V	Groch siewny	68	26	6	gp- glina piaszczysta
Ap VI	Groch siewny	68	25	7	gp- glina piaszczysta

Źródło: Opracowanie własne.

Procentowy skład frakcji przedstawiał się następująco: w glebie (próbka nr I), na której uprawiany był jęczmień jary, aż 70% stanowił piasek o średnicy od 2 do 0,5 mm. Pył o średnicy 0,5-0,002 stanowił tylko 25%, natomiast ił o średnicy <0,002 zaledwie 5%. W glebie (próbka

nr II), na której rośliną uprawną był również jęczmień jary, skład był zbliżony do pierwszego i wynosił 71% dla piasku, 24% dla pyłu oraz 5% dla iłu. Na polu (próbka nr III), gdzie uprawiany był łubin żółty, w skład gleby wchodził w 69% piasek, 23% pył i 8% ił. Kolejną uprawą był owies, gdzie skład granulometryczny przedstawiał się następująco: 73% piasek, 25% pył i 2% ił. Na glebie (próbka nr 5 i 6) rośliną uprawną był groch siewny i procentowy skład frakcji był następujący: 68% piasek, 26% pył i 6% ił (Tab. 1).

Tabela 2. Zmiany pH_{KCl} i odczyn analizowanych gleb

	Ap I	Ap II	Ap III	Ap IV	Ap V	Ap VI
pH odczyn	5,57 odczyn kwaśny	5,21 odczyn bardzo kwaśny	6,40 odczyn lekko kwaśny	4,90 odczyn bardzo kwaśny	5,46 odczyn kwaśny	5,68 odczyn kwaśny

Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w gospodarstwie rodzinnym przeważają gleby o odczynie bardzo kwaśnym, kwaśnym oraz lekko kwaśnym.

Z danych przedstawionych w tabeli 3, wynika, że największą zawartość siarki oznaczono w glebie, na której uprawiano łubin żółty (0,209 g·kg⁻¹). Pomimo tego, zawartość siarki siarczanowej wynosiła tylko 25,4 mg·kg⁻¹, natomiast procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości to zaledwie 12,1%, co stanowiło najmniejszy wskaźnik procentowy ze wszystkich badanych próbek glebowych.

Tabela 3. Całkowita zawartość siarki w glebie (g·kg⁻¹), zawartość siarki siarczanowej (mg·kg⁻¹) oraz % udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości

Ap I	Ap II	Ap III	Ap IV	Ap V	Ap VI
Całkowita zawartość siarki w glebie w g·kg ⁻¹					
0,149	0,144	0,209	0,106	0,127	0,162
Zawartość siarki siarczanowej mg·kg ⁻¹					
29,8	24,7	25,4	27,8	29,1	26,8
% udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości siarki					
20,0	23,9	12,1	26,2	22,9	16,5

Źródło: Opracowanie własne.

Kolejną największą zawartością siarki charakteryzowała się gleba, na której uprawiano groch siewny Ap VI - 0,162 g·kg⁻¹. Zawartość siarki siarczanowej wynosiła 26,84 mg·kg⁻¹ a procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości siarki - 16,5%. Całkowita zawartość siarki w glebie pobranej z poziomu Ap I (jęczmień jary) wynosiła (0,149 g·kg⁻¹), zawartość siarki siarczanowej 29,8 mg·kg⁻¹ a udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości, wyniósł 20,0%. Dla Ap II całkowita zawartość siarki w glebie wyniosła (0,144 g·kg⁻¹), zawartość siarki siarczanowej 24,7 mg·kg⁻¹. Procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości wynosił 23,9%. Oznaczona w glebie Ap V, całkowita zawartość siarki, kształtowała się na poziomie 0,127 g·kg⁻¹, zawartość siarki siarczanowej 29,1 mg·kg⁻¹ a procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości - 22,9%. Najmniejszą, całkowitą zawartość siarki, oznaczono w glebie z poziomu Ap IV (0,106 g·kg⁻¹), zawartość siarki siarczanowej wynosiła 27,8 mg·kg⁻¹ a procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości, wyniósł aż 26,2%. Na tej glebie był uprawiany owies, który ma małe wymagania pokarmowe wobec siarki.

Analiza korelacji uzyskanych wyników wykazała wiele zależności pomiędzy badanymi parametrami (Tab. 4)

Odczyn gleby ma istotny wpływ na zawartość siarki całkowitej i procentowy udział siarki siarczanowej w glebie. Istnieje również korelacja zawartości siarki całkowitej w glebie, z procentowym udziałem siarki siarczanowej.

Tabela 4. Zależności pomiędzy pH i ilością poszczególnych form siarki

	pH	S _{całk}	S-SO ₄	% udział S-SO ₄ w całkowitej zawartości
pH	-			
S _{całk}	0,95*	-		
S-SO ₄	-0,24	0,48**	-	
% udział S-SO ₄	-0,96*	-0,95*	0,28	-
*istotne dla p ≤ 0,05; **istotne dla p ≤ 0,01				

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 5. Parametry statystyczne dla oznaczonych form siarki i pH.

	Średnia	Minimum	Maximum	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności w %
pH	-	4,90	6,40	0,51	-
S _{całk}	0,149	0,106	0,209	0,03	20,13
S-SO ₄	27,27	24,70	29,80	2,02	9,97
% udział S-SO ₄	20,26	12,10	26,20	5,22	25,76

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

Współczynniki korelacji wskazały na istotny wpływ odczynu gleby na zawartości siarki w glebie. Procentowy udział siarki siarczanowej w całkowitej zawartości przedstawiał się następująco: Ap I - 20%, Ap II - 23,9%, Ap III - 12,1%, Ap IV - 26,2%, Ap V - 22,9%, Ap VI - 16,5% . Z badań wynika, że w glebach nie występuje niedobór siarki.

Literatura

- Barczak B. 2010. *Siarka jako składnik pokarmowy kształtujący wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych*. Roz., Nauk. 144, UTP, Bydgoszcz.
- Brodowska M., Kaczor A. 2003. *Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na skład anionowy pszenicy i rzepaku*. Fert. Fertiliz., 4: 78-83.
- Filipek T. 1999. *Podstawy i skutki chemizacji agroekosystemów. Skrypt dla studentów kierunków i specjalności „Ochrona środowiska”*, Wyd. Akademii Rolniczej w Lublinie: 3-17, 20-27, 30-31.
- Filipek T. 2006. *Wpływ zakwaszenia na zawartość potasu i magnezu oraz stosunek K:Mg w glebach i roślinach zbożowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 375: 40-49.
- Fotyma M., Gosek S. 2001. *Przemieszczanie potasu i magnezu w profilu gleby nawożonej gnojowicą i nawozami mineralnymi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 480: 51-59.
- Gosek S., Kopiński J. 2001. *Regionalne zróżnicowanie bilansu i zawartości przyswajalnego potasu i magnezu w glebach Polski*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.: 187-201.
- Herse J. 1986. *Szczegółowa uprawa roślin*. Wyd. Naukowe PWN: 53-79, 83-160.
- Kaczor A. 2002. *Dynamika zmian antropogenicznych przyczyn zakwaszenia gleb w Polsce w ostatnim 25-leciu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.: 298-310.
- Kalembasa S. 2004. *Diagnostyka gleb i roślin w rolnictwie zrównoważonym*. Wyd. Akademii Podlaskiej.
- Kalembasa D., Godlewska A., 2005. *Zawartość siarki całkowitej i siarczanowej w glebach położonych wzdłuż obwodnicy siedleckiej*. J. Elem., 10(2): 303-308.

- Klikocka H. 2011. *Zasoby siarki w Polsce oraz jej znaczenie w przemyśle i rolnictwie*. Przem. Chem: 172-173.
- Lipiński W. 2000. *Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych*. Nawozy i Nawożenie: 89-106.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H., 1998. *Siarka w glebach Polski-stan i zagrożenie*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 104.
- Motowicka-Terelak T., Terelak H., 2000. *Siarka w glebach i roślinach Polski*. Folia Univ. Agric. Stetin. 204, Agricultura, 81: 5-11.
- Potarzycki J. 2004. *Rola siarki z superfosfatu prostego w nawożeniu jęczmienia jarego. Cz. II. Wykorzystanie azotu i siarki z nawozów*. Fert. Fertiliz: 190-201.
- Zarzecka K. 2007. *Wybrane zagadnienia ze szczegółowej uprawy roślin*. Wyd. AP w Siedlcach.

Rozdział II

Innowacyjne rozwiązania wdrażane w ogrodnictwie

Ocena wpływu właściwości chemicznych na właściwości fizyczne nasion berberysu

Evaluation of the influence of chemical properties on the physical properties of barberry seeds

Mateusz Dawid

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauk Technicznych

Studenckie Koło Naukowe Podstawowych Problemów Bezpieczeństwa

Opiekun: dr inż. Wojciech Rejmer

Abstract

The purpose of the work was to determine the influence of chemical properties on the physical properties of seeds of selected barberry species. The seeds of barberry Julianna and barberry Thunberg were subjected to testing. The material of each species was divided into three fractions in terms of critical velocity raising in the vertical stream of air. The material prepared in this way was fragmented and then analyzed for chemical properties: protein and water content.

There was no clear linear relationship between the protein content in the seeds and the critical velocity of lift. In both cases we observe extreme values for medium speed ranges. In the case of the Thunberg variety, the extreme is minimal, and in the case of the Julianna variety the maximum. The Julianna variety is also characterized by about one and a half times higher protein content compared to the Thunberg variety. There was a linear relationship between the water content in the seeds and the critical rate of lift which is confirmed by the high R^2 coefficient.

Keywords: barberry seeds, properties of seeds, protein content in the seeds.

Wstęp

Krzewy są wieloletnimi roślinami o zdrewniałych pędach, które nie mają głównego pnia oraz korony. Rośliny te rozgałęziają się od nasady na wiele równorzędnych pędów bocznych. Krzewy często są uprawiane jako rośliny ozdobne. Najczęściej są sadzone w miejscach takich jak: parki miejskie, aleje uliczne, ogrody, parki rekreacyjne. Dzięki niewielkim rozmiarom, krzewy często mogą być uprawiane jako „zieleń ruchoma” w pojemnikach. Taki sposób uprawy najczęściej spotyka się w prywatnych ogrodach. Przy takiej uprawie, rośliny można w łatwy sposób przemieszczać oraz chować na zimę gatunki, które nie są w stanie przetrwać zmian pogody. Krzewy dobrze znoszące przycinanie, sprawdzają się jako rośliny do formowania z nich różnych kształtów, odmiennych od naturalnie przybieranych. Świetnymi roślinami na żywopłoty są gatunki wytwarzające ciernie (berberysy (Rys. 1) oraz dzikie gatunki róż).

Odmiany szybko rozrastające się, są świetnymi roślinami do umacniania skarp i nasypów.

Rysunek 1. *Berberys thunberga atropurpurea* jako żywopłot



Źródło: www.flower-garden.pl

Do udanej uprawy krzewów, niezbędne jest zapewnienie im odpowiednich warunków klimatycznych i glebowych. Rośliny te charakteryzują się różnymi wymaganiami, które trzeba uwzględnić przy planowaniu nasadzeń. Szczególną uwagę należy zwrócić na właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne gleby, które wpływają na wzrost i rozwój roślin. Struktura gleby decyduje o właściwym zaopatrywaniu roślin w wodę i substancje odżywcze. Podczas wyboru miejsca na nasadzenia, należy pamiętać o zapewnieniu odpowiedniego nasłonecznienia roślinom. Słoneczne miejsce pozwala krzewom dobrze się rozwijać i prezentować pełne walory estetyczne. Do roślin wymagających najsilniejszego nasłonecznienia należą m.in. kalina, wawrzyn, magnolia czy róża. Natomiast do grupy roślin dobrze znoszących zacienienie zalicza się: derenie, irgi i hortensje. Odpowiednia gleba i nasłonecznienie to nie jedyne warunki pomyślnej uprawy. Należy odpowiednio przygotować glebę przed sadzeniem krzewów, gdyż po ich posadzeniu, dokonanie poprawek będzie bardzo trudne do wykonania. Przekopanie gleby ułatwi głębokie i szybkie ukorzenie się nowych roślin. Usunięcie chwastów także znacząco ułatwi wzrost świeżo posadzonym roślinom. Krzewy zazwyczaj sadi się w miejscu docelowym w postaci małych sadzonek. Rośliny przeznaczone do sadzenia, nie powinny mieć

uszkodzeń mechanicznych korzeni czy pędów ze śladami obecności szkodników. Tak przygotowane rośliny, najlepiej posadzić jesienią przed nadejściem mrozów lub wiosną po rozmarznięciu gruntu (Ważbińska i in. 2008).

Pielęgnowanie krzewów składa się z trzech podstawowych czynności: nawożenia, podlewania i przycinania. Nawożenie pozwala utrzymać odpowiednie pH gleby oraz dostarcza roślinie niezbędnych składników odżywczych. Krzewy kwitnące należy „dokarmiać” nawozami o wysokiej zawartości potasu. Najlepszym terminem nawożenia jest początek wegetacji oraz wzmożonego wzrostu, gdyż wtedy jest największe zapotrzebowanie na składniki odżywcze (www.zielonyogrodek.pl).

Konieczność nawadniania jest zależna od opadów atmosferycznych. Gdy opady nie są wystarczające, należy krzewy podlewać. Należy podlewać rzadko, ale znaczną ilością wody. Takie podlewanie pozwala na głębsze przesiąkanie wody, co pozytywnie wpływa na rozrost korzeni w głąb gleby. Natomiast częste nawadnianie małą ilością wody, jest nieskuteczne, gdyż zwilża się jedynie wierzchnią warstwę gleby i woda nie jest w stanie dotrzeć do korzeni (Ważbińska i in. 2008).

Przycinanie jest powszechną metodą pielęgnacji krzewów. Wyróżnia się różne rodzaje cięcia w zależności od jego celu. Podstawowym rodzajem jest cięcie sanitarne, które ma zapobiegać rozprzestrzenianiu się czynników chorobotwórczych. Polega ono na usuwaniu pędów lub gałęzi porażonych przez choroby. Drugim rodzajem cięcia jest cięcie formujące. Ten rodzaj ma na celu uzyskanieżądanego pokroju krzewu, często zupełnie odmiennego niż naturalny dla danego gatunku. Innymi rodzajami przycinania są: cięcie redukujące rozmiary, cięcie odmładzające, cięcie pobudzające kwitnienie (www.zielonyogrodek.pl).

Berberys Julianny jest krzewem z rodziny berberysowatych, pochodzącym ze środkowych Chin. W Polsce roślina ta osiąga wysokość do 1,5 m, ale w dogodnym klimacie może osiągnąć nawet 3 m. Krzew ten charakteryzuje się regularnym, jajowatym pokrojem, długimi ciernistymi pędami oraz długimi, eliptycznymi, ciemnozielonymi liśćmi. Jesienią liście zmieniają zabarwienie na czerwono-pomarańczowej i takie pozostają takie przez całą zimę (www.fajnyogrod.pl).

Berberys Julianny kwitnie na przełomie maja i czerwca. Kwiaty są drobne, żółte, z czerwoną obwódką po zewnętrznej stronie. Na przełomie sierpnia i września wykształcają się wydłużone ciemnogrnatowe owoce, które pozostają na krzewie nawet do wiosny. Roślina najlepiej sprawdza się na stanowiskach słonecznych lub półcienistych. Wymaga odpowiednio wilgotnej, żyznej gleby. Krzew ten znosi niskie temperatury, ale w chłodniejszych regionach

Polski, może wymagać okrycia na zimę. Wiosną szybko regeneruje się z nieuszkodzonych mrozem pędów. Jest odporny na pyły i zanieczyszczenia powietrza, dzięki czemu bardzo dobrze sprawdza się na terenach miejskich jako roślina ozdobna w ogrodach, parkach (Rys. 2) czy zieleni osiedlowej (www.rosliny.urzadzamy.pl).

Rysunek 2. Berberys Julianny jako krzew ozdobny w parku



Źródło: (www.commons.wikimedia.org).

Berberys Thunberga to krzew o pokroju kulistym, osiąga wysokość do 2 m. Roślina ma pojedyncze krótkie kolce (około 2 cm) oraz drobne, owalne, purpurowe liście, zebrane w różyczkowate wiązki (Rostański i Rostański 2003). Jesienią liście przebarwiają się na różne odcienie czerwonego, pomarańczowego lub żółtego. Gatunek ten kwitnie na przełomie maja i czerwca. Kwiaty tego berberysu są drobne i żółte, a owocem jest czerwona, eliptyczna jagoda (Waźbińska i in. 2008). Gatunek ten pochodzi z Japonii i naturalnie nie występuje w Polsce, jest uprawiany tylko jako roślina ozdobna. Krzew ten należy sadzić w miejscach słonecznych, ponieważ w miejscach o słabszym nasłonecznieniu, liście są słabiej wybarwione. Roślina jest odporna na mrozy, zanieczyszczenia powietrza, choroby oraz szkodniki. Berberys Thunberga dobrze znosi przycinanie, a wymagania glebowe ma niewielkie, dlatego też gatunek ten jest często uprawiany w formie żywopłotów w parkach, zieleni miejskiej i prywatnych ogrodach. (Rys. 3) (www.rosliny.urzadzamy.pl).

Rysunek 3. *Berberys Thunberga atropurpurea* zastosowany jako żywopłot



Źródło: (www.allegro.pl).

Prędkość krytyczna unoszenia jest traktowana jako cecha, która najlepiej określa własności aerodynamiczne nasion. Jest to prędkość strumienia powietrza, przy której nasiono umieszczone w tym strumieniu uzyskuje stan równowagi między ciężarem nasiona, a siłą podmuchu pionowego strumienia powietrza. Na wartość prędkości krytycznej mają wpływ: kształt nasiona, stosunek ciężaru i powierzchni przekroju poprzecznego nasiona oraz tekstura powierzchni cząsteczki. Prędkość krytyczna jest w znacznym stopniu skorelowana z kształtem oraz masą cząstek (Grochowicz 1971; Przybył i Sęk 2010)

Material i metody badań

Celem pracy była ocena wpływu właściwości chemicznych na właściwości fizyczne nasion wybranych gatunków berberysu.

Do badań wykorzystano nasiona dwóch gatunków berberysów: berberysu Thunberga (Rys. 4) oraz berberysu Julianny (Rys. 5).

Rysunek 4. Berberys Thunberga odm. czerwonolistna (*Berberis thunbergii atropurpurea*)



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 5. Berberys Julianny (*Berberis julianae*)



Źródło: Opracowanie własne.

Prędkość krytyczną unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza określono przy pomocy klasyfikatora pneumatycznego. Materiał został podzielony na trzy frakcje charakteryzujące się następującymi wartościami prędkości krytycznej unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza: frakcja 1 do $5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, frakcja 2 od $5,5$ do $6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, frakcja 3 powyżej $6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Przed przystąpieniem do badań cech chemicznych, nasiona podzielone na frakcje, zostały poddane procesowi rozdrabniania. Do oznaczenia zawartości białka w badanym materiale została wykorzystana metoda Kjeldahl'a. Jako drugą cechę określono zawartość wody w badanym materiale. W tym celu pobrano próbki o masie około $3,5 \text{ g}$ ze wszystkich frakcji danego gatunku. Wszystkie próbki poddano procesowi suszenia w piecu w temperaturze 105°C przez 4 godziny, następnie określono masę suchej substancji oraz początkową zawartość wody.

Wyniki badań

Wyniki analizy zawartości białka w nasionach badanych gatunków berberysów oraz podział na frakcje względem prędkości krytycznej unoszenia w pionowym strumieniu powietrza przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki analizy zawartości białka oraz podział na frakcje

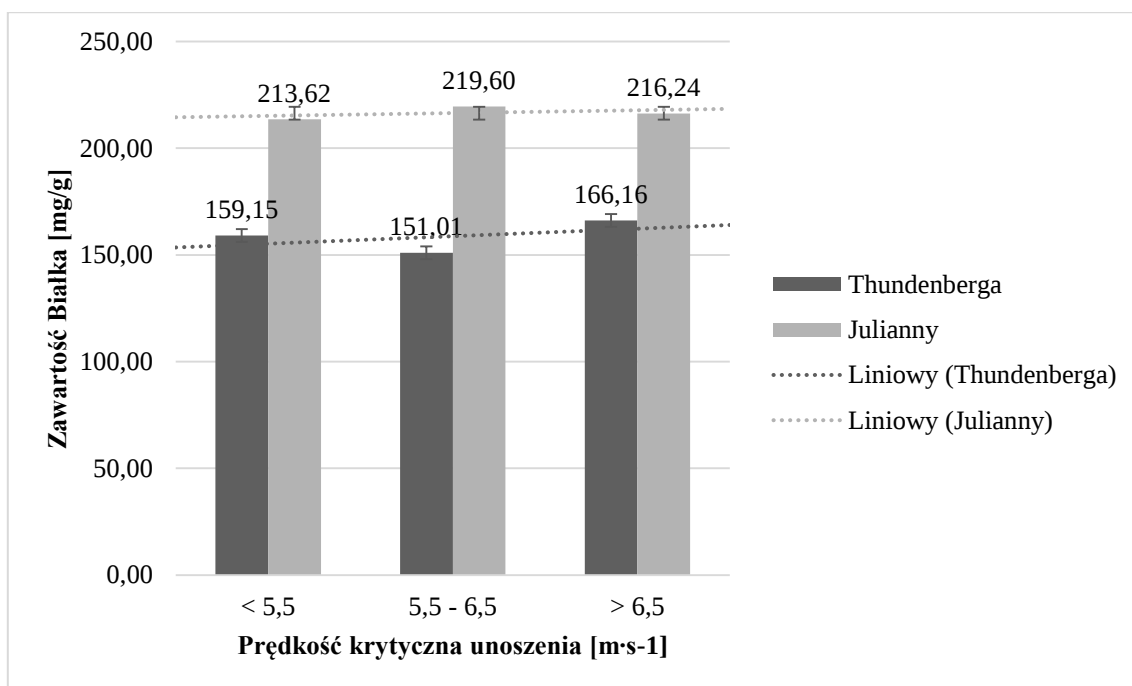
Gatunek	frakcja	zawartość białka	prędkość krytyczna unoszenia
		$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Berberys Thunberga	1	159,15	$< 5,5$
	2	151,01	$5,5 - 6,5$
	3	166,16	$> 6,5$
Berberys Julianny	1	213,62	$< 5,5$
	2	219,60	$5,5 - 6,5$
	3	216,24	$> 6,5$

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6 przedstawia zawartość białka poszczególnych frakcji. W przedziale $5,5 - 6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ prędkości krytycznej unoszenia, zaobserwowano skrajne wartości zawartości białka w nasionach. Dla berberysu Julianny była to wartość minimalna, natomiast dla berberysu Thunberga wartość maksymalna. Dla wartości prędkości krytycznej unoszenia nasion obu

gatunków berberysów, nie zaobserwowano istotnej zależności od zawartości białka w materiale gdyż współczynnik R^2 dla obu gatunków wynosił około 0,2, co potwierdza brak korelacji

Rysunek 6. Zależności zawartości białka od prędkości krytycznej unoszenia



Źródło: Opracowanie własne.

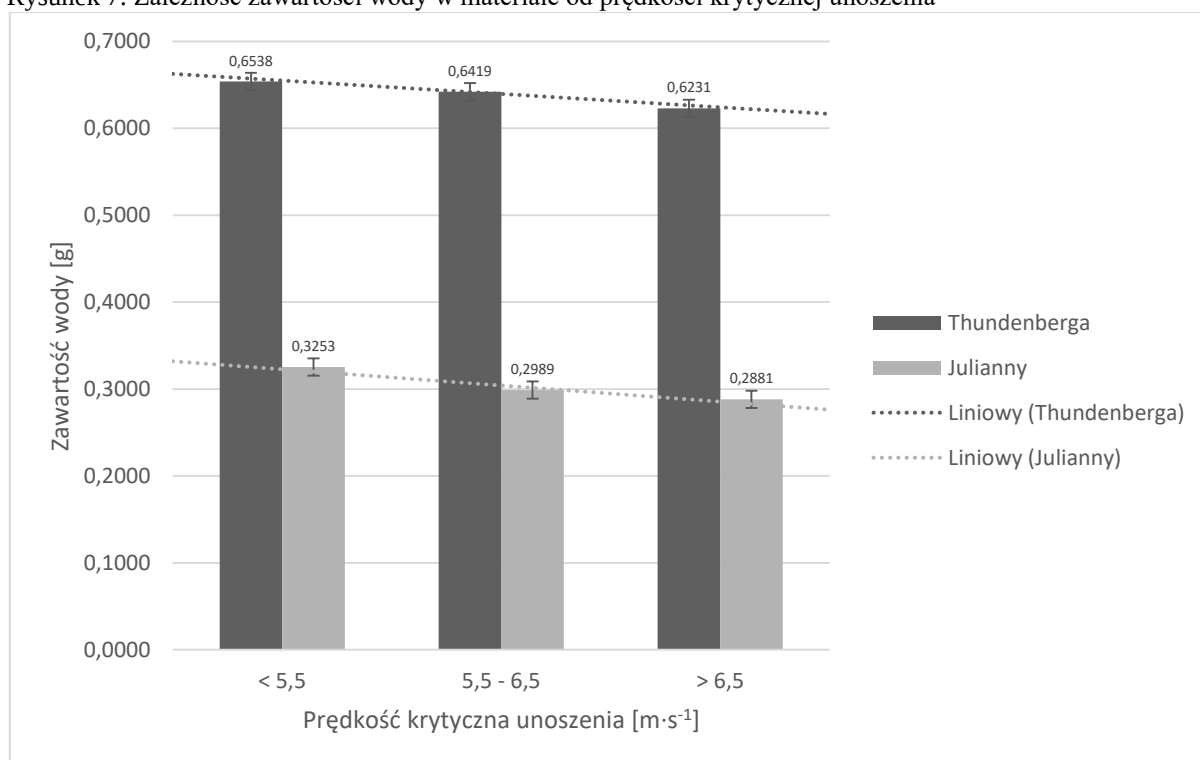
Tabela 2. Wyniki analizy zawartości wody w badanym materiale

Gatunek	frakcja	sucha masa	zawartość wody
		%	%
Berberys Thunberga	1	82,06	17,94
	2	82,50	17,50
	3	83,15	16,85
Berberys Julianny	1	91,35	8,65
	2	92,06	7,94
	3	92,32	7,68

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2 przedstawia zawartość wody oraz masę suchej substancji dla nasion badanych gatunków berberysów. Rysunek 7 przedstawia zależność prędkości krytycznej unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza od zawartości wody w materiale. W przypadku obu gatunków, odnotowano liniową zależność między dwiema badanymi cechami, co potwierdza wysoki współczynnik R^2 wynoszący 0,982 dla berberysu Thunberga i 0,944 dla berberysu Julianny.

Rysunek 7. Zależność zawartości wody w materiale od prędkości krytycznej unoszenia



Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników badań pozwala stwierdzić, że zawartość białka w badanych nasionach nie ma istotnego statystycznie wpływu na prędkość krytyczną unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza co potwierdza niska wartość wskaźnika R^2 . Jedynie dla środkowego przedziału prędkości krytycznej odnotowano skrajne wartości zawartości białka – dla berberysu Julianny była to wartość minimalna, natomiast dla berberysu Thunberga była to wartość maksymalna. Zawartość wody w badanych nasionach wykazała liniową zależność z prędkością krytyczną unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza. Nasiona berberysów Julianny oraz Thunberga wykazały wartość wskaźnika R^2 znacząco

powyżej 0,9. Dla obu badanych gatunków zaobserwowano wzrost prędkości krytycznej unoszenia przy spadku zawartości wody w badanym materiale.

Literatura

- Grochowicz J. 1971. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wyd. PWRiL, Warszawa.
- Przybył J., Sęk T. 2010. *Zbiór zbóż i roślin podobnych technologicznie*. Wyd. UP, Poznań.
- Rostański K., Rostański K. M. 2003. *Drzewa i krzewy*. Wyd. Kubajak, Kraków.
- strona informacyjna. <http://www.rosliny.urzadzamy.pl> (dostęp on-line 19.01.2019)
- strona informacyjna. <https://fajnyogrod.pl> (dostęp on-line 28.01.2019)
- strona informacyjna. <https://www.wikimedia.org> (dostęp on-line 16.01.2019)
- strona sklepu internetowego. <http://www.allegro.pl> (dostęp on-line 28.01.2019)
- strona sklepu internetowego. <https://www.flower-garden.pl> (dostęp on-line 18.01.2019)
- strona wydawnictwa AVT. <https://www.zielonyogrodek.pl> (dostęp on-line 28.01.2019)
- Ważbińska J., Kawecki Z., Płoszaj B. 2008. *Drzewa i krzewy liściaste*. Wyd. UWM, Olsztyn.

Przeszczepianie starych sadów jako metoda zachowania różnorodności odmianowej

Re-grafting old orchard as a maintain diversity of varieties

Szymon Pieckowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Ogrodników
Opiekun: dr inż. Bogumił Markuszewski

Abstract

Rural space is subject to constant transformations that are caused they are by the pressure of urban spaces. Some ecosystems, forgotten and neglected - in this case old orchards, go into oblivion and are often mechanically removed for several reasons. In order to prevent the die-down and removal of old orchards, which are an element of the rural landscape, one should take care of their replication through Re-Grafting, that is one of the methods of vegetative reproduction of plants.

Keywords: *malus*, grafting, apple trees, rural landscape, orchard

Wstęp

Zanim zwrócimy uwagę na termin „przeszczepianie”, należy cofnąć się do czasów gdy w sadach królowały stare odmiany jabłoni *Malus domestica*. Pod względem uprawy drzew owocowych, tamte czasy różniły się od teraźniejszych. Dawniej nacisk stawiano na przeznaczenie owoców, gdyż były to odmiany przeznaczone do przetwórstwa, niekoniecznie smaczne bezpośrednio po zerwaniu z drzewa, nadające się do długiego przechowania (Rejman 2005). Kolejną cechą starych sadów przydomowych, jest ich wysokość. Drzewa miały dawać cień gospodarzom oraz ich trzodzie, która wypasała się pomiędzy nimi (Mika 2014). Brak stosowania środków ochrony roślin w tradycyjnych sadach, oznaczał większą różnorodność bytujących tu gatunków zwierząt, zarówno szkodliwych, jak też pożytecznych. W dzisiejszych czasach, z punktu widzenia konsumenta, uwagę zwraca się głównie na smak owoców, czyli ważne stało się przeznaczenie deserowe. Duże drzewa często stanowiły problem podczas cięcia i zbioru owoców, co skutkowało stopniowym odejściem od stosowania podkładek silnie rosnących. Zwiększanie gęstości sadzonych, niekiedy karłowatych drzew, sprzyja ryzyku występowania epidemii i plag. Współcześnie, bez środków ochrony roślin, trudno byłoby pozyskać owoce ze odmian szlachetnych, które cechują się uboższą pulą genów i są mniej odporne na choroby i szkodniki. Przeszczepienie wiekowych odmian na nowe podkładowki przy odpowiedniej wiedzy, pomogłoby ochronić i odmłodzić krajobraz.

Metodyka badań

W celu zachowania różnorodności odmianowej jabłoni, należy skupić się na zachowaniu walorów estetycznych, krajobrazowych, jak i użytkowych starych sadów. Celem badań było opracowanie wskazówek dotyczących waloryzacji drzewostanu, cięcia, doboru podkładek pod drzewa owocowe i samego szczepienia w oparciu o analizę literatury sadowniczej. Drugim celem było przełożenie teorii na praktykę poprzez zastosowanie tych informacji przy przeszczepieniu starego sadu. Dodatkowo postanowiono stworzyć przykład dobrej praktyki dla osób rewitalizujących stare sady.

Po analizach literaturowych opracowano wskazówki których użyto podczas czasowego i przestrzennego elementu badań. Zakres czasowy obejmował badania starego sadu w miejscowości Leszcz, w województwie warmińsko-mazurskim w okresie od maja 2018 do marca 2019 roku. Zakres przestrzenny obejmował przeszczepienie starego sadu i wyciągnięcie odpowiednich wniosków.

Wyniki

Analizując wiele pozycji literatury z zakresu sadownictwa, odnosi się wrażenie, że jest ona ukierunkowana w stronę produkcji przemysłowej. Nie zwraca się w niej dużej uwagi na przydomowe drzewa owocowe. Jak mówi Marta Dziubiak, pasjonatka starych odmian i autorka wielu artykułów, w wywiadzie dla Gazety Współczesnej: „Ludzie nie zwracają uwagi na to, że karłowate drzewka wymagają używania środków chemicznych, aby zapobiec chorobom i szkodnikom. W przypadku starych odmian, tego typu zabiegi są niepotrzebne. Wokół nich tworzy się równowaga biologiczna, a owoców jest tak dużo, że wystarcza i dla owadów i dla ludzi”. Jest to pierwszy aspekt, który przemawia za odtworzeniem wysoko piennych odmian jabłoni. Kolejnym powodem, który faworyzuje stare jabłonie jest fakt, że mają one bardzo dobrze i głęboko rozwinięty system korzeniowy, co sprawia, że są one odporne zarówno na niską temperaturę, jak i sezonowy niedobór wody. Rewitalizacja starych sadów jest zatem potrzebna w celu zrewaloryzowania krajobrazu, aby przedstawiał swoje stare odbicie sprzed kilkudziesięciu lat.

Przede wszystkim należy skupić się na:

- Rewitalizacji i inwentaryzacji danego drzewostanu – ocenić stan istniejący danego sadu przydomowego, zaplanować jego odnowienie, opisać znajdujące się odmiany poprzez rozpoznawanie np. owoców lub przeprowadzić wywiad z jego właścicielem.

- Cięciu - zazwyczaj stare zaniedbane sady cechują się gęstą, zarośniętą koroną, którą należy przeświecić poprzez cięcie sanitarne i odmładzające. Jest ono niezbędne, by „sprowokować” drzewo do wytworzenia nowych przyrostów. „Wilki” czyli pionowo rosnące, nierozgałęzione pędy posłużą do replikacji danego drzewa jeszcze w tym samym roku podczas letniej okulizacji.
- Agrotechnice - przed posadzeniem należy zbadać skład chemiczny gleb oraz w razie potrzeby, zadbać o jej nawożenie.
- Wyborze podkładki pod szczepienie – „podkładką” Alojzy Mika (2014) nazywa ukorzenione drzewko, uzyskane z wysiewu nasion lub przez oddzielenie go od rośliny matecznej, na którym zakłada się zraz lub oczko. Podkładka generatywna różni się od wegetatywnej tym, że jej docelowa wysokość, plenność, wytrzymałość na mróz oraz odporność na choroby i szkodniki, jest nieznana. Podkładka wegetatywna posiada cechy rośliny matecznej, więc jej cechy są znane. W celu rewaloryzacji sadu, należy brać pod uwagę podkładki silnie rosnące, odporne na wyżej wymienione czynniki. Najlepszą podkładką, która spełnia te kryteria, jest podkładka Alnarp 2 (A 2). Została ona wyselekcjonowana w 1920 roku przez Johanssona w Stacji Badawczej Alnarp w Szwecji. Jej zamiennikami, podkładkami generatywnymi, mogą być siewki Antonówki Zwyczajnej.
- Sposobie uszlachetniania - jeśli mamy zapewnione podkładki oraz pędy, które nadają się na zrazy do szczepienia – naszym celem staje się analiza terminu i sposobu samego szczepienia. W literaturze sadowniczej przyjęło się, że mamy trzy podstawowe terminy szczepień. Na przełomie lutego i marca wykonuje się szczepienie w rękę, najczęściej przez stosowanie z nacięciem. Zabieg ten można wykonać wyłącznie, jeśli posiadamy warunki umożliwiające wybudzenie podkładek na czas szczepienia i kallusowania. Zazwyczaj ogrzewana szklarnia oraz chłodne pomieszczenie/chłodnia – umożliwią przeprowadzenie szczepienia. Sam zabieg polega na wybudzeniu podkładek jabłoni, szczepieniu oraz pozostawieniu zaszczepionych drzewek w temperaturze od 14°C do 18°C przez 2 tygodnie w celu połączenia się tkanki przyrannej obu komponentów, następnie przekłada się je do chłodni, w której panuje temperatura w przedziale od 1°C do 4°C. Drzewka są gotowe do posadzenia na początku kwietnia. Jeśli nie mamy warunków, możemy posadzone wcześniej podkładki uszlachetnić w czasie tak zwanego „letniego szczepienia uzupełniającego”, czyli od połowy kwietnia do czerwca. To dobry sposób na uzupełnienie nieprzyjętych zrazów z lutowego szczepienia. Ostatnim terminem staje się przełom lipca i sierpnia, w czasie którego wykonuje się okulizację oczkiem śpiącym. Polega ona na odcięciu jednego oczka

z pędu przyrostu tegorocznego i włożeniu go za korę. Nowszą i szybszą metodą jest okulizacja na przystawkę, gdzie oczko wraz ze skrawkiem kory i drewna zastępuje tej samej wielkości skrawek podkładki. Szerzej pojęcie szczepienia opisuje Czynczyk (1998) w książce „Szkółkarstwo sadownicze”.

Główne prace, które wykonujemy po uszlachetnianiu drzew owocowych na przełomie kilku lat, to czyszczenie podkładek z odrostów pędowych, palikowanie młodych pędów, formowanie koron oraz ochrona przed chorobami i szkodnikami. Rewitalizacja poprzez nowe nasadzenia może trwać kilkanaście a nawet kilkadziesiąt lat.

Wnioski

Głównymi korzyściami wynikającymi z przeszczepiania starych, zdegradowanych sadów przydomowych są:

- zachowanie wielu starych, cennych, lecz zapomnianych odmian jabłoni,
- odtworzenie zniszczonego krajobrazu sadu wiejskiego z uwzględnieniem poprawy liczebności i bioróżnorodności fauny i flory,
- odtworzenie funkcjonalnego i estetycznego schematu sadu.

Rewitalizacja starych sadów jest dobrym sposobem na dbanie o krajobraz, lecz czy jest opłacalna? Czy w czasach monokulturowych nowoczesnych sadów, znalazłoby się miejsce dla starych, cenionych odmian?

Literatura

- Czynczyk A. 1998. *Szkółkarstwo sadownicze. Wydanie drugie*. PWRiL. Warszawa.
- Filewicz W. 1927. *Przeszczepianie sadów: Jabłonie i grusze*. PZPS. Warszawa
- Gazeta współczesna. Wspolczesna.pl*. <https://wspolczesna.pl/sady-jak-sprzed-lat/ar/5618290> (dostęp 02.03.2019)
- Mika A. 2014. *Szczepienie i inne metody rozmnażania roślin sadowniczych*. PWRiL. Warszawa.
- O dawnych odmianach uprawnych jabłoni i ich pochodzeniu*, Docplayer.pl <https://docplayer.pl/12258112-O-dawnych-odmianach-uprawnych-jablони-i-ich-pochodzeniu.html> (dostęp 02.03.2019)
- Pieniążek S. 1978. *Sadownictwo*. PWRiL. Warszawa
- Pieniążek S. 1989. *Sad przy domu*. PWRiL. Warszawa.
- Prat J. 1993. *Szczepienie drzew i krzewów owocowych i ozdobnych : (gatunek po gatunku : rok po roku)*. Delta. Warszawa
- Rejman A. 2005. *Pomologia*. PWRiL. Warszawa.

Trendy Bożonarodzeniowe we florystyce i wystroju wnętrz

Christmas trends in floristics and interior design 2018

Teresa Salamon

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Florystów
Opiekun: dr inż. Beata Płoszaj-Witkowska

Abstract

Plants are really important component of interior design. Especially at Christmas time. However, trends and styles in decoration changes every year. The largest and the most popular place, where the trends are being settled is the Christmasworld festival. In 2018, there were six different kinds of style considered to be the most trendy ones: Balanced sobriety, Forest style, Splendid history, Vivid heritage, Eclectic gathering and the darkle colored style. The study was based on questionnaires, which have been posted on Facebook, and direct survey from flower shops. The results have shown that this year (2018) the most popular was natural and simple decoration.

Keywords: Christmas circle, advent decorations, floristics trends

Wstęp

Z roku na rok obserwuje się coraz większą świadomość społeczeństwa w kwestii wystroju pomieszczeń, w których spędzamy wolny czas, pracujemy, uczymy się, jemy lub odpoczywamy. Sezonowo wyznaczane są nawet specjalne trendy, którymi ludzie kierują się przy wyborze dodatków i kolorów do wnętrz swoich domów. Pod tym pojęciem rozumie się taki dobór elementów wyposażenia i wzornictwa, aby uzyskać charakterystyczną atmosferę pełną skojarzeń przez nie wywoływanych. Rośliny stanowią tutaj szczególny element stylizacji.

Cel i metoda

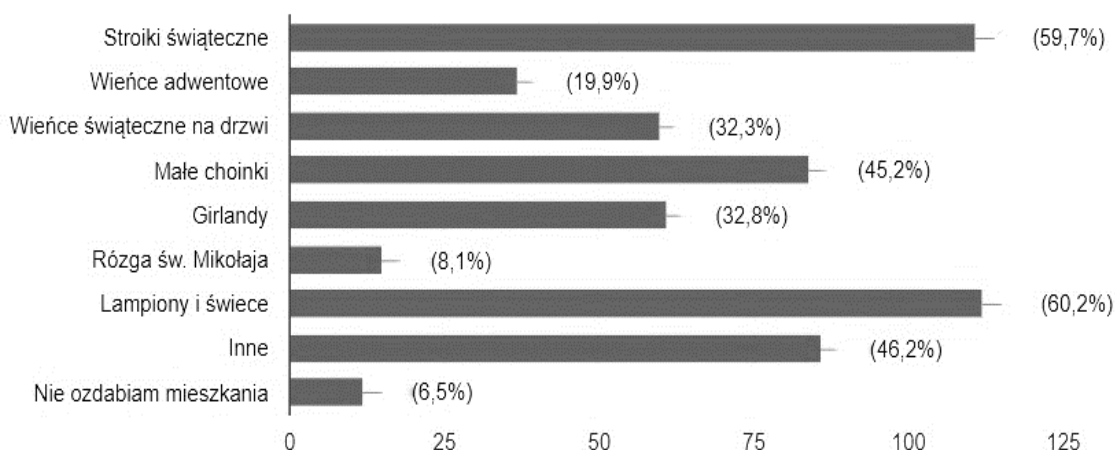
W artykule opisane zostały dominujące style w dekoratorstwie Bożonarodzeniowym w 2018 roku. Za pomocą dwóch ankiet zbadano, jak są odbierane propozycje najnowszych trendów i na jakie dekoracje florystyczne był największy popyt w roku 2018. Jedna z nich była przeprowadzona osobiście w kwiaciarniach, natomiast druga poprzez zamieszczenie jej na stronie Facebook'a.

Wyniki

Wyniki z pierwszej ankiety (umieszczonej na stronie Facebook) zebrano w pierwszej połowie lutego 2019 roku. Sondaże pokazały, że respondenci oprócz tradycyjnej choinki, do dekoracji domów wykorzystują różne kompozycje związane z tym świętem (91,9%). Zadziwiający jest jednak fakt, że w XXI wieku, gdzie mamy tak bogatą ofertę wszelkich dekoracji i dodatków świątecznych, pozostałe 8,1% osób zareagowało negatywnie na to pytanie (Rys. 1). Jak się później okazało, niektórzy z nich w ogóle nie dekorują mieszkania, co wiąże się z tym, że po prostu nie celebrują Świąt Bożego Narodzenia i nie czują potrzeby ustrajania domu na tę okazję. Natomiast u pozostałych osób, jedyną oznaką świąt w mieszkaniach jest zielone drzewko (6,7%).

Najczęstszą formą ozdób używanych w dekorowaniu pomieszczeń były lampiony oraz stroiki świąteczne, których używa odpowiednio 60,2% oraz 59,7% ankietowanych. Następne pod względem popularności, usytuowały się małe choinki (42,5%), które w małych pomieszczeniach, mogą śmiało zastępować te tradycyjne. Coraz popularniejsze stają się również ozdoby zewnętrznej części domu - girlandy (32,8%) oraz wieńce na drzwi (32,3%), którymi od progu wprowadzamy naszych gości w świąteczną atmosferę (Rys. 1).

Rysunek 1. Dekoracje w okresie świątecznym z okazji Świąt Bożego Narodzenia 2018

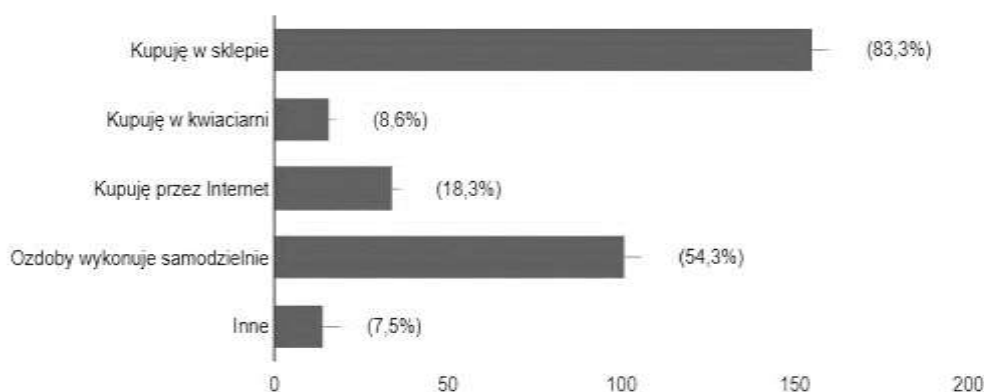


Źródło: Opracowanie własne.

Najwięcej dekoracji świątecznych, bo aż 83,3%, respondenci kupują w sklepie, (Rys. 2). Każdego roku coraz więcej osób czerpie radość z wykonywania ozdób świątecznych samodzielnie (54,3%). Wzrasta dostępność różnych florystycznych materiałów, pomocnych w takich przedsięwzięciach. Niezastąpione również okazują się strony internetowe oferujące

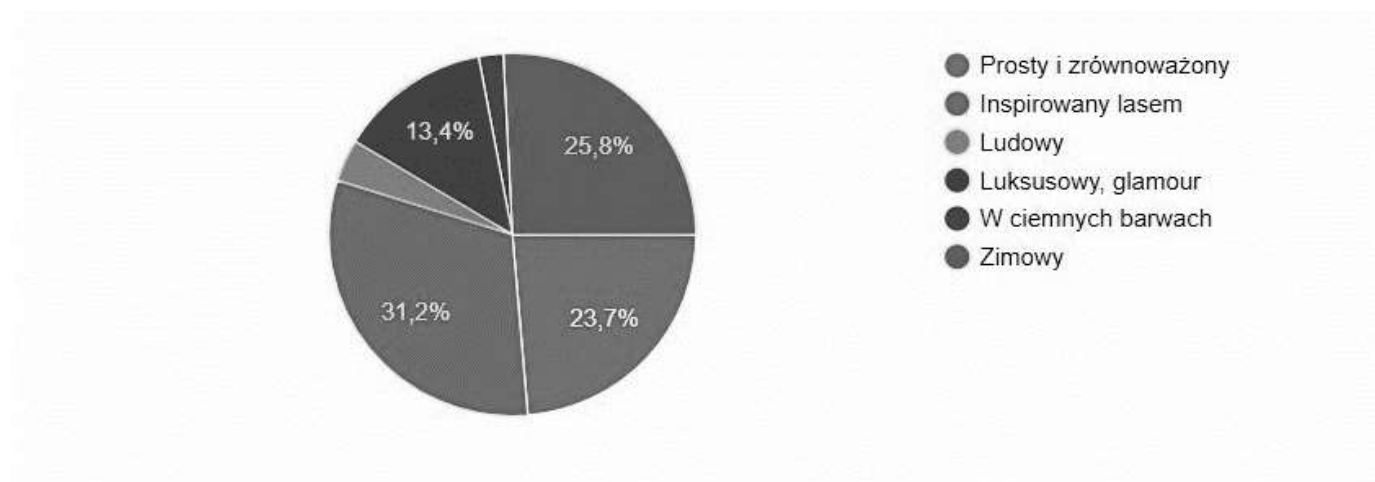
szeroki wachlarz inspiracji. Do takiej formy rzemiosła artystycznego przyznała się ponad połowa ankietowanych osób. Tylko 8,6% respondentów kupuje dekoracje świąteczne w kwiaciarniach.

Rysunek 2. Pozyskiwanie dekoracji świątecznych z roku 2018



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 3. Najchętniej wybierany trend podczas stylizacji mieszkań w roku 2018



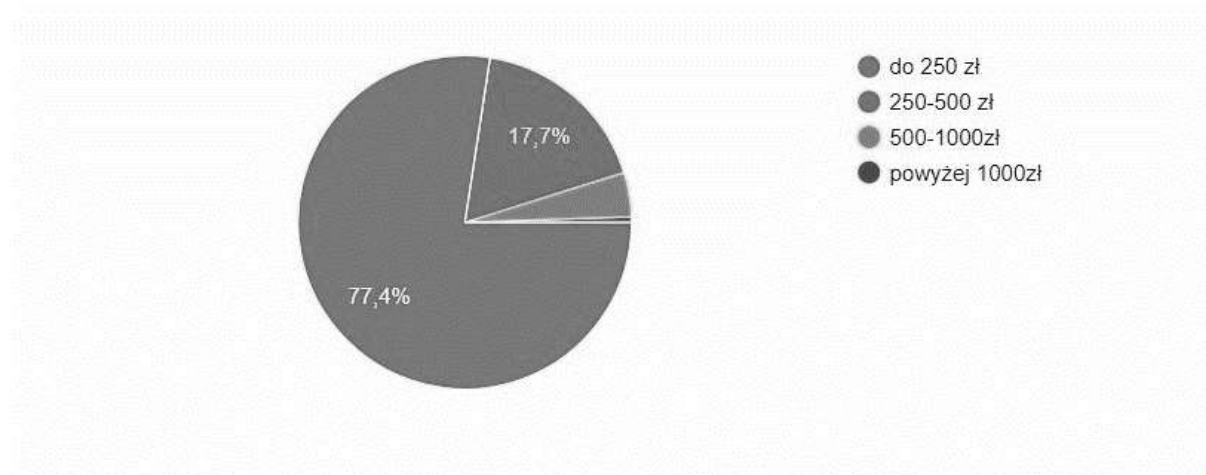
Źródło: Opracowanie własne.

Podczas targów „Christmasworld” we Frankfurcie zaproponowano różne style dekoracji mieszkań (Rys. 3).

Najchętniej wybierane trendy w stylizacji mieszkań podczas świąt Bożego Narodzenia 2018 r., to inspirowany lasem (31,2%), zimowy (25,8%) oraz prosty i zrównoważony (23,7%). Wbrew pozorom wszystkie trzy mają wspólną cechę, mianowicie są bardzo neutralne, bezpretensjonalne i naturalne. Ankietowani niechętnie eksperymentują w kompozycjach z intensywnymi kolorami i świecącymi dodatkami. Zakładają, że wnętrze ma cechować spokój

i harmonijność i niechętnie wychodzą poza utarte schematy. Ozdoby i ozdóbki, prezenty, rośliny - wszystko to kosztuje, jednak żeby cieszyć się pięknym wystrojem, musimy liczyć się z drobnymi wydatkami. Dobrym pomysłem na zaoszczędzenie znacznej sumy pieniędzy będą własnoręcznie wykonywane dekoracje. Koszt obejmuje tylko zużyty materiał, jednak takie przedsięwzięcia są często bardzo pracochłonne i niestety nie zawsze przynoszą pożądany efekt. Aż 77,4% respondentów jest w stanie wydać na świąteczne dekoracje nie więcej niż 250 złotych, natomiast 17,7% może przeznaczyć na nie od 250 do 500 złotych. Na ozdoby kosztujące powyżej 500 złotych zdecydowało się zaledwie 4,9% ankietowanych (Rys. 4).

Rysunek 4. Kwota jaką są w stanie przeznaczyć uczestnicy badania na świąteczne ozdoby w roku 2018

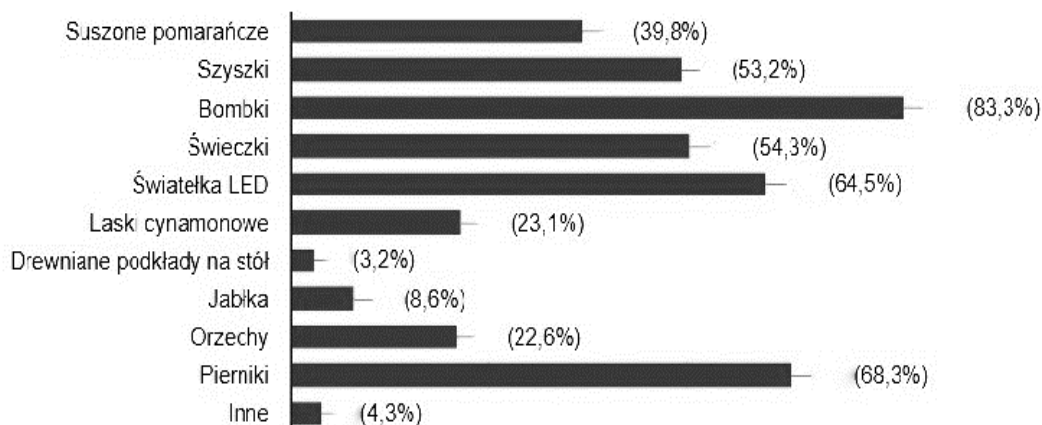


Źródło: Opracowanie własne.

Najczęściej wybieranymi dodatkami do dekoracji stroików i różnych form w okresie świątecznym były bombki 83,3% (Rys. 5). Nie można się temu dziwić, gdyż jest to jeden z charakterystycznych elementów Bożego Narodzenia i zarazem najpopularniejsza ozdoba choinki. Na drugim miejscu znalazły się pierniki (68,3%), a zaraz po nich światełka LED (64,5 %).

Rośliny ozdobne wprowadzają do surowości naszych mieszkań zieleni i harmonię. Ożywiają otoczenie, a przebywanie w ustrojonym nimi wnętrzu, staje się dla nas przyjemnością. W okresie świąt Bożego Narodzenia, najpopularniejsze są przede wszystkim dwie rośliny: ogniście czerwona gwiazda betlejemska (86,8%) oraz jemiola (67,2%), którą zwykle wieszamy np. przy żyrandolu. Były one najczęściej wymieniane przez osoby biorące udział w badaniach, ale jeśli lubimy naturalne, żywe akcenty we wnętrzu, warto sięgać także po inne rośliny.

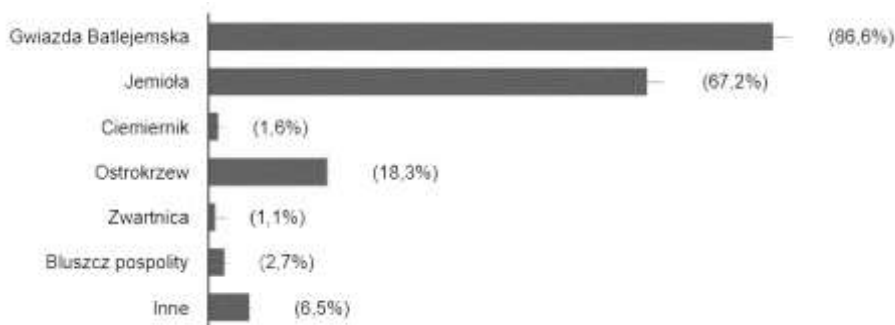
Rysunek 5. Dodatki florystyczne wykorzystywane do dekoracji Świąt Bożego Narodzenia 2018 roku



Źródło: Opracowanie własne.

Z rodzimych gatunków wybierzmy bluszcz pospolity (2,7%), gdyż jest to wdzięczna roślina do strojenia girland świątecznych. Bluszcz nadaje się również do wykonywania stroików na Boże Narodzenie.

Rysunek 6. Rośliny ozdobne do dekoracji w okresie świąt Bożego Narodzenia



Źródło: Opracowanie własne.

Druga ankieta była skierowana do pracowników kwiaciarni i odpowiedzi zbierane były osobiście. Respondenci w kwiaciarniach wykonują tradycyjne dekoracje na zamówienie: stroiki (100%), wianki (83,3%), girlandy (50%) itp.

We wszystkich odwiedzanych kwiaciarniach pracownicy przyznawali, że nie wykonują Różgi św. Mikołaja. Jedna z właściolek wspomniała, że kiedyś robiła ją na zamówienie, ale było to tylko raz w jej karierze - zwykle ludzie nie wiedzą co to jest (Rys. 7).

Stroiki wykonywały wszystkie kwiaciarnie, zazwyczaj z naturalnych lub suszonych materiałów. Tylko w nielicznych przypadkach, sprzedaż stroików wykonanych całkowicie ze sztucznych materiałów była porównywalna ze sprzedażą naturalnych stroików. Ozdoby świąteczne powinny być wykonane z żywych, zielonych gałązek. Inni wolą praktyczną ozdobę służącą przez lata i wówczas zalecają wykonanie jej ze sztucznych dodatków.

W przypadku stroików do przyozdabiania grobów, występowała duża rozbieżność technik, którymi są wykonywane. Prawie 30% kwiaciarni wykonuje stroiki wyłącznie ze sztucznego materiału, tłumacząc się warunkami atmosferycznymi i zmniejszającym się popytem na tego rodzaju wyroby. Pozostałe 70% wykonuje je z materiału naturalnego, suszonego lub żywego.

Kolejną ozdobą są girlandy. Są one przede wszystkim wykonywane na zamówienie w ankietowanych kwiaciarniach (50%), głównie na poręcze i balkony, jednakże coraz częściej pojawiają się propozycje girland nad kominek.

Wśród wianków i wieńców, najczęściej sprzedawane są te zdobiące wigilijny stół (91,7%). Zdarzają się wieńce na drzwi do domu oraz na zewnątrz. Najrzadziej jednak sprzedawane są wieńce adwentowe (33,3%).

Niewielkie choinki wykonywane są w większości kwiaciarni, jednak aż 16,7% nie wykonuje ich wcale (Rys.7). Do wykonania stosowane są żywe, naturalne lub sztuczne i suszone elementy. Zwykle wiąże się to z indywidualnym podejściem klienta do zakupu.

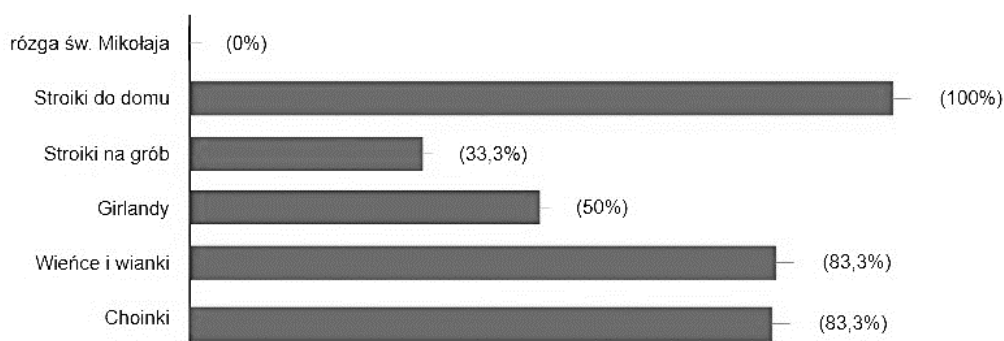
Niektórzy nie wyobrażają sobie świąt bez choinki z prawdziwego drzewka: jodły lub świerku – domu pachnącego świeżością lasu. Inni natomiast stawiają na wygodę. Chcąc uniknąć obsypującego się igliwia, preferują sztuczną zieleń i ozdoby, które pozostaną z nimi do następnego roku albo dłużej. Są w stanie przeznaczyć nawet większą sumę pieniędzy na stroiki i dodatki świąteczne, bo wiedzą, że w kolejnych latach również będą wyglądać tak wspaniale jak w dniu zakupu.

Wszyscy floryści jednogłośnie oświadczyli, że najczęstszą formą zieleni kupowaną w kwiaciarniach były stroiki świąteczne. Ta informacja pokrywa się z wcześniejszymi odpowiedziami respondentów. Stanowiły one najczęstszą dekorację pomieszczeń (60%). Niektóre kwiaciarnie zwróciły uwagę na to, że w tym roku chętnie kupowano różne kompozycje wykorzystujące szkło: butelki, słoiki i wysokie naczynia.

W kompozycjach świątecznych najczęstszymi sztucznymi dodatkami były świece (66,7%) oraz szklane bombki (66,7%). Wśród naturalnych form była natomiast duża rozbieżność i w kompozycjach wszystkie kwiaciarnie stosowały następujące dodatki: szyszki

modrzewiowe, świerkowe, sosnowe, korę drzew, drewno, igliwie oraz gałązki. Ponadto w jednej z ankietowanych kwiaciarni wspomniano, że w jej propozycjach pojawiało się nawet futerko, które było popularnym dodatkiem w tegorocznych trendach.

Rysunek 7. Procentowy udział dekoracji wykonywanych i sprzedanych w kwiaciarniach w okresie świątecznym z roku 2018



Źródło: Opracowanie własne.

W kwiaciarni do ostatecznego upiększenia wiązanek posłużyły w roku 2018 spray i brokat w kolorze złotym i srebrnym (83,3%).

Z ankiety wynikało, że bardzo mały odsetek ludzi kupuje świąteczne ozdoby bezpośrednio w kwiaciarniach, dlatego też większość firm florystycznych prężną działalność prowadzi na stronach internetowych ze szczególnym naciskiem na Facebook i Instagram. Ponadto floryści śmiało przyznają się do tego, że śledzą zmieniające się trendy we florystyce, ale nie odtwarzają gotowych pomysłów. „*Sugerowane dodatki mają tylko wzbogacić nasze stroiki i kompozycje, jednak każdy ma swój oryginalny styl i trzyma się tego co najbardziej lubi wykonywać*” – mówi jedna z respondentek.

Dyskusja

Święta Bożego Narodzenia są szczególnym czasem, gdy zwracamy uwagę na wystrój domów. To okres, w którym powraca się wspomnieniami do czasów dzieciństwa, zapamiętanych kolorów, smaków i zapachów. W roku 2018 klasycznym duetem barw została zieleń i czerwień. To kolory powtarzające się niezmiennie od lat, jednak w tym roku dołączają do nich czerni, złoto oraz granat. W wielu kompozycjach pojawiają się również butelkowa zieleń, szmaragd i biel, dużo bieli, która dodatkowo rozświetla i uspokaja wnętrze. Najmodniejszym kolorem został jednak kolor złoty. Pojawiał się w takich dekoracjach jak

bombki choinkowe i dodatkowo w świecznikach, tkaninach oraz elementach zastawy stołowej. Nie chodzi o to, aby dom emanował luksusem. Ważny jest umiar, a złote detale mają często proste, minimalistyczne formy (http://www.urzadzamy.pl/salon/dekoracje-swiateczne/modne-dekoracje-swiateczne-trendy-2018,163_16693.html).

Dekoracją świąteczną związaną z adwentem, czyli czasem oczekiwania na przyjście Chrystusa i przygotowaniem się na Boże Narodzenie, jest wianek adwentowy. Adwent wiąże się ze zwyczajami ludowymi i symboliczną wymową elementów używanych do dekoracji. Wieniec adwentowy przybył do naszego kraju około 150 lat temu (Nizińska 2008).

Następną formą zieleni są dekoracje typowo świąteczne (www.forumkwiatowe.pl/trzy-swiateczne-pomysly-na-dekorowanie-malych-pomieszczen). Jedną z najstarszych ozdób jest girlanda. Dawniej i dzisiaj, często stosowana do ekspozycji takich miejsc, jak elewacje budynków, poręcze, balustrady, kominki i ogrodzenia. Niewielu z nas wie, że w zależności od użytego materiału, girlanda może zdobić nasze mieszkanie przez cały rok (Nizińska 2008).

Najbardziej popularną ozdobą tych świąt jest choinka. Nie wyobrażamy sobie świąt bez woni dopiero co przyniesionego z lasu drzewka, bez jego intensywnie zielonego koloru i czasu oczekiwania na chwilę, w której będziemy je wspólnie przyozdabiać. Chociaż zwyczaj ozdabiania choinki jest propagowany w Polsce dopiero od XIX wieku, to od tamtego czasu, już na stałe zagościł w naszych domach, wpisując się w świąteczne tradycje. Ze względu na to, że znaczny odsetek społeczeństwa mieszka w małych mieszkaniach, obserwuje się rosnącą potrzebę na nowe pomysły w świątecznej aranżacji mniejszych przestrzeni (www.forumkwiatowe.pl/trzy-swiateczne-pomysly-na-dekorowanie-malych-pomieszczen).

Przy ozdobach, nie sposób nie wspomnieć o stroikach świątecznych, przybierających coraz odważniejsze formy. Przy ich wykonywaniu nie ma już tak sztywnych reguł. W roku 2018, oprócz obowiązkowej świeczki w środkowej części kompozycji, chętnie stosowane były dodatki związane ze zwierzętami - sztuczne pióra i futerka, które były wykorzystywane do wykończenia roślinnych kompozycji. Często pojawiały się plastikowe zwierzątka, w szczególności ptaszki, ale także wiewiórki, renifery i jelenie. Bardzo popularnym stał się wzór marmuru na papierze prezentowym, który w zestawieniu z czerwonymi lub złotymi wstążkami dodawał całości szyku i elegancji. Niezwykłą popularność zyskały także nieskomplikowane, geometryczne formy. Nowa propozycja zestawienia brązowego papieru pakownego, dratwy, szyszek lub paru bombek z zielonym akcentem żywotnika, dały efekt leśnej prostoty, a przy tym lekkości i naturalności (http://www.urzadzamy.pl/salon/dekoracje-swiateczne/modne-dekoracje-swiateczne-trendy-2018,163_16693.html).

Zgodnie z trendami z 2018 roku, do dekoracji stołu doskonale pasują propozycje z wykorzystaniem lnu. Z jednej strony delikatny subtelny len, z drugiej, tkanina kojarzona z szykiem oraz luksusem. Mowa tu o aksamicie, który tego roku pięknie prezentuje się w ciemnych kolorach: czerwieni, czerni, zieleni, granacie, marsali i równie dobrze może dekorować nasz Wigilijny stół, którego podstawą od lat był biały obrus, trochę sianka, tematyczne serwetki i elegancka zastawa (www.urzadzamy.pl)

Na początku roku 2018 we Frankfurcie odbyły się targi trendów świątecznych Christmasworld. To właśnie tam po raz pierwszy dały o sobie znać style w tegoroczne Boże Narodzenie. Z podanych na targach propozycji największą uwagę przykuło kilka stylów. (christmasworld.messefrankfurt.com/frankfurt/en.html).

Pierwszy z nich jest inspirowany surowością i spokojem kultury japońskiej. Propozycja o nazwie „Zrównoważona prostota”, zakłada przejrzystość i równowagę kompozycji, z naciskiem na absolutny minimalizm. Pojawiają się tutaj proste stroiki, do których wykorzystuje się żywe, zielone gałązki z igliwem, z jednego gatunku drzewa np. sosny, w zestawieniu z maksymalnie 2 kolorami. Zazwyczaj jest to kolor biały, który nadaje pomieszczeniu czystość i lekkość. Występuje w połączeniu z czarnymi, złotymi lub szarymi dodatkami. We wszelkiego rodzaju ozdobach, popularne są symboliczne, geometryczne kształty np. trójkąty, obrazujące choinki. Projektanci dodają, że należy postawić na subtelne, neutralne barwy - chłodne odcienie szarości, biel, beż, jasny róż. Należy również pamiętać o naturalnych materiałach, takich jak drewno, wiklina, rattan, a nawet papier. Co ciekawe, kontrasty są dopuszczalne na zasadzie połączenia ze sobą dwóch różniących się struktur, np. maty z błyszczącymi powierzchniami.

Od pewnego czasu we wnętrzach przeważają zdecydowane kolory, zatem nietrudno zgadnąć, że tendencje te pojawiły się również w bożonarodzeniowych stylizacjach. Tym razem postawiono na ciemną paletę barw. Jak podpowiadają projektanci, proponowane ciemne odcienie, można śmiało doprawić złotem i połyskującymi elementami. Jeżeli lubisz zatem styl pałacowy lub glamour, śmiało można było zaprosić do wnętrza kruczo czarne tekstylia, a całą świąteczną aranżację doprawić w złote bombki, czy też podkreślić złotą zastawą.

Kolejną propozycją jest styl folklorowy. Liczył się tutaj powrót do swoich klimatów. Świąteczne tradycje każdego regionu różnią się od siebie i każdy może pochwalić się swoją indywidualnością i oryginalnością. Szumnie wykorzystywane były barwne kombinacje, wzory i ludowe akcenty pochodzące z takich krajów jak Rosja, Rumunia, Skandynawia. Także w Polsce zaczęto sięgać po motywy kurpiowskie, góralskie i te pochodzące ze Śląska. Łowickie

detale na bombkach, dumnie wiszących na zielonej choince, ręcznie wyszywane serwetki i obrusy, to było właśnie to, co tchnęło ducha polskości w świąteczną atmosferę naszych domów.

Gęsta choinka czy kunsztowny stroik świąteczny to podstawa, jednak w tym roku cały nasz dom mógł zmienić się w leśny zakątek. Kolor zgaszonej zieleni dumnie wkroczył na parapety i kominki, otulił kanapy i fotele.

Na stole wigilijnym również zamieszkał duch lasu - gałązki igliwia i szyszki były tu szczególnie mile widziane! Jak sama nazwa mówi - leśny, a więc w aranżacjach nie mogło zabraknąć głównego leśnego surowca jakim jest drewno. Powszechne stało się wykorzystanie drewnianych akcentów przy świecznikach, bombkach, stroikach czy dekoracjach typu 3D, które wykonane były z przeróżnych rodzajów drzew. Równie często pojawiały się prawdziwe pniaki, mech i drewniane podkłady.

Co zrobić, jeśli wszystkie propozycje przykuły naszą uwagę i w każdej był jakiś element, który chcielibyśmy wykorzystać w domowej aranżacji? Tutaj otwierają się drzwi do eklektycznego skupiska, czyli im śmielsze masz pomysły, tym bardziej możesz pokazać tutaj swoją kreatywność. Punktem wyjścia dla aranżacji ma być przede wszystkim inspirujący kolaż. Mile widziana będzie karuzela odcieni takich jak: delikatny róż, odcień cytrynowy, mandarynkowy i proponowane już złoto i czerń. Barwy mają się przeplatać i burzyć kolorystyczne schematy. Co ciekawe, nie tylko barwy mają trwać w inspirującym melanżu. Można również do woli miksować desenie i wzory, a także sięgnąć po nieoczywiste materiały, na przykład folie czy kryształ. Całości ekstrawagancji mogą dodać fluorescencyjne, neonowe elementy i przesadne kształty (<https://www.homebook.pl/artykuly/4148/trendy-na-boze-narodzenie-2018>).

Literatura :

http://www.urzadzamy.pl/salon/dekoracje-swiateczne/modne-dekoracje-swiateczne-trendy-2018,163_16693.html (dostęp 9.02.2019).

<https://christmasworld.messefrankfurt.com/frankfurt/en.html> (dostęp 22.01.2019).

<https://www.forumkwiatowe.pl/trzy-swiateczne-pomysly-na-dekorowanie-malych-pomieszczen/> (dostęp 20.02.2019).

<https://www.homebook.pl/artykuly/4148/trendy-na-boze-narodzenie-2018> (dostęp 9.02.2019).

Nizińska A. 2008. *ABC Florystyki*. Hortpress

Rozdział III

Znaczenie owadów dla zrównoważonego rozwoju

Wieloaspektowe wykorzystanie owadów na przykładzie mącznika młynarka (*Tenebrio Molitor*)

Multipurpose of insects on the example of Mealworm (*Tenebrio Molitor*)

Olga Kosewska

Uniwersytet Warmińsko - Mazurki w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Studenckie Koło Naukowe Entomologów „Pasikonik”
Opiekun: dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM

Abstract

Insects are the most numerous group of animals in the world. Insects are usually perceived as pests, useful pollinators or an ordinary element of the ecosystem. However, they perform many other functions which can positively influence the protection of the environment. Insects can perform the role of the bioindicators which inform about the pollution of the soil and air. The examples of such insects are butterflies, ants and beetles from the carabid family. In addition, insects can be a source of protein in the diet, thus replacing beef and pork, production of those kinds of meat results in a much higher emission of CH₄ and NH₃ to the environment, comparing to the breeding of mealworm. Recently, insects have also been considered to be naturally utilizing the waste with the long-term biodegradation, including for example: polystyrene and polyethylene. The insect which can survive on a diet of the hard-decaying waste are: flour beetle (*Tenebriomolitor* L.).

The initial tests with the use of mealworm show the possibility of utilizing the difficult waste (polyethylene) and provide a large base for creating new waste disposal technologies respecting the natural environment. They show that larvae are able to survive and develop on a diet made of polyethylene. This confirms the hypothesis that certain species of beetles belonging to the family Tenebrionidae may feed on plastics.

Keywords: polietylen, *Tenebrio molitor*, utilization

Wstęp

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych i różnorodnych grup organizmów są owady. Występują one najliczniej na świecie i znacząco wpływają na bioróżnorodność wielu ekosystemów (Nowacki 2008). Jest to na tyle duża grupa organizmów, że cały czas wiele gatunków nie jest udokumentowanych, a te, które znajdują się w wykazie odkrytych gatunków, nie są nadal dobrze scharakteryzowane i opisane. Opisano już prawie milion gatunków owadów, a prawdopodobnie stanowi to znacznie mniej, niż połowę żyjących na świecie przedstawicieli tej gromady (Boczek i Pruszyński 2015).

Owady mogą pełnić różne role w gospodarce i życiu człowieka. Zazwyczaj kojarzą się one ze szkodnikami, pasożytami lub czymś nieprzyjemnym. Jednak mogą mieć również

pozytywne znaczenie, zarówno dla nas ludzi, ale również dla całej biosfery. Owady mogą m. in. ograniczać liczbę szkodników występujących na polach uprawnych. Większość owadów występujących wśród uprawianych roślin, nie wpływa negatywnie na ich rozwój. Tylko niewielki odsetek (5% na 100 tys. gatunków) to szkodniki. Mogą one być zwalczane poprzez zastosowanie odpowiednich środków ochrony roślin, ale możemy do tego wykorzystać również inne owady, które zniszczą populacje agrofagów, nie wpływając przy tym negatywnie na zbiory plonów (Pruszyński 2013). Przykładem owadów zwalczanych w taki sposób są larwy i poczwarki pasynka jabłonika (*Stigmella malella Stainton*) i szrotówka białaczka (*Lithocolletis blancardella Fabr.*). Są one pasożytowane i zabijane w ilości do 84% występującej populacji, a w przypadku zwójek (*Tortricidae Spp.*) do 93% (Olszak 2010).

Kolejnym ważnym zadaniem owadów jest ich rola bioindykacyjna. Wiedza o dogodnych warunkach środowiskowych różnych gatunków oraz grup owadów i wynikająca z niej znajomość ich reakcji na zmiany środowiskowe, pozwalają na określenie kierunku i stopnia przekształcenia ekosystemów. Przykładem takich biowskaźników mogą być motyle, mrówki lub chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Skibińska i Chudzicka 2000). Owady pełnią również rolę reducentów, przyczyniając się do rozkładu martwej materii organicznej. Wykorzystywane są także w medycynie sądowej. Ich określone stadia, gatunki i lokalizacja pozwalają niekiedy ustalić miejsce i czas śmierci człowieka. Stanowią też często źródło inspiracji, jako wzór czystości, pracowitości czy metod obrony przed niebezpieczeństwem. W wielu częściach świata (powoli również w naszym kraju), są źródłem pokarmu nie tylko dla zwierząt, ale też dla ludzi. Charakteryzują się często dużą zawartością białka oraz łatwością hodowli, która przynosi bardzo niewielkie straty dla środowiska, w porównaniu z hodowlą świń lub bydła. Nie należy zapominać również o ważnej funkcji owadów jako zapylaczy wielu roślin. Duża część roślin posiada zdolność do samozapylania, jednak znaczna ich część nie może obejść się bez pomocy owadów. Wśród owadów zdecydowanie najważniejszą rolę w zapylaniu roślin odgrywają pszczoły, a w obrębie tej nadrodziny pszczoła miodna (*Apis mellifera L.*), trzmiele oraz pszczoły dziko żyjące (Boczek i Pruszyński 2015).

Jednym z ważnych owadów, który pełni wiele różnych ról w środowisku jest mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*). Jest to owad, który przez większość czasu traktowany był jako szkodnik. Potrafi on jednak spełniać pozytywną rolę w środowisku i przyczyniać się do jego ulepszenia. *Tenebrio molitor* jest ciemnobrązowym chrząszczem, o długości ciała ok. 15 mm, należącym do rodziny czarnuchowatych, którego możemy spotkać w produktach zbożowych, gdzie żeruje, a w środowisku naturalnym w gniazdach ptaków i pod korą drzew liściastych

(Wiśniowski 1977). Owad ten charakteryzuje się dużą zawartością białka, dzięki czemu może być też wykorzystywany jako karma dla zwierząt (Ramos-Elorduy i in. 2002; Weiner i in. 2018) oraz jako alternatywne źródło białka dla ludzi, np. w postaci koktajli lub batonów proteinowych (Siemianowska i in. 2013). Larwa mącznika młynarka, podobnie jak owad dorosły, żywi się głównie produktami zbożowymi, ale jest w stanie przeżyć na diecie składającej się z tworzyw sztucznych, np. styropianu, który potrafi rozłożyć na składniki biodegradowalne. Dlatego może być również wykorzystywany jako naturalny utylizator odpadów o długim okresie biodegradacji. Badania nad utylizacją odpadów z tworzyw sztucznych przez mącznika młynarka, pojawiły się już w latach 2000, były to jednak badania pilotażowe prowadzone przez uczniów szkół średnich oraz gimnazjów niepublikowane w czasopismach naukowych, przez co nie wzbudziły zainteresowania świata naukowego (Yang i in. 2018a). Obecnie możliwość degradacji tworzyw sztucznych przez owady, w tym mącznika młynarka jest oficjalnie potwierdzona. Zarówno badania przeprowadzone w ramach niniejszej pracy oraz badania wielu uczonych zajmujących się tą dziedziną, wskazują na możliwość zastosowania mącznika młynarka jako utylizatora odpadów z tworzyw sztucznych.

Cel i metodyka badań

Celem pracy była analiza wieloaspektowego wykorzystania owadów na przykładzie mącznika młynarka *Tenebrio molitor*, w tym głównie jako utylizatora odpadów o długim okresie biodegradacji – folia (polietylen). Analiza ta została wykonana poprzez ocenę parametrów biometrycznych, po karmieniu larw odpadami polietylenowymi.

Eksperyment laboratoryjny z mącznikiem młynarkiem polegał na żywieniu larw folią – polietylenem oraz płatkami owsianymi, a następnie analizie ich parametrów biometrycznych mierzonych w trakcie trwania eksperymentu. Skarmianie mącznika trwało od 15.06.2018 r. do 23.08.2018 r. Larwy pochodziły z hodowli Katedry Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Wyselekcjonowano po 100 larw w jednakowej fazie rozwojowej, które nanoszono na przygotowane wcześniej podłoża składające się z polietylenu w postaci rozdrobnionej folii barwionej (5 g / pojemnik 1 dm³) i płatków owsianych –(20 g / pojemnik 1 dm³), jako podłoża kontrolnego. Folia została rozdrobniona, w celu ułatwienia spożywania jej przez larwy Założono też doświadczenia, gdzie do badanych podłoży, dodano ok 1% suszu wywarowego, powstającego podczas produkcji bioetanolu (DDGS), aby zapewnić dodatkowe źródło azotu. Eksperyment prowadzono w trzech powtórzeniach dla każdego podłoża (4 kombinacje × 3 powtórzenia x 100 larw). Do pojemników z zewnętrznym źródłem azotu dodano 0,05 g DDGS do folii i 0,2 g do płatków

owsianych, co stanowiło 1% masy początkowej podłoża. Hodowla larw mącznika młynarka na przygotowanych podłożach trwała 10 tygodni. Co 14 dni przeprowadzano pomiary masy podłoża i larw oraz liczebności owadów w poszczególnych stadiach rozwojowych. Temperatura w pomieszczeniu, w którym przeprowadzano eksperyment wynosiła średnio 27,7°C, natomiast wilgotność była na poziomie 43,5%. Pomiaru temperatury i wilgotności dokonano przy użyciu stacji meteorologicznej EMOS E 4971.

Wyniki i dyskusja

W wyniku przeprowadzonej analizy biometrycznej mącznika młynarka trwającej 70 dni, nastąpił wzrost średniej masy larwy w obu typach zastosowanej diety (folia oraz płatki owsiane). Zaobserwowano również, że średnia masa larwy była wyższa w wariantach z dodatkiem do podłoża źródła azotu (DDGS) (Tab. 1).

Tabela 1. Średnia masa [w mg] 1 larwy *Tenebrio molitor* na początku i na zakończenie doświadczenia

Dzień hodowli	Folia		Płatki owsiane	
	Z DDGS	Bez DDGS	Z DDGS	Bez DDGS
1	47,20	42,65	50,60	54,78
70	61,15	57,63	63,08	61,72

Źródło: Opracowanie własne.

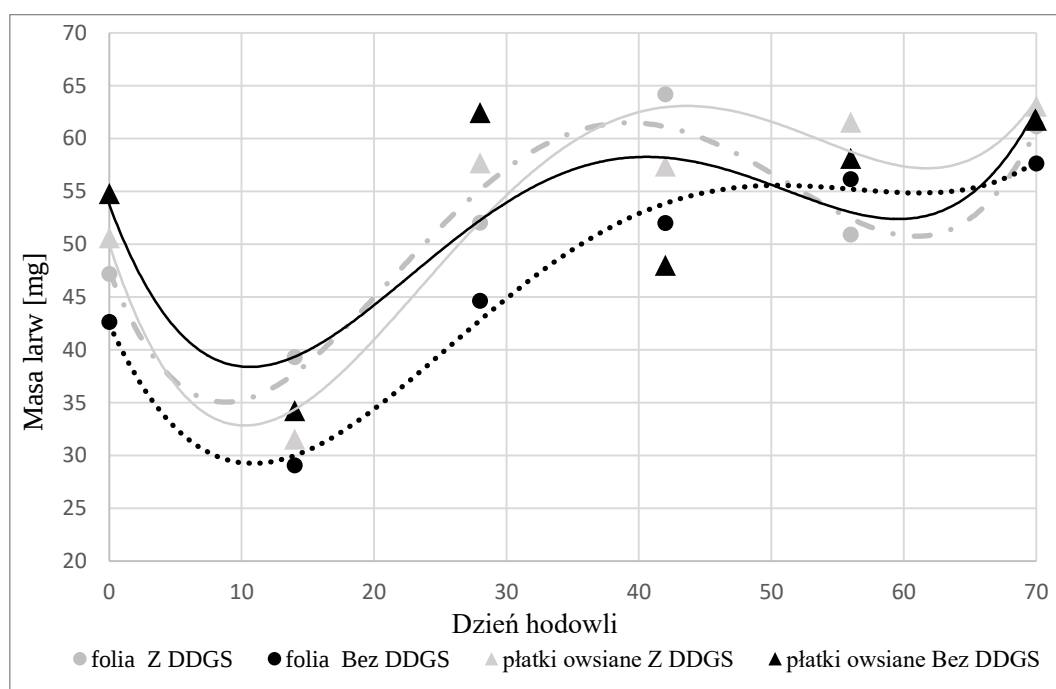
Podczas analizy wykonanych pomiarów, uwidocznił się specyficzny trend. Niezależnie od zastosowanej diety, masa larwy zmniejszała się do około 10 dnia trwania hodowli. Następnie zaobserwowano wyraźny wzrost masy do około 40 dnia trwania hodowli. Po tym czasie cykl powtarzał się w 3 z 4 badanych wariantów (płatki owsiane z dodatkiem DDGS i bez dodatku DDGS oraz folia bez dodatku DDGS). Masa średnia jednego owada spadała przez okres około 15 dni, po czym wzrastała ponad wagę osiągniętą przed fazą spadku. Masa średnia jednej larwy żywionej folią, była o 3% mniejsza w obiekcie z DDGS i o 6% mniejsza w obiekcie bez DDGS, w porównaniu do obiektów z płatkami owsianymi. Nie jest to znacząca różnica, dlatego można stwierdzić, że larwy mącznika młynarka, są w stanie przetrwać na diecie złożonej z folii (Rys. 1).

Zewnętrzne źródło azotu wpłynęło na lepsze utrzymanie średniej masy jednej larwy w obu badanych obiektach (Tab.1, Rys. 1). Potwierdzone to również zostało przez Yang i in. (2018a), którzy stwierdzili, że tempo degradacji odpadu o długim okresie biodegradacji

w obiekcie z dodatkiem otrąb (źródło azotu), było dwa razy większe, niż kiedy owady żywione były samym odpadem.

Analizując wyniki masy larwy na diecie foliowej widać, że lepsze wyniki zostały osiągnięte dla podłoża składającego się z foli z dodatkiem DDGS. Bez tego dodatku, linia trendu jest mniej zmienna, jednak larwy osiągały mniejsze masy, co nie jest pozytywnym objawem.

Rysunek 1. Trend zmiany masy 1 larwy mącznika młynarka w czasie trwania doświadczenia



Źródło: Opracowanie własne.

Analizując zmiany masy podłoża, na którym żerowały larwy mącznika młynarka, stwierdzono zmniejszenie masy każdego testowanego podłoża, co świadczy o zjedaniu ich przez owady. Największy ubytek pokarmu wystąpił w kombinacji kontrolnej z płatkami owsianymi, które są typowym pożywieniem dla mącznika pokarmie (31.7% – czyste płatki, 32.7% – płatki z dodatkiem DDGS) (Tab. 2). Folia nie jest pokarmem typowym, jednak larwy posiadają zdolność jej trawienia. Proces ten może być zbliżony do procesu trawienia styropianu, który został opisany przez uczonych i przebiega w następujących etapach: w pierwszej kolejności materiał jest rozdrabniany poprzez żucie go przez larwy, następnie rozdrobniony trafia dalej w głąb przewodu pokarmowego mącznika, gdzie rozdrobnione tworzywo zwiększa swoją powierzchnię właściwą. To pozwala na lepszy kontakt materiału z enzymami i mikroorganizmami znajdującymi się w przewodzie pokarmowym owada. W ten sposób

dochodzi do reakcji rozpadu pod wpływem enzymów, w wyniku której otrzymujemy fragmenty małowcząsteczkowe. Energia uzyskana z rozkładu styropianu, służy do zwiększenia biomasy larwy. Podczas reakcji rozpadu styropianu, oprócz energii napędowej do rozwoju larwy, otrzymuje się również ditlenek węgla oraz niestrawione cząstki, które wydalone są przez larwę w postaci kału (Yang i in. 2015).

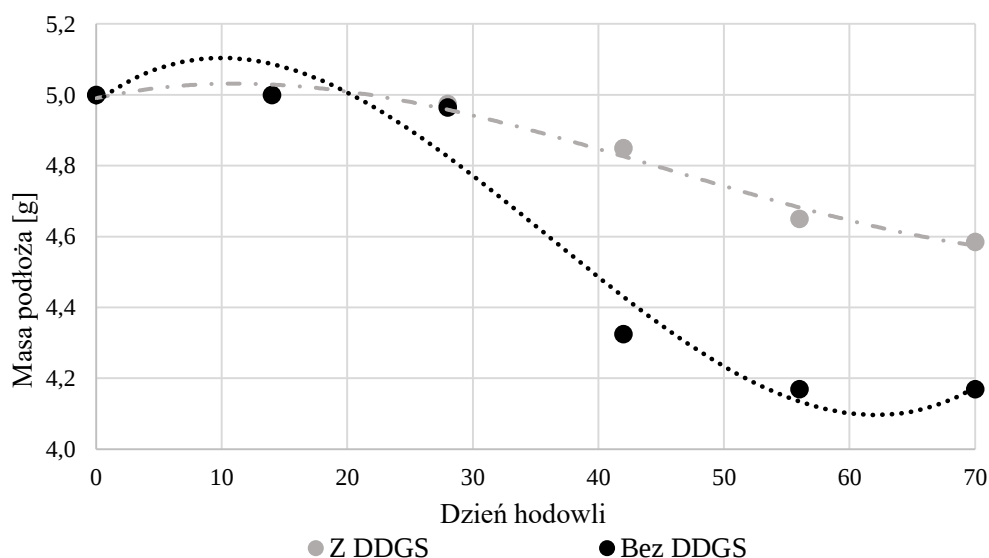
Tabela 2. Masa podłoża [w g] na początku i na zakończenie doświadczenia

Dzień hodowli	Folia		Płatki owsiane	
	Z DDGS	Bez DDGS	Z DDGS	Bez DDGS
1	5,00	5,00	20,00	20,00
70	4,59	4,17	13,67	13,47

Źródło: Opracowanie własne.

W diecie zawierającej składniki, które nie są naturalnym pokarmem dla mącznika młynarka, największy ubytek masy zauważono w przypadku folii bez dodatku DDGS (zmniejszenie masy podłoża o 16,6%) (Rys. 2).

Rysunek 2. Trend ubytku masy folii w czasie trwania doświadczenia



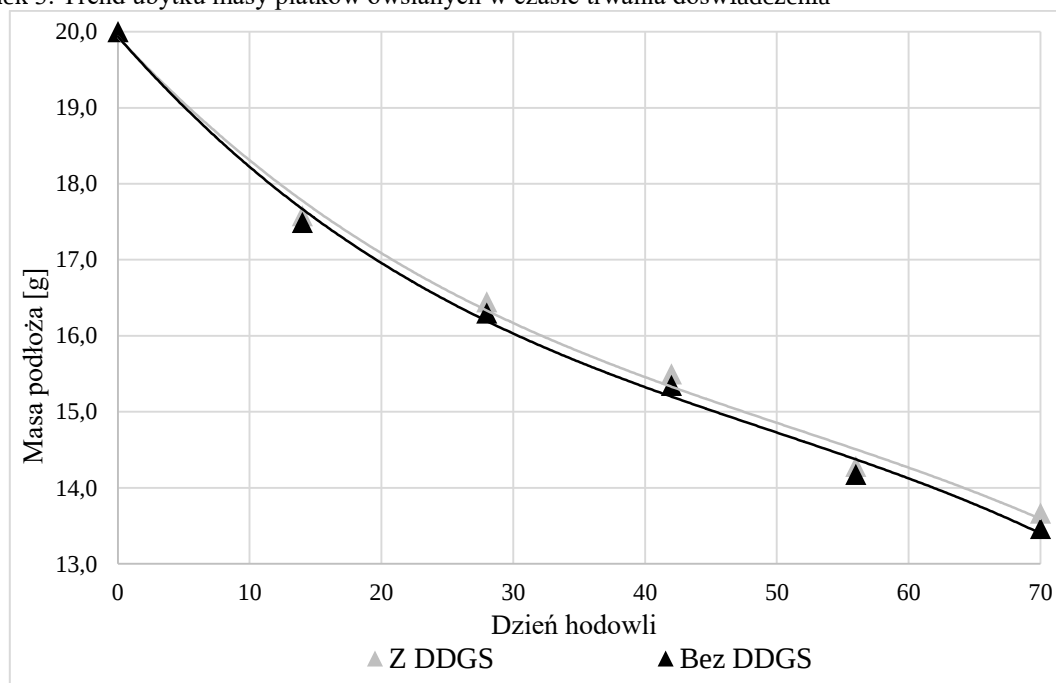
Źródło: Opracowanie własne.

Wynik ten świadczy o dużej żarłoczności larw, które tam występowały. Wskazuje to również na dużą tolerancję przez nie nowego pokarmu. Biorąc jednak pod uwagę ich liczebność, to w wariancie z folią bez DDGS, była ona najmniejsza (Rys. 4), co w przyszłości

mogłoby doprowadzić do wymarcia całej hodowli, żywiącej się wyłącznie samą folią. Nie będzie to zjawisko korzystne, ponieważ wykluczy to trawienie przez larwy kolejnych porcji polietylenu (folii) i wymusi odnowienie hodowli.

Największe zmniejszenie masy płatków owsianych zanotowano po 14 dniach (pierwszy pomiar) i wynosiło 2.42 g - płatki z DDGS i 2.51 g - płatki bez dodatku. W czasie kolejnych pomiarów, wykonywanych co 2 tygodnie, rejestrowane spadki były podobne – średnio 1g zarówno w przypadku płatków z dodatkiem, jak i bez dodatku. Obliczone linie trendu wskazały na równomierne zmniejszenie masy podłoża w obydwu kombinacjach z płatkami owsianymi (z dodatkiem DDGS i bez DDGS) (Rys. 3).

Rysunek 3. Trend ubytku masy płatków owsianych w czasie trwania doświadczenia



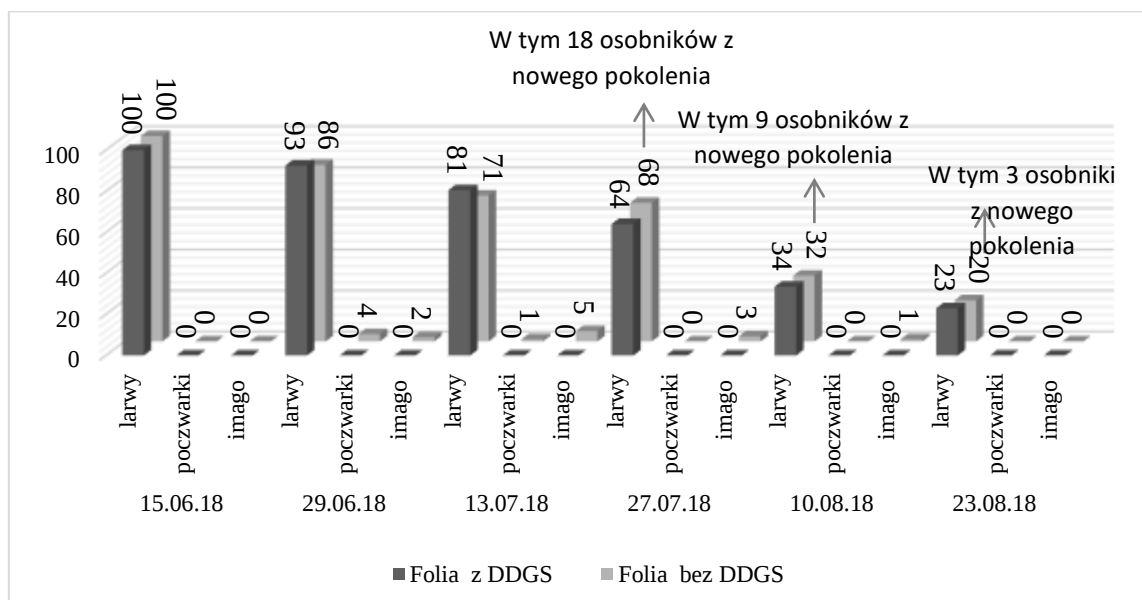
Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku skarmiania larw folią, cykl rozwojowy został znacząco przyspieszony. Podczas trzeciego pomiaru kontrolnego pojawiły się osobniki z nowego pokolenia. Niestety, ze względu na niekorzystne warunki środowiska oraz zjawisko kanibalizmu, tylko niewielka część młodych larw przetrwała (Rys. 4). Kanibalizm u mącznika młynarka jest zjawiskiem powszechnym, trudnym do eliminacji zwłaszcza w sytuacji, kiedy larwom brakuje składników pokarmowych lub gdy są one narażone na sytuacje stresowe (Škrabalová 2011). Nowe pokolenie larw, które pojawiło się podczas trzeciego pomiaru kontrolnego, stanowiło 26% wszystkich larw. Podczas kolejnego pomiaru udział ten stanowił 28%, natomiast w ostatnim

pomiarze, ich ilość zmalała jedynie do 10%. Związane było to prawdopodobnie z tym, że przetrwały jedynie najsilniejsze osobniki, w nowym jeszcze obcym dla mącznika młynarka, środowisku (Rys. 4). Potwierdza to jednak zdecydowanie możliwość pojawienia się nowych pokoleń w środowisku nienaturalnym dla owada, co również wpłynie pozytywnie na tolerancję środowiska foliowego przez przyszłe pokolenia larw. Badania naukowe prowadzone m. in. przez Yang i in. (2018b) wykazały, że kolejne pokolenia larw, skarmianych odpadami z tworzyw sztucznych, coraz lepiej tolerowały nowy pokarm, dzięki czemu zainicjowano możliwość stworzenia selektywnej hodowli larw mącznika młynarka (Rys. 4).

W przypadku odżywiania folią, dodatek DDGS przedłużał występowanie owada w stadium larwalnym. Cykl rozwojowy larw był wtedy w mniejszym stopniu skrócony, niż gdy larwy bytowały na podłożu bez dodatku DDGS (Rys. 4). Skrócenie cyklu można zinterpretować jako jedną ze strategii przetrwania w mniej korzystnych warunkach środowiska. Budżet energetyczny owada jest ograniczony, zatem im mniej składników pobierze ze środowiska, tym szybciej będzie się przepoczwarział i będzie osiągał mniejsze rozmiary, aby zachować cykl reprodukcyjny (Kozłowski 1991).

Rysunek 4. Liczebności osobników mącznika młynarka żywnego folią w różnych stadiach rozwojowych



Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Owady są grupą organizmów, którą możemy wykorzystywać w wielu dziedzinach naszego życia. Mogą to być zarówno bioindykatory, jak również utylizatory odpadów problematycznych. Na podstawie badań, dało się stwierdzić, że folia (polietylen) jest

rozkładana przez larwy mącznika młynarka, co potwierdziło hipotezę jakoby pewne gatunki spośród chrząszczy należących do rodziny czarnuchowatych, mogą żywić się nie tylko produktami mącznymi. Nie jest to dieta idealna, ale umożliwia ich przetrwanie i rozwój. Dlatego, aby móc wykorzystać mącznika młynarka do utylizacji odpadów z tworzyw sztucznych, należy wprowadzić w życie kilka innowacji i udogodnień, pozwalających na sprawniejszy rozwój i działalność owada. Nie należy zapominać, że jest to technologia oparta na wykorzystaniu żywych organizmów, dlatego nie jesteśmy w stanie dokładnie określić idealnych warunków do utylizacji odpadów przez mącznika. Część elementów otoczenia powinna być dynamiczna i zmienna, co pozwoli na wypracowanie (po pewnym czasie) najlepszej technologii, w tak innowacyjnym i „młodym” temacie jakim jest utylizacja odpadów przez owady.

Podsumowując, wykonane badania pozwalają na wysnucie kilku wniosków:

- Mącznik młynarek jest w stanie trawić polietylen.
- Dodatek zewnętrznego źródła azotu w postaci DDGS, pozytywnie wpływa na masę pojedynczej larwy odżywiającej się nietypowym pokarmem, jakim jest folia-polietylen, poprawiając kondycję populacji owadów i zwiększając tym samym możliwości utylizacji odpadu.
- Przy zapewnieniu odpowiednich warunków, istnieje możliwość wykorzystania larw mącznika młynarka jako utylizatora odpadów polietylenowych, co byłoby ważnym elementem wspomagającym ochronę naszej planety.

Literatura

- Boczek J. I Pruszyński G. 2015. *Pozytywna rola owadów w gospodarce i życiu człowieka*. ZDR. 1(79): 98-105.
- Kozłowski J. 1991. *Optimal energy allocation models - an alternative to the concepts of reproductive effort and cost of reproduction*. Acta Oecolog. 12: 11-33.
- Nowacki J. 2008. *Ochrona owadów jako istotny element ochrony różnorodności biologicznej*. Wiad. entomol. (27): 77-88.
- Olszak R. W. 2010: *Rola pasożytów błonkoskrzydłych w redukcji liczebności szkodników sadów*. Prog. Plant Protec./Post. Ochr. Roślin 50(3): 1095-1102.
- Plastics recycling with microbes and worms is further away than people think*. <https://cen.acs.org/environment/sustainability/Plastics-recyclingmicrobes-worms-further/96/i25> 4.03.19r.
- Pruszyński S. 2013: *Postępy w badaniach i wykorzystanie entomofagów w integrowanej ochronie roślin*. Prog. Plant Protec./Post. Ochr. Roślin 53(2): 327-332.

- Ramos-Elorduy J., González E. A., Hernández A. R., Pino J. M. 2002. *Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens*. J Econ Entomol. 95 (1) : 214-220.
- Robale w Robakowie pod Poznaniem - pierwsza w Polsce fabryka insektów. Magazyn Poznański. <http://poznan.wyborcza.pl/poznan/1,105531,19477818,robaki-w-robakowie-pod-poznaniem-pierwsza-w-polsce-fabryka.html>.
- Siemianowska E., Kosewska A., Ajewicz M., Skibiniewska K., Polak-Jaszczyk L., Jarocki A., Jędras M. 2013. *Larvae od mealworm (Tenebrio molitor L.) as European novel food*. Agri. Sci.. (4) 6: 287-291.
- Skibińska E. i Chudzicka E. 1999. *Owady w monitoringu przyrodniczym*. Wiad. entomol. 18 (2): 289-302.
- Škrabalová B. i Vlk R. 2011. *Vytvoření webové stránky zaměřené na chov hmyzu, entomofágii a přežití v přírodě*. Masarykova Univerzita Pedagogická Fakulta Katedra Biologie, ss.104.
- Weiner A., Paprocka I., Kwiatek K. 2018. *Wybrane gatunki owadów jako źródło składników odżywczych w paszach*. Życie Weterynaryjne. 93(7): 499-504.
- Wiśniowski K. 1977. *Towaroznawstwo produktów spożywczych*. WSiP. Warszawa ss. 382.
- Yang J., Wu W., Zhao J., Yang R. 2015. *Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests*. Environ. Sci. Technol., 49 (20): 12080–12086. DOI: 10.1021/acs.est.5b02661.
- Yang S. S., Brandon A. M., Xing D. F., Yang J., Pang J. W., Criddle C. S., Ren N. Q., Wu W. M. 2018A. *Progresses in Polystyrene Biodegradation and Prospects for Solutions to Plastic Waste Pollution*. IOP Conference Series: EES. 150: 1-10. doi :10.1088/1755-1315/150/1/012005.
- Yang S.-S., Brandon A. M., Flanagan J. C. A., Yang J., Ning D., Cai S.-Y., Fan H.-Q., Wang Z.-Y., Ren J., Benbow E., Ren N.-Q., Waymouth, R. M., Zhou J., Criddle C. S., W.-M.Wu. 2018B. *Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of Tenebrio molitor Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle*. Chemosphere. 191: 979989. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.117>.

Inwentaryzacja entomofauny zimującej w Lesie Strachocińskim – Wrocław

Inventory of overwintering entomofauna in Strachocinski Forest – Wrocław

Magda Gorczyca
Jacek Ferdynus
Małgorzata Kuczyńska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Studenckie Koło Naukowe Entomologów "Skorek"
Opiekunowie: dr hab. inż. Jacek Twardowski,
mgr inż. Marcin Cierpisz, mgr inż. Paweł Najgebauer

Abstract

Winter inventory of overwintering insects in Strachociński Forest to cognize as best as we can species living in this area was carried from December 2018 to March 2019. Strachociński Forest is one of the most biodiverse areas in big city which is Wrocław. It is located on the eastern part of the city on the border with Łany village, between Odra river and Wojnów – Strachocin districts. The low oak-hornbeam wood mostly with *Quercus robur* L. and *Carpinus betulus* L. with long meadow and few ponds in it made great living conditions for rare species of birds, plants and insects, so scientific observations started here in XIX century. For example there were (Carabidae) *Carabus sccheidlerii preysleri* noticed here first time in Poland and (Chrysomelidae) *Longitarsus callidus* is known in Poland only in Strachociński Forest. Also there are made long - term studies of Cerambycidae or some families of Lepidoptera but still there is no complete description about insects living here.

There were four observations and collections made during winter, ca one per month. In the field were used such methods of beetle collection like collection on sight and naming in the field or taking photo. Barber traps in four locations were used too. From time to time it was necessary to take touchwoods' specimens and name insects in laboratory.

22 species were named from Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Hymenoptera and Dermaptera, most saproxylic, e.g. rare and endangered *Lacon querceus* or living in basidiocarps *Diaperis boleti*. Species noticed earlier weren't found. Many species are still waiting for recognize, i. a. from Staphylinidae or Cicadidae families. It is needed to continue the inventory for the rest of year and use more catching methods, especially light and Moericke traps. Because of many species appear every few years it's good to do inventory few seasons continuously to have the best knowledge about insects' species composition in discussed area.

Keywords: insecta, Strachociński Forest, inventory, saproxylics, Poland

Wstęp

Las Strachociński jest położony między wschodnią granicą Wrocławia a miejscowością Łany. Znajduje się on pomiędzy osiedlami Strachocin i Wojnów, a rzeką Odrą. Osiedla oddziela pas wałów przeciwpowodziowych - Grobla Janowicko-Swojczycka. Obszar leśny tego stanowiska zajmuje ponad 130 ha (Guziak 2002; Wójcik 2006; Reda 2013). Obydwie części

lasu mają owalny kształt, co prawdopodobnie jest skutkiem działalności meandrującej Odry. Wschodnia, większa część nazwana została "Las Strachoty", zachodnia "Gaj", a później "Smoczy Las". Obie nazwy nawiązują do lokalnej legendy. Część Lasu objęto programem Natura 2000, tworząc obszar specjalnej ochrony ptaków – "Grądy Odrzańskie".

Las przedzielają: niewielka rzeka Piskorna, długi pas śródleśnej roślinności łąkowej oraz kilka niewielkich zbiorników wodnych - starorzeczy Odry (Reda 2013). Podstawę drzewostanu stanowią niskie grądy, przechodzące w łęg jesionowo-wiązowy, z dominującymi dębem szypułkowym (*Quercus robur* L.) i grabem zwyczajnym (*Carpinus betulus* L.). Występują tu też nasadzenia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) (Wójcik 2006). Bogactwo ekosystemów badanego terenu oraz fakt, że wschód miasta w historii jego rozwoju został najpóźniej zurbanizowany, sprzyjało rozwojowi rzadkich w skali kraju lub nienotowanych nigdzie indziej gatunków roślin, ptaków i owadów, tudzież całych zbiorowisk roślinnych (Guziak 2002).

Od końca XIX wieku w Lesie Strachocińskim prowadzone są liczne obserwacje przyrodnicze (Guziak 2002), które najpierw skupiały się głównie na ptakach związanych z siedliskiem wodnym i wodno - lądowym i roślinach naczyniowych, a po II wojnie światowej, również na wybranych bezkręgowcach. Człowiek, poprzez swoją działalność na przestrzeni lat – regulacja koryta rzeki, osuszenie łąk, cięcia przeciwpowodziowe i usunięcie części martwego drewna, doprowadził po części do zubożenia biocenozy i zmian w jej składzie (Reda 2013).

Pomimo niekorzystnych działań wymienionych powyżej, Las pozostaje niezbadanym do końca bogactwem entomologicznym. Dotychczas przeprowadzono na szerszą skalę wieloletnie badania nad składem gatunkowym chrząszczy z rodziny kózkowatych (*Cerambycidae*), w których wykazano kilkanaście rzadkich lub bardzo rzadkich gatunków w skali kraju oraz oznaczono nowe gatunki dla tego stanowiska lub całego Wrocławia (Szczepański i in. 2017). Dość dobrze poznano też skład gatunkowy motyli z różnych rodzin, np. modraszkowatych (*Lycaenidae*) czy płożkowatych (*Oecophoridae*) (Buszko 1992; Guziak 2002). Ponadto na terenie Lasu stwierdzono jedyne znane stanowisko w Polsce chrząszcza z rodziny stonkowatych (*Chrysomelidae*) *Longitarsus callidus* (Guziak 2002).

Cel i metodyka badań

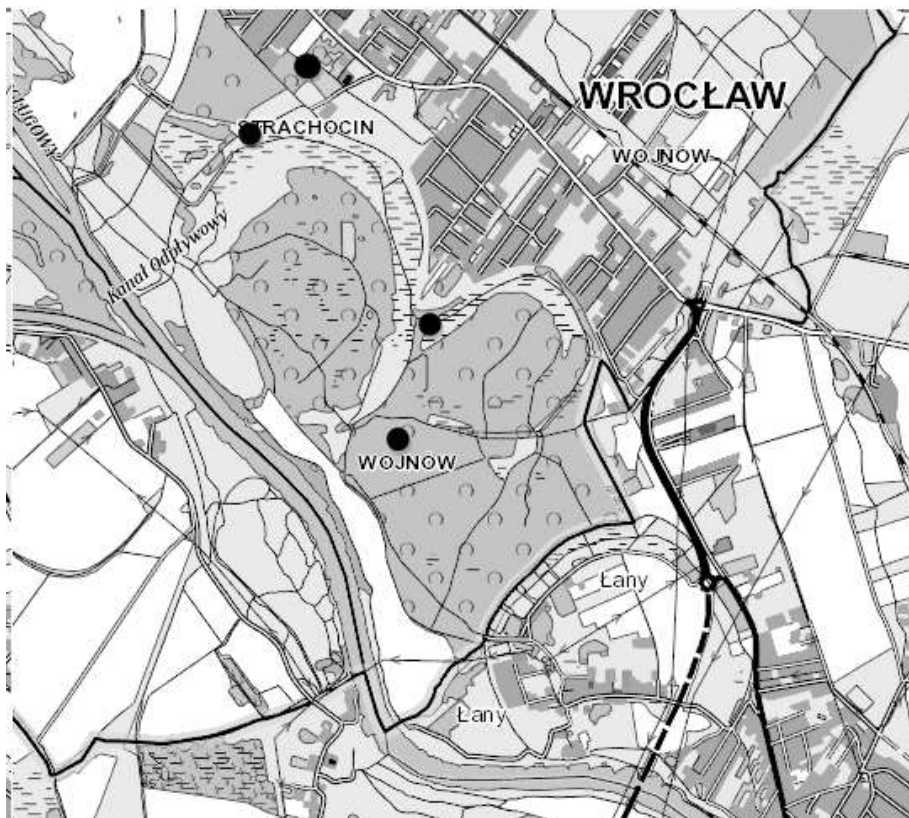
Celem inwentaryzacji było stworzenie jak najszerszego opracowania składu gatunkowego wraz z wykazem siedlisk ogólnej entomofauny Lasu Strachocińskiego, a więc

złowionych okazów z gromady owadów (*Insecta*). Projekt rozpoczęto w grudniu 2018 roku i zakłada się, że będzie on kontynuowany do grudnia 2019.

Do marca 2019 roku prowadzono obserwacje i odłowów owadów zimujących metodą „na upatrzonego” w próchnowiskach, ściółce i hubach. Owady w miarę możliwości fotografowano i oznaczano przyżyciowo. W uzasadnionych przypadkach pobierano próby próchnowisk wraz z zasiedlającymi je owadami do oznaczenia w laboratorium. Założono też cztery pułapki typu Barbera oraz monitorowano starą pułapkę nadrzewną, odławiającą owady wędrujące po pniu założoną przez Nadleśnictwo Oława, do którego należy Las. Pominęto gatunki pospolite dla całego kraju. Okazy dowodowe znajdują się w Zakładzie Entomologii Rolniczej w Katedrze Ochrony Roślin Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W ramach badań, przeprowadzono cztery terenowe wyjścia w okresie zimowym (mniej więcej raz na miesiąc), przy których pracowali: mgr inż. Marcin Cierpisz, mgr inż. Paweł Najgebauer, Małgorzata Kuczyńska, Szymon Pająk, Jacek Ferdynus, Kamila Kluczek, Magda Gorczyca i Marcin Atraszkiewicz.

Rysunek. 1 Teren prowadzonej inwentaryzacji w skali 1:25000. Czarnymi kropkami zaznaczono zbadane stanowiska.



Źródło: <http://mapy.geoportal.gov.pl> z dn. 07.03.2019.

Wyniki

W tabeli 1 zestawiono sumarycznie oznaczone między 12 grudnia, a 28 lutego gatunki zimujące w Lesie w próchnowiskach i hubach. Szczegółowo natomiast omówiono najciekawsze zdaniem autorów oznaczone gatunki.

Tabela 1 Oznaczone owady zebrane w okresie 12.12.2018-28.02.2019

Rodzina	Liczba gatunków
Chrząszcze (Coleoptera)	
Biegaczowate (Carabidae)	5
Omarlicowate (Silphidae)	2
Zgniотkowate (Cucujidae)	1
Poświętnikowate (Scarabaeidae)	2
Czarnuchowate (Tenebrionidae)	3
Ryjkowcowate (Curculionidae)	1
Sprężykowate (Elateridae)	1
Ścierowate (Mycetophagidae)	1
Blonkoskrzydłe (Hymenoptera)	
Osowate (Vespidae)	1
Gąsienicznikowate (Ichneumonidae)	1
Pluskwiaki (Hemiptera)	
Korowcowate (Aradidae)	1
Tasznikowate (Miridae)	1
Skorki (Dermaptera)	
Skorkowate (Forficulidae)	1
Motyle (Lepidoptera)	
Geometridae	1

Źródło: Opracowanie własne.

Grzybiec *Bolitophagus reticulatus* (L. 1767) (Rodzina: Tenebrionidae – Czarnuchowate (Coleoptera)) to gatunek notowany w większości krain w Polsce (Marczak i in. 2010), prowadzący skryty tryb życia (Midtgaard 1998, Knutsen 2000). Żywi się hubiakiem pospolitym (*Fomes fomentarius* L.) (Midtgaard 1998), najczęściej więc można go spotkać w starych

drzewach liściastych. Z uwagi na długi dostęp do pożywienia, owad ten funkcjonuje w stosunkowo stabilnym środowisku i wydaje kilka pokoleń na tym stanowisku, imago dożywa 4 lat. (Knutsen 2000). Na gatunku często można zauważyć skupiska roztoczy w zagłębieniach pokryw, które wykorzystują chrząszcza jako środek transportu (Janzon 2014), co przedstawiono na rysunku 2. Oznaczono za pomocą klucza Stebnickiej (1991).

Rysunek 2. *Bolitophagus reticulatus* z widocznymi roztoczami *Astigmata* sp. (Janzon 2014)



Źródło: Josef Dvořák, <https://www.biolib.cz/en/image/id93120/>.

Borzewka *Diaperis boleti* (L. 1758) (Rodzina: Tenebrionidae – Czarnuchowate (Coleoptera)) to gatunek żyjący w grzybach nadrzewnych, głównie drzew liściastych. Charakteryzuje się dużą zdolnością dyspersji, gdyż z powodu cyklu życia grzybów żywicielskich, co roku zasiedla nowe miejsce (Oleksiak 2014). Wyróżnia się silnym charakterystycznym zapachem, przywodzącym na myśl środowisko życia tego gatunku. W Europie notowany jako jedyny gatunek z rodzaju *Diaperis*. Oznaczony za pomocą klucza Stebnickiej (1991).

Lacon querceus (Herbst 1784) (Rodzina: Elateridae – Sprężykowate (Coleoptera) to drapieжник, którego larwy polują na larwy innych owadów saproksylicznych. Żyje on w próchnowiskach zamierających starych dębów (Buchholz 2008). Umieszczony na „Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce” jako zagrożony wyginięciem (Czerwona lista... 2002). W wyniku usuwania martwego drewna oraz zagrzybionych

dziuplastych drzew z terenów zielonych, gatunek traci swoje siedliska, z którymi jest bardzo silnie związany (Burakowski 1996). Oznaczono z kluczem Tarnawskiego i Buchholza (2008).

Dyskusja

W pracy wykazano gatunki charakterystyczne dla starodrzewów liściastych, silnie związane z próchniejącym, obumierającym drewnem (Burakowski 1996; Oleksa 2014). Były one notowane wcześniej (opracowania sięgające początku XX w.) na Dolnym Śląsku (Smolis i in. 2016), jednak nie znaleziono pracy, która wskazywałaby konkretnie na omówione stanowiska. Nie odnotowano zimujących form wcześniej wskazywanych w Lesie Strachocińskim rzadkich gatunków (Guziak 2002; Szczepański i in. 2017; Buszko 1992), jednak przypuszcza się, że to z powodu zbadanej zbyt małej liczby stanowisk oraz okresowego pojawiania się niektórych gatunków.

Na podstawie skompletowanego do tej pory materiału można stwierdzić, że stan entomofauny Lasu Strachocińskiego jest zadowalający i wart dalszych badań. Jako jeden z niewielu ekosystemów na terenie Wrocławia, względnie nieuporządkowanych i bogatych w próchnowiska (Reda 2013), stanowi cenne siedlisko dla owadów saproksylicznych oraz wszystkich innych gatunków związanych z nimi, w tym parazytoidów.

Podsumowanie

W okresie od grudnia 2018 roku do lutego 2019 roku oznaczono łącznie 22 gatunki owadów zimujących w próchnie z rzędów Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Hymenoptera i Dermaptera, z pominięciem gatunków kosmopolitycznych. Do dnia 8 marca nie oznaczono jeszcze wielu przedstawicieli innych rodzin z pobranych prób z tego okresu, w tym m. in. kusakowatych (Staphylinidae) czy piewikowatych (Cicadidae), a także rzędu muchówek (Diptera). Ze względu na fakt, że część gatunków pojawia się fluktuacyjnie co kilka lat (Szczepański i in. 2017), aby stworzyć pełniejszy obraz entomofauny Lasu Strachocińskiego, należałoby monitorować go regularnie przez kilka sezonów z rzędu. Zdecydowanie należy urozmaicić sposób połowu owadów, przede wszystkim o naczynia kolorowe oraz pułapki świetlne i kontynuować monitoring entomofauny przez resztę roku.

Rozpoczęta w grudniu inwentaryzacja przez studentów Koła Naukowego „Skorek” jest działaniem rozwijającym na wielu płaszczyznach. Angażując się w prace nad Lasem Strachocińskim, można zapoznać się ze specyfiką pracy entomologa, zaczynając od rozmaitych sposobów połowu, poprzez biologię danych gatunków czy grup związanych z określonym

środowiskiem, na posługiwaniu się kluczami i taksonomii kończąc. Zgromadzone wyniki i wiedza, dają szansę na prowadzenie w przyszłości badań pod wieloma kątami, np. ekologii czy entomologii leśnej. Położenie Lasu jest również zachęcające, ponieważ mieści się on niedaleko kampusu Uczelni oraz jest dobrze skomunikowany z resztą miasta.

Literatura

- Buchholz L. 2008. *Sprężyki (Coleoptera: Elateridae, Eucnemidae, Throscidae) rezerwatu leśno-stepowego "Bielinek" nad Odr - charakterystyka i geneza fauny*. Wiadomości entomologiczne, 27(4): 195-258.
- Burakowski B. 1996. *Uwagi i spostrzeżenia dotyczące chrząszczy (Coleoptera) żyjących w próchnowiskach*. Wiadomości entomologiczne, 15(4): 197-206.
- Buszko J. 1992. *Nowe dla fauny Polski i rzadko spotykane gatunki Depressariinae (Lepidoptera, Oecophoridae)*. Wiadomości entomologiczne, 2(2).
- Głowaciński Z. (red.). 2002. *Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce, Suplement*. Kraków: Instytut Ochrony Przyrody PAN.
- Guziak A. 2002. *Biosfera. XI. osiedla Swojczyce, Strachocin, Wojnow.* [w:] W K. Smolnicki, M. Szykasiuk (Red.), *Informator o stanie środowiska Wrocławia 2002*. Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław: 88-89.
- Janzon, L.A. 2014. *Bugs Up Close: A Magnified Look at the Incredible World of Insects*. Skyhorse.
- Knutsen H., Rukke B.A., Jorde P.E., Ims, R.A. 2000. *Genetic differentiation among populations of the beetle Bolitophagus reticulatus (Coleoptera: Tenebrionidae) in a fragmented and a continuous landscape*. Heredity: 84, 667–676.
- Marczak D., Lasecki R., Mroczyński R. 2010. *Materiały do poznania rozmieszczenia chrząszczy z rodziny czarnuchowatych (Coleoptera: Tenebrionidae) w Polsce*. Wiadomości entomologiczne, 29(4): 273-281.
- Midtgaard F., Rukke B., Sverdrup-Thygeson A. 1998. *Habitat use of the fungivorous beetle Bolitophagus reticulatus (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of basidiocarp size, humidity and competitors*. European Journal of Entomology, 95(4): 559-570.
- Oleksa A. 2014. *Weak isolation by distance in Diaperis boleti, a fungivorous saproxylic beetle*. Journal of Insect Science (Online), 14(109).
- Reda P. 2013. *Las Strachociński*. [w:] Szopińska W E. (red.), *Leksykon zieleni Wrocławia Via Nova*, Wrocław: 653-654.
- Smolis A., Szczepański W.T., Kadej M., Szczepański W., Malkiewicz A., Zając K., Dariusz T. 2016. *Przyczynek do poznania rozszedlenia wybranych gatunków saproksylicznych chrząszczy (Insecta, Coleoptera) na Dolnym Śląsku*. Przyroda Sudetów 19: 87-114.
- Stebnicka, Z. 1991. *Czarnuchowate –Tenebrionidae, Boridae*. Klucze do oznaczania owadów Polski, XIX(91): 94.
- Szczepański W.T., Szczepański W., Czerwiński S., Woźniak A. 2017. *Kózkowate (Coleoptera: Cerambycidae) Lasu Strachocińskiego we Wrocławiu zebrane w latach 2003–2016*. Rocznik Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu. Przyroda, 003(23).

- Tarnawski D., Buchholz L. 2008. *Sprężykowate –Elateridae. Część ogólna oraz podrodziny: Agrypninae, Negastrinae i Diminae*. Klucze do oznaczania owadów Polski, XIX(34a): 125.
- Wójcik, G. 2006. *Las Strachociński*. [w:] Harasimowicz W J. (Red.), *Encyklopedia Wrocławia* (wyd. trzecie poprawione i uzupełnione). Wrocław: Wydawnictwo Dolnośląskie.

Różnorodność gatunkowa motyli Welskiego Parku Krajobrazowego

Species diversity of butterflies of the Welski Landscape Park

Magdalena Sadowska
Marcin Głąb

Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Studenckie Koło Naukowe Entomologów „Pasikonik”
Opiekun: dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM

Abstract

Welski Park Krajobrazowy is located in the Warmian-Masurian Voivodeship, in the area of Działdowo and Nowe Miasto Lubawskie country. The area of the park together with the buffer zone is over 24 000 ha. The purpose of the park set up was to actively protect the natural, historical and cultural values of the region and the Wel river valley. The area of the park is characterized by a great diversity of the natural environment. In the agricultural areas (47% of the park area), forest areas (39%) and waters (6%) one can observe valuable species of fauna and flora. One of the most common invertebrates in the landscape park are insects, which include butterflies. Lepidoptera is a group of useful animals playing an important role of pollinators of some flowers: *Calystegia sepium*. Butterflies also raise the aesthetics of the natural landscape through their beautifully decorated wings and show the role of bioindicators of clean air.

In order to determine the species composition, diversity and abundance of Welski Landscape Park butterflies, in July 2018 observations were carried out in the areas of agricultural land, wet meadows and peat bogs located in the Park. A total of 44 butterfly species were recorded. The most frequently observed species were: *Lycaena virgaureae*, *Issoria lathonia*, and *Pieris rapae*. There were also 3 specimens of the rare, valuable species *Papilio machaon*. The research results showed how varied the landscape and valuable natural habitats affect the diversity of butterfly species, both common and rare species.

Keywords: protection of the butterflies, Lepidoptera, insects in landscape park

Wstęp

Według Ustawy o Ochronie Przyrody (Dz. U. 2018.0.1614), park krajobrazowy definiować można jako obszar, który ze względu na swoje walory przyrodnicze, krajobrazowe, historyczne i kulturowe, należy szczególnie chronić w celu zachowania dla przyszłych pokoleń oraz popularyzacji tych walorów, z uwzględnieniem polityki zrównoważonego rozwoju. Park krajobrazowy jest obszarem przyjaznym dla społeczności zamieszkującej jego teren. Dopuszczalna jest działalność gospodarcza, jednakże z uwzględnieniem ograniczeń, które mają na celu ochronę cennych obszarów. Ważnym aspektem parku jest jego popularyzacja i spełnianie funkcji zarówno edukacyjnej, krajoznawczej jak i ekologicznej (Dz.U.2018.0.1614. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody).

Pierwszy park krajobrazowy w Polsce, powołano w roku 1976 na Pojezierzu Suwalskim w celu ochrony unikatowego krajobrazu polodowcowego, szczególnych wartości przyrodniczych i geologicznych. Kolejne powoływanie obszarów do ochrony jako parków krajobrazowych doprowadziło do tego, że w 2017 roku w Polsce znajdują się aż 122 parki krajobrazowe, co stanowi 8,3 % powierzchni kraju (GUS 2019).

Welski Park Krajobrazowy utworzony został 18 grudnia 1995 r. w południowo-zachodniej części województwa warmińsko-mazurskiego (Rys. 1) na obszarze gmin: Grodziczno Lidzbark, Rybno i Płońnica. Obszar parku zajmuje 20 444 ha oraz 3895 ha otuliny, co daje powierzchnię przeszło 24 tys. ha.

Rysunek 1. Położenie Welskiego Parku Krajobrazowego na tle województwa warmińsko-mazurskiego



Źródło: <http://encyklopedia.warmia.mazury.pl>.

Park został utworzony w celu ochrony doliny rzeki Wel oraz walorów krajobrazowych, przyrodniczych, kulturowych i historycznych regionu. Krajobraz Welskiego Parku charakteryzuje przykład obszaru młodoglacjalnego, który został utworzony w wyniku ostatniego zlodowacenia północnopolskiego. Dominującymi elementami rzeźby terenu Welskiego Parku Krajobrazowego, są niewielkie pagórki moreny czołowej oraz dennej, piaszczyste równiny sandrowe, głazy narzutowe oraz jeziora polodowcowe. Na terenie Parku znajduje się 25 jezior o zróżnicowanej powierzchni i głębokości, duża ilość małych jezior („oczek”) oraz stawów rybnych (Grzybowski, Koprowski 2016). Ważnym elementem krajobrazu parku, są obszary użytkowane rolniczo, które zajmują 46 % powierzchni parku, jak również zbiorowiska leśne (39 %) i są to w większości bory mieszane i lasy mieszane, a także łągi i olsy (<http://parkikrajobrazowewarmiimazur.pl>). Welski Park Krajobrazowy cechuje

urozmaiconą rzeźbą terenu, a także bogactwo fauny oraz flory. W zależności od form użytkowania terenu, na obszarze parku żyje wiele gatunków zwierząt oraz roślin. Welski Park krajobrazowy na swoim obszarze posiada 4 rezerваты przyrody: ornitologiczne, leśne i krajobrazowe i aż siedem innych cennych przyrodniczo obszarów, zgłoszonych do objęcia ochroną rezerwatową (Załoski i in. 2005). Na terenie Welskiego Parku Krajobrazowego żyje bardzo duża ilość bezkręgowców. Wśród nich, najlepiej zbadaną grupą są owady (239 gatunków), a pomiędzy nimi motyle, w ilości 75 gatunków (Modrzewski 2016).

Owady (Insecta) jest to gromada zwierząt o największej liczebności, w której motyle (Lepidoptera) liczą 20 milionów gatunków na świecie, natomiast w Europie 30 tysięcy. Charakterystyczną cechą odróżniającą motyle od innych owadów są łuskowate, wielobarwne skrzydła jak również narząd gębowy ssący w postaci długiej, spiralnej ssawki. Motyle są owadami aktywnymi zarówno w nocy jak i w dzień. Nocne motyle charakteryzują się większą liczebnością gatunków niż motyle dzienne (Bellman 1999).

Ciało motyla składa się z 3 głównych części: głowy, tułowia i odwłoka. Głowa, na której znajdują się oczy złożone, para czułków oraz ssący aparat gębowy, połączona jest ruchomo z tułowiem. Oczy są duże i zbudowane z setek oczu pojedynczych, tzw. fasetek bądź ommatidiów. Czułki to ważny u motyli narząd zmysłu węchu, składający się z trzonka, nóżki i wydłużonej, wielocłonowej wici. Czułki motyli dziennych zwykle zakończone są buławką, natomiast w przypadku motyli nocnych, czułki są wysoce urozmaicone. Motyle nocne (ćmy) posiadają czułki o charakterze nitkowatym, szczecinowatym grzebykowatym, piłkowanym lub pierzastym. Na całej powierzchni czułków znajdują się receptory, dzięki którym w nocy motyle odbierają głównie bodźce zapachowe. Aparat gębowy motyli to spiralnie zwinięta ssawka (trąbka), służąca do pobierania płynnego pokarmu, np. nektaru kwiatowego, soku wydzielanego przez mechanicznie uszkodzone drzewa, soku owoców, fermentu z padliny i wody z kałuży. Ssawka w trakcie pobierania pokarmu rozwija się, a podczas spoczynku przybiera formę spiralną i chowana jest pod spód ciała owada. Tułów motyli składa się z trzech segmentów: przedtułowia, śródtułowia i zatułowia. Na każdym z nich znajduje się para odnóży. Na drugim i trzecim segmencie znajdują się dwie pary skrzydeł zbudowanych z cienkiej błony z żyłkami. Skrzydła pokryte są milionami malutkich, dachówkowato ułożonych łusek, od których pochodzi nazwa łacińska motyli - Lepidoptera – łuskoskrzydłe. Zawarte w łuskach pigmenty, nadają skrzydłom barwę i deseń skrzydłom. Barwa skrzydeł zależy od zawartości pigmentu w łuskach oraz od struktury łusek, które działają jak pryzmat w wyniku załamывania i nakładania się promieni światła na powierzchni łusek (Twardowski i Twardowska 2014).

Na skrzydłach wielu motyli (zwłaszcza samców), znajdują się łuski zapachowe, które wabia samice. Nogi u motyli są dobrze rozwinięte i służą do podtrzymywania podłoża podczas pobierania pokarmu. Dymorfizm u motyli jest zauważalny, różnią się ubarwieniem, wielkością czy budową czułków (Zahradnik 1996).

Rozwój motyla podzielony jest na 4 etapy: jajo, larwa, poczwarka, imago (Stocki 1995). Motyle przechodzą przeobrażenie zupełne, co oznacza że każde stadium rozwoju różni się od siebie. Samice w czasie rujki wydzielają substancje chemiczne wabiące samce tzw. feromony, zachęcając samce do kopulacji. Po zapłodnieniu samice składają jaja na roślinach, którymi będzie żywić się larwa tzw. gąsienica. Gąsienice dużo jedzą i szybko przybierają na masie. Ich skóra nie powiększa się, dlatego kilka razy w ciągu swojego życia zrzucają skórę. Stan ten powtarza się kilka razy aż do momentu, w którym gąsienice osiągną odpowiedni wiek i wymiary. Kolejnym stadium rozwojowym jest poczwarka. Jest to stan, w którym gąsienica zamienia się w postać dorosłą motyla (imago). Postać dorosła motyla jest najkrótszą fazą życia i trwa do momentu zapłodnienia lub zniesienia jaj (zwykle kilka tygodni) (Dyakowski 1906).

Motyle zasiedlają zarówno środowiska naturalne, jak i te przekształcone przez człowieka. Postacie dorosłe przebywają na kwiatkach, którymi żywią się postacie larwalne. Zamieszkują skraje lasów, polany przyłesne, pola orne, łąki i ogrody. Wiele gatunków żyje również na terenach podmokłych – torfowiskach, brzegach jezior czy rzek (Zahradnik 1996).

Poprzez takie działania jak intensyfikacja rolnictwa na polach uprawnych i użytkach zielonych w celu podniesienia plonów rolnych, motyle zaliczane są do jednej z najbardziej zagrożonych grup owadów (Kadeji in. 2014). Niebezpieczne dla Lepidoptera jest stosowanie nawozów mineralnych oraz pestycydów w rolnictwie, osuszanie torfowisk, przekształcenia terenów naturalnych w tereny gospodarcze oraz rozbudowa miast (Buszko i Nowacki 2000).

Motyle należą do jednych w wielu grup owadów, które służą jako bioindykatory (biowskaźniki). Bioindykatorami nazywamy organizmy charakteryzujące się wąskim i/lub specyficznym oraz dobrze poznanym zakresem tolerancji na dany czynnik. Motyle służą jako biowskaźniki przede wszystkim czystego powietrza, ale także wskaźniki stopnia zaawansowania sukcesji czy zmian warunków siedliskowych (Marcjanek i in. 2014).

Celem pracy było określenie składu gatunkowego i liczebności motyli Welskiego Parku Krajobrazowego.

Metodyka badań

Badania były prowadzone w okresie od 2 do 7 lipca 2018 roku na wybranych obszarach Welskiego Parku Krajobrazowego, w tym na obszarze użytku ekologicznego „Koszelewki”. Jest to teren o charakterze zbiorowisk torfowych licznie zasiedlanych przez ptaki wodno-błotne, jak również inne zbiorowiska fauny i flory (Anczykowska i in 2014). Motyle obserwowano na obszarach: pól uprawnych gryki, użytków zielonych z uprawą roślin motylkowatych, torfowisk, polan, obrzeży lasów. Nazewnictwo oraz układ systematyczny taksonów na szczeblu rodzin i rodzajów, przyjęto według wykazu motyli Polski (Buszko i Nowacki 2000).

Wyniki badań i dyskusja

Na badanych obszarach Welskiego Parku Krajobrazowego, w pierwszym tygodniu lipca 2018 r. zaobserwowano 153 osobniki motyli, które zaklasyfikowano do 12 rodzin i 44 gatunków. Najliczniej obserwowaną rodziną motyli okazała się rodzina rusałkowate, a najmniej kraśnikowate (Tab. 1).

Tabela 1. Liczebność rodzin motyli odnotowanych podczas obserwacji

l.p.	Rodzina	Liczebność
1	Rusałkowate	59
2	Bielinkowate	28
3	Modraszkiowate	25
4	Miernikowcowate	9
5	Mrocznicowate	8
6	Sówkowate	8
7	Powszelatkowate	4
8	Barczatkowate	4
9	Paziowate	3
10	Garbatkowate	2
11	Zawisakowate	2
12	Kraśnikowate	1

Źródło: Opracowanie własne.

Wśród rodzin najliczniej obserwowanymi gatunkami były: czerwńczyk dukacik, bielinek rzepnik i dostojka latonia. Według Modrzewskiego (2016), w Welskim Parku Krajobrazowym odnotowano dotychczas 75 gatunków Lepidoptera, co oznacza potwierdzenie występowania ponad połowy gatunków w ciągu 1 tygodnia obserwacji. Jednakże autor nie

podaje nazw gatunków, w związku z czym trudno jest określić, czy obserwowane w badaniach własnych gatunki motyli, w pełni pokrywały się z danymi wykazanymi wcześniej.

Na terenie badań najliczniej występowały gatunki motyli z rodziny rusałkowate. Odnotowano łącznie 59 osobników. Najliczniej obserwowanym gatunkiem z tej rodziny była dostojka latonia (11 osobników), nieco mniej, bo 10 osobników odnotowano z gatunku przestrojnik trawnik. Innymi obserwowanymi gatunkami z rodziny rusałkowate były: polowiec szachownica (7 osobników), rusałka krwawnik (5 osobników) (Tab. 2).

Tabela 2. Wykaz gatunków i liczba obserwowanych motyli w Welskim Parku Krajobrazowym

L.p.	Gatunek		Rodzina	Liczba [szt.]
	Nazwa polska	Nazwa łacińska		
1	Czerwończyk dukacik	<i>Lycaena virgaureae</i>	modraszkwate	16
2	Bielinek rzepnik	<i>Pieris rapae</i>	bielinkowate	11
3	Dostojka latonia	<i>Issoria lathonia</i>	rusałkowate	11
4	Przestrojnik trawnik	<i>Aphantopus hyperantus</i>	rusałkowate	10
5	Rusałka pawik	<i>Aglaia io</i>	rusałkowate	10
6	Bielinek kapustnik	<i>Pieris brassicae</i>	bielinkowate	8
7	Błyszczka jarzynówka	<i>Autographa gamma</i>	sówkowate	8
8	Latolistek cytrynek	<i>Gonepteryx rhamni</i>	bielinkowate	7
9	Polowiec szachownica	<i>Melanargia galathea</i>	rusałkowate	7
10	Rusałka kratnik	<i>Araschnia levana</i>	rusałkowate	5
11	Kuprówka złotnica	<i>Euproctis similis</i>	mrocznicowate	4
12	Modraszek ikar	<i>Polyommatus icarus</i>	modraszkwate	4
13	Plamiec leśniak	<i>Abraxas sylvata</i>	miernikowcowate	4
14	Rusałka admirał	<i>Vanessa atalanta</i>	rusałkowate	4
15	Barczatka sosnówka	<i>Dendrolimus pini</i>	barczatkowate	3
16	Paź królowej	<i>Papilio machaon</i>	paziowate	3
17	Strzępotek ruczajnik	<i>Coenonympha pamphilus</i>	rusałkowate	3
18	Czerwończyk żarek	<i>Lycaena phlaeas</i>	modraszkwate	2
19	Dostojka laodyce	<i>Argynnis laodice</i>	rusałkowate	2
20	Karłatek leśny	<i>Thymelicus sylvestris</i>	powszelatkowate	2
21	Karłatek ryska	<i>Thymelicus lineola</i>	powszelatkowate	2
22	Narożnica zbrojówka	<i>Phalera bucephala</i>	garbatkowate	2

23	Przestojnik wielki	<i>Maniola jurtina</i>	rusałkowate	2
24	Sadzanka rumienica	<i>Phragmatobia fuliginosa</i>	mrocznicowate	2
25	Sudamek szczawiak	<i>Lythria cruentaria</i>	miernikowcowate	2
26	Barczatka dębolistna	<i>Gastropacha quercifolia</i>	barczatkowate	1
27	Bielinek rukiewnik	<i>Pontia daplidice</i>	bielinkowate	1
28	Czerwończyk zamgleniec	<i>Lycaena alciphron</i>	modraszkowate	1
29	Dostojka aglaja	<i>Argynnis aglaja</i>	rusałkowate	1
30	Dostojka malinowiec	<i>Argynnis paphia</i>	rusałkowate	1
31	Dostojka niobe	<i>Argynnis niobe</i>	rusałkowate	1
32	Krasopani poziomkówka	<i>Callimorpha dominula</i>	mrocznicowate	1
33	Kraśnik sześcioplamek	<i>Zygaena filipendulae</i>	kraśnikowate	1
34	Miernik zieleniak	<i>Geometra papilionaria</i>	miernikowcowate	1
35	Modraszek agestis	<i>Aricia agestis</i>	modraszkowate	1
36	Modraszek wieszczek	<i>Celastrina argiolus</i>	modraszkowate	1
37	Osadnik egeria	<i>Parargea geria</i>	rusałkowate	1
38	Plamiec nabuczak	<i>Lomaspilis marginata</i>	miernikowcowate	1
39	Przylepek nadębek	<i>Hypomecis roboraria</i>	miernikowcowate	1
40	Rusałka ceik	<i>Polygonia c-album</i>	rusałkowate	1
41	Szewnica miętówka	<i>Spilosoma lubricipeda</i>	mrocznicowate	1
42	Szlaczkoń siarecznik	<i>Colias hyale</i>	bielinkowate	1
43	Zawisak borowiec	<i>Sphinx pinastri</i>	zawisakowate	1
44	Zmrocznik gładysz	<i>Deilephila elpenor</i>	zawisakowate	1

Zródło: Opracowanie własne.

Rodziną, która występowała na obserwowanym terenie w nieco mniejszej liczebności była rodzina bielinkowate (28 osobników). Wśród tej rodziny najliczniej występującym gatunkiem był bielinek rzepnik, którego zaobserwowano 11 sztuk. Innym gatunkiem należącym do rodziny bielinkowatych odnotowanym na obszarach WPK w liczbie 8 sztuk był bielinek kapustnik, jak również latolistek cytrynek (7 sztuk), a także pojedyncze okazy bielinka rukiewnika i szlaczkonii siarczaka.

Kolejną licznie występującą rodziną była rodzina modraszkowate (25 osobników). Do rodziny modraszkowatych należy najliczniej obserwowany gatunek Welskiego Parku Krajobrazowego – Czerwończyk Dukacik (16 osobników). Innymi obserwowanymi gatunkami

z tej rodziny były: Modraszek Ikar (4 sztuki) czy Czerwończyk Żarek (2 osobniki). Pojedyncze gatunki z rodziny modraszkowatych, jakie zaobserwowano to: Modraszek Wieszczyk, Modraszek Agestis, Czerwończyk Zamgleniec.

Pozostałe gatunki motyli należały do rodzin: miernikowcowate, mrocznicowate, sówkowate, powszelatkowate, barczatkowate, paziowate, garbatkowate, zawisakowate i kraśnikowate, najczęściej były reprezentowane przez pojedynczych przedstawicieli.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę gatunków zasługujących na wyróżnienie według autorów, ze względu na występowanie i wysoką liczebność populacji:

- Bielinek Rzepnik – motyl należący do rodziny bielinkowate. Postać dorosła motyla o wielkości 42 – 46 mm, skrzydła białe z ciemną plamką na przednich skrzydłach. Gatunek pospolity, zasiedlony w całej Europie, często spotykany w różnych środowiskach zarówno na polanach otwartych, polach uprawnych, terenach nieużytków rolnych, a także w ogrodach i lasach (Twardowski i Twardowska 2014; Reichholf-Riehm 1983).
- Czerwończyk Dukacik – motyl należący do rodziny modraszkowate. Wielkość skrzydeł ok 1,7 – 2,0 cm. Wierzch skrzydeł jednolitej barwy pomarańczowej, natomiast spód z ciemnymi plamkami. Gatunek występujący w całej Polsce, najczęściej na wilgotnych łąkach, brzegach lasów, oraz na innych terenach do 1500 m n. p. m. W wielu okolicach uznawany jest za gatunek rzadki (Reichholf-Riehm 1983).
- Dostojka Latonia – (*Issoria lathonia*) - motyl należący do rodziny rusałkowatych, wielkość skrzydeł 2-2,2 cm, wierzchnia strona skrzydeł ochrowo-żółtawa lub ruda z rzędami czarnych plamek. Występuje w całej Europie, na zboczach, pustkowiach, ugorach porośniętych suchą darnią (Reichholf-Riehm 1983).
- Paź Królowej (*Papilio machaon*) – gatunek z rodziny paziowatych, Wielkość skrzydeł u samca ok 3 – 4 cm, wzór skrzydeł kontrastowy czarno-żółty. Występuje w całej Europie, od Afryki Płn. po daleką północ, od wybrzeży morskich po góry do wysokości ok 2000 m n.p.m. Gąsienice zjadają liście różnych roślin baldaszkowatych, zwłaszcza dzikiej i ogrodowej marchwi, kopru, biedrzeńca, kminku i pietruszki (Reichholf-Riehm 1983).

Spośród zaledwie 153 obserwowanych osobników motyli, można zaliczyć je aż do 44 gatunków i 12 rodzin. Wysokie urozmaicenie rodzin i gatunków motyli można przypisać wysokiej różnorodności badanych terenów Welskiego Parku Krajobrazowego. Park ten można zatem traktować jako cenną ostoję wielu gatunków motyli. Na obszarach parku zaobserwowano

aż 16 osobników czerwonończyka dukacika (był to najliczniej obserwowany gatunek WPK), natomiast gatunek ten w wielu obszarach Polski w ostatnich latach uznawany jest za rzadki (Reichholf-Riehm 1983). Innym gatunkiem, który na obszarach Polski uważany jest za cenny przyrodniczo, a jego występowanie jest coraz radsze ze względu na chemizację rolnictwa czy zaorywanie łąk i pastwisk, jest paż królowej (Łukowski 2015). Na badanych obszarach odnotowano aż 3 osobniki tego gatunku. Obszary rolnicze Welskiego Parku Krajobrazowego w większości użytkowane są w sposób tradycyjny, ekologiczny, zrównoważony i pozbawiony chemizacji, co sprzyja występowaniu cennych i rzadkich gatunków (np. Paż Królowej czy Czerwonończyk Dukacik).

Podsumowanie

Badania motyli, przeprowadzone w Welskim Parku Krajobrazowym, pozwoliły stwierdzić, że urozmaicone, cenne przyrodniczo tereny parku krajobrazowego, są ostoją wielu gatunków motyli. Licznie spotykane są tak gatunki pospolite, jak i te uznawane za radsze czy zanikające. Stworzenie Parku Krajobrazowego na badanych terenach, pozwoliło zachować naturalne obszary, które chętnie zamieszkiwane są przez wiele gatunków motyli, jak i zachować ekologiczne, tradycyjne rolnictwo pomagające w utrzymaniu różnorodności gatunkowej fauny motyli.

Literatura:

- Anczykowska M., Anczykowski J., Meller G, Rolka M, Szczepański M., Węgrzynowska A. Witkowska A. 2014. *Przewodnik przyrodniczo-kulturowy po gminie Rybno*. WFOŚiGW w Olsztynie.
- Bank Danych Lokalnych*, GUS www.stat.gov.pl.
- Bellman H. 1999. *Owady – spotkania z przyrodą*. Multico Oficyna Wydawnicza. Warszawa: 445.
- Buszko J., Nowacki J. 2000. *Zagrożenia i możliwości ochrony motyli (Lepidoptera) w Polsce*. Wiadomości entomologiczne. 18, Supl. 2: 213-220.
- Dyakowski B. 1906. *Atlas motyli krajowych*. Wydawnictwo m. Arcta. Warszawa: 204.
- Grzybowski M., Koprowska L. 2016. *Wody powierzchniowe i wody podziemne Welskiego Parku Krajobrazowego* [w:] Hołdyński Cz. (red.). *Welski Park Krajobrazowy – monografia przyrodnicza*. Wydawnictwo Mantis. Olsztyn: 39-59.
- http://encyklopedia.warmia.mazury.pl/index.php?title=Plik:Welski_pk_w.png&filetimestamp=20150124191421&
- <http://parkikrajobrazowewarmiimazur.pl>

- Kadej M., Malicki M., Malkiewicz A., Smolis A., Suchan T., Tarnawski D. 2014. *Trwałe zachowanie zagrożonych siedlisk łąkowych i ich motyli w sieci Natura 2000 w południowo-zachodniej Polsce*. Wrocław: 96.
- Łukowski A. 2015. *Motyle dzienne (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Trzemeszna i okolic*. Wiadomości Entomologiczne 34 (1): 29–42.
- Marcjanek M., Słodownik P., Ilieva-Makulec K. 2014. *Owady (mrówki, chrząszcze, motyle) jako biowskaźniki*. Studia Ecologiae et Bioethicae. 12(2014)2: 99-120.
- Modrzewski M. 2016. *Ogólna charakterystyka fauny bezkręgowej*. [w:] Hołdyński Cz. (red.) *Welski Park Krajobrazowy – monografia przyrodnicza*. Wydawnictwo Mantis. Olsztyn: 290-291.
- Reichholf-Riehm H. 1983. *SteinbachsNaturführer: Schmetterlinge*. MosaikVerlag GmbH. Monachium: 287.
- Stocki J. 1995. *Motyle, klejnoty natury*. Las Polski. 1: 10-13.
- Twardowski J., Twardowska K. 2014. *Atlas motyli. 250 gatunków*. WydawnictwoSBM Renata Gmitrzak: 192.
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody* (Dz.U.2018.0.1614).
- Zahradnik I. 1996. *Przewodnik Owady*. Wydawnictwo Multico. Praga: 327.
- Załuski T., Szczepański M., Urbański A., Burak S., Baumert E. 2005. *Welski Park Krajobrazowy. Przewodnik przyrodniczy*. Wydanie II. Lidzbark.

Wpływ zabiegów mechanicznych i chemicznych na zgrupowania biegaczowatych występujących w uprawach szkółkarskich

Impact of mechanical and chemical treatment on carabid beetles assemblages caught in nursery cultivations

Martyna Richert

Uniwersytet Warmińsko - Mazurki w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Studenckie Koło Naukowe Entomologów „Pasikonik”
Opiekun: dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM

Abstract

The crop is distinguished by a number of methods related to human interference in the natural environment. In forest nurseries, mechanical and chemical treatments affect to a certain extent the number and species composition of both harmful and beneficial insects. One of the most beneficial insects, commonly found in various habitats, are beetles from the Carabidae family. The aim of the work was to compare ground beetle assemblages occurring on various sowing areas in a forest nursery, as well as an attempt to determine the impact of mechanical and chemical treatments performed in the nursery on the number and species composition of ground beetles.

The research was carried out in the Pomeranian Voivodeship, in the town of Kiełpino. Beetles were caught by modified Barber traps in the period from April to October 2018.

As a result of the conducted research, it was found that the abundance and diversity of Carabidae are influenced by both the type of crop and treatments carried out in crops. Of the chemical treatments, the greatest reduction of Carabidae was caused by herbicides. Among the mechanical treatments, the most advantageous number of ground beetles was hand weeding.

Keywords: Carabidae, forest nursery, mechanical treatments, chemical treatments, black fallow, oak, beech, coniferous tree plantation

Wstęp

Chrzęszcze z rodziny Carabidae, stanowią w Polsce ponad 500 taksonów i jest to jedna z lepiej poznanych rodzin w naszym kraju (Szafranek i Woszczyk 2012). Biegaczowate są organizmami niezwykle pożytecznymi, gdyż odgrywają istotną rolę w środowisku, w którym żyją. Ograniczają liczebność wielu groźnych agrofagów. Jako bioindykatory, wykazują silne reakcje na wszelkie zmiany zachodzące w otoczeniu. Zmiany te często powodowane są działalnością człowieka, który nieświadomie zakłóca prawidłowy rozwój pożytecznej entomofauny (Konieczna i in. 2015). W uprawach szkółkarskich, powszechnie stosowane są metody chemiczne oparte o insektycydy, służące do ograniczenia szkodliwych owadów oraz herbicydy stosowane do eliminacji chwastów. Środki chemiczne jednak nie tylko redukują owady szkodliwe, ale też pożyteczne, m. in. biegaczowate. Innym zagrożeniem obecnym

w uprawach dla tych pożytecznych chrząszczy, są różnego rodzaju zabiegi mechaniczne (Pruszyński i Pruszyński 2006).

Cel i metoda

Celem pracy było określenie wpływu stosowania środków chemicznych i zabiegów mechanicznych na zgrupowania epigeicznych biegaczowatych, występujących w uprawach szkółkarskich. Badania przeprowadzono w szkółce leśnej w Kiełpinie, w województwie pomorskim. Odłowów dokonywano co dwa tygodnie w terminie od 21 kwietnia do 20 października 2018 roku, za pomocą pułapek glebowych typu Barbera. Doświadczenie obejmowało cztery różne powierzchnie obejmujące kolejno: ugor czarny, plantację choinkową, uprawy dębu szypułkowego i buka zwyczajnego. Na każdej powierzchni, w glebie umieszczono po 5 pułapek w dwóch powtórzeniach, w odległości 5 metrów jedna od drugiej. Łącznie analizowany materiał obejmował 40 pułapek. Do oznaczenia biegaczowatych wykorzystano klucz Hürka (1996). Przez cały okres badań w szkółce leśnej, monitorowano zabiegi mechaniczne typu orka, bronowanie, spulchnianie mechaniczne za pomocą glebogryzarki i kultywatora, pielenie ręczne i opielanie mechaniczne, wykaszanie chwastów wykaszarką a także zabiegi chemiczne, w tym nawożenie oraz opryski chemiczne.

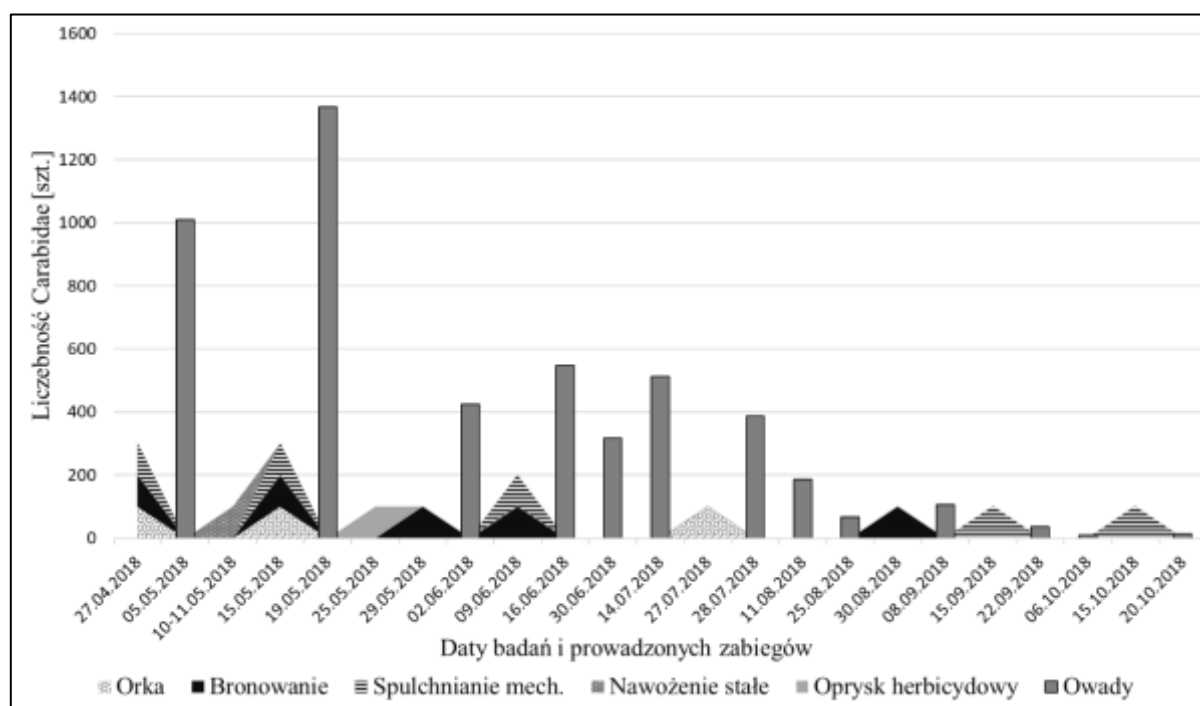
Wyniki badań

W ciągu całego okresu badań, łącznie zebrano 10570 osobników, należących do 72 gatunków. Najwięcej biegaczowatych odłowiono w ugorze czarnym (4985 osobników), następnie w uprawie dębu (2175) i buka (1800). Najmniej osobników odnotowano na plantacji choinkowej (1610). Pod względem gatunkowym również ugor czarny okazał się najbogatszą powierzchnią (50 gatunków), jednak drugie miejsce stanowiła plantacja choinkowa (48 gatunków), która charakteryzowała się najmniejszym udziałem osobników.

Analizując liczebność Carabidae w ugorze czarnym (Rys. 1), zaobserwować można, że najwięcej osobników pojawiło się na początku zbiorów (5 i 19 maja). Oprysk herbicydowy przeprowadzono tylko raz 25 maja i zauważono po nim wyraźny spadek liczebności biegaczowatych (o ok. 69%), w porównaniu z poprzednim zbiorem. Świadczyć to mogło o negatywnym wpływie zastosowanego środka chemicznego na zamieszkujące ugor biegaczowate. Nawożenie stałe przeprowadzono w dniach 10-11 maja, kilka dni później wykonano wszystkie zabiegi mechaniczne i odłowiono o 368 więcej osobników niż poprzednio. Wśród zabiegów mechanicznych wykonano na tej powierzchni między innymi: orkę, bronowanie i spulchnianie mechaniczne. Orkę przeprowadzono również 27 lipca

i zaobserwowano spadek liczebności w kolejnym zbiorze o ok. 24%. W następnych zbiorach także odkryto mniejsze udziały Carabidae. Bronowanie przeprowadzono między innymi 29 maja i stwierdzono spadek osobników, prawdopodobnie z powodu wcześniejszego zabiegu herbicydowego. W pozostałych przypadkach po tym zabiegu zauważono wzrost liczebności owadów, zarówno w połączeniu ze spulchnianiem, jak i wtedy, kiedy czynność tę wykonano jednorazowo. Zabieg spulchniania mechanicznego przeprowadzono także w połowie września i października. W pierwszym przypadku zauważono wzrost osobników o ponad 50%, a w drugim nie zauważono istotnej zmiany w liczebności Carabidae.

Rysunek 1. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na liczebność Carabidae w ugorze czarnym

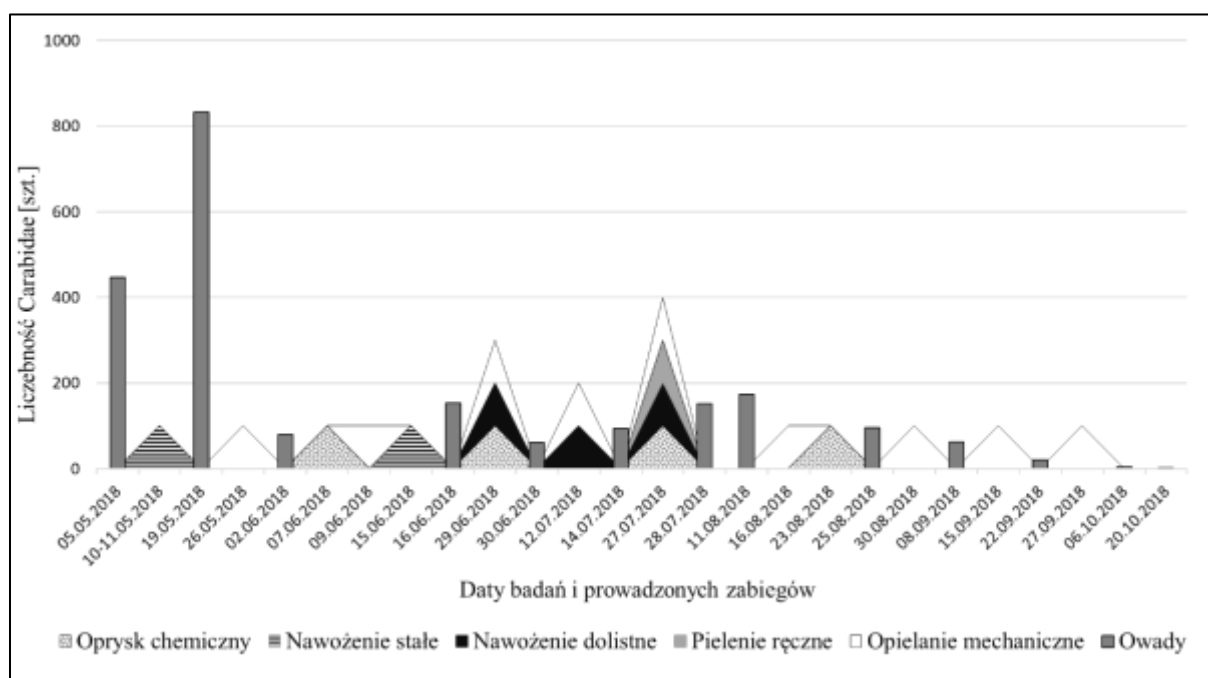


Źródło: Opracowanie własne.

Dokonując analizy liczebności Carabidae w uprawie dębu, zauważyć można, że podobnie jak w przypadku ugoru, najwięcej biegaczowatych odłowiono także 5 i 19 maja (Rys. 2). Między tymi zbiorami przeprowadzono nawożenie stałe, po którym zaobserwowano wzrost liczby owadów o ok. 46%. Nawożenie stałe wykonano również 15 czerwca, po czym także nastąpił wzrost osobników o 48% (w porównaniu z poprzednim zbiorem). Widać tu wyraźnie pozytywny wpływ tego zabiegu na Carabidae. Przeciw mączniakowi prawdziwemu dębu, wykonano trzy razy zabieg profilaktyczny w terminach 7 i 29 czerwca oraz 23 sierpnia. Użyto do tego celu środka Switch 62,5 WG. Po przeprowadzeniu tego zabiegu, liczba osobników zmalała dwukrotnie. Wzrost zaobserwowano tylko tam, gdzie wykonano również nawożenie

stałe. Przeciw mączniakowi wykonano także raz zabieg ochronny 27 lipca. Wykorzystano do tego celu środek Nimrod 250 EC. Tego samego dnia wykonano także opielanie, pielenie ręczne i nawożenie dolistne. Po tych zabiegach odnotowano wzrost liczebności Carabidae o 40%. Wpływ oprysku na owady, może więc zależeć od rodzaju środka chemicznego i ilości stosowanej dawki, ponieważ zabieg ochronny lepiej wpływał na liczebność niż zabiegi profilaktyczne. Ewentualnie wzrost ten mógł być spowodowany nawożeniem dolistnym, które we wcześniejszym zbiorze spowodowało wzrost liczebności biegaczowatych. Wśród zabiegów mechanicznych przeprowadzono między innymi opielanie mechaniczne. Po pierwszym opielaniu nastąpił gwałtowny spadek osobników Carabidae (aż o 90%.) W przypadkach, kiedy nie stosowano nawożenia, prawie zawsze wyraźny był negatywny wpływ opielania na owady.

Rysunek2. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na liczebność Carabidae w uprawie dębu szypułkowego

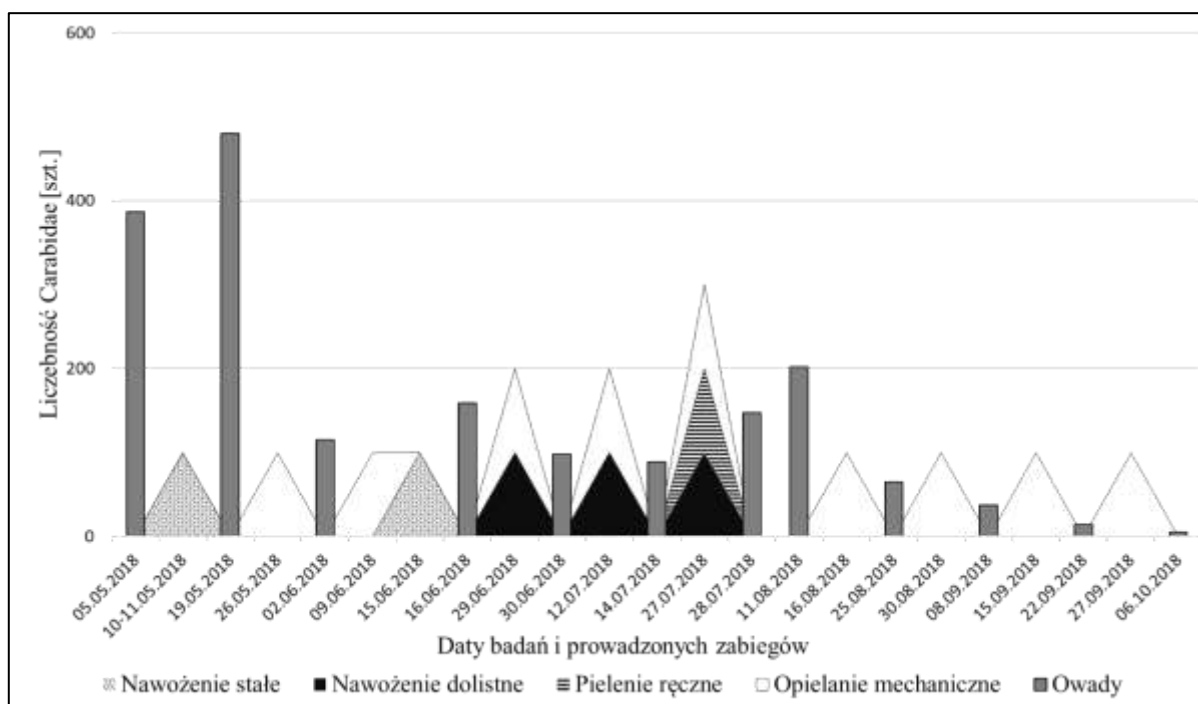


Źródło: Opracowanie własne.

Na plantacji buka zwyczajnego, podobnie jak w przypadku dębu i ugoru, najwięcej Carabidae odnotowano na początku zbiorów (Rys. 3). Uwidacznia się wyraźna tendencja negatywnego wpływu opielania mechanicznego na liczebność Carabidae, czyli tak jak miało to miejsce w przypadku uprawy dębu. Po zabiegu przeprowadzonym 2 czerwca, różnica w liczebności biegaczowatych wyniosła prawie 96% mniej, a w zbiorze z 25 sierpnia ok. 68% mniej. Zabieg ten wykonany pojedynczo, zawsze powodował spadek liczebności biegaczowatych. Po przeprowadzeniu nawożenia stałego, zauważono większy udział

osobników mimo, iż w drugim przypadku wykonano także opielanie. Widać więc wpływ pozytywny tego zabiegu. Po zastosowaniu nawożenia dolistnego na plantacji buka, zaobserwowano w niektórych okresach zarówno wzrost, jak i spadek liczebności owadów. Wzrost nastąpił tylko po wcześniejszym wykonaniu dodatkowo pielenia ręcznego.

Rysunek3. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na liczebność Carabidae w uprawie buka zwyczajnego

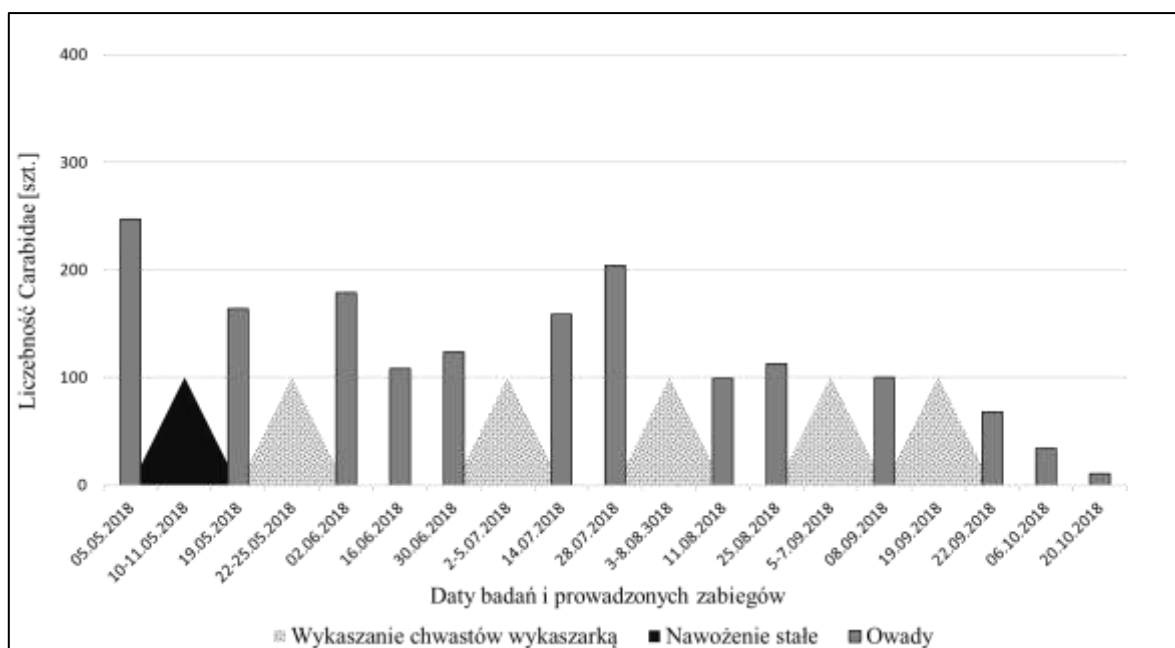


Źródło: Opracowanie własne.

Na plantacji choinkowej wykonano najmniej zabiegów agrotechnicznych i odnotowano na tej powierzchni najmniejszy udział osobników Carabidae, w porównaniu z pozostałymi powierzchniami. Powierzchnia ta jednak charakteryzowała się wysoką bioróżnorodnością. Nawożenie stałe przeprowadzono tylko w dniach 10-11 maja (Rys. 4), było to jedyne miejsce, gdzie wpłynęło ono negatywnie na biegaczowate (różnica o ok. 34% ,w porównaniu z wcześniejszym zbiorem).

Wśród zabiegów mechanicznych wykonywano tylko wykaszanie chwastów wykaszarką spalinową. Tylko raz zauważono po tym zabiegu, gwałtowny spadek liczebności Carabidae (różnica o ok. 51%). W pozostałych zbiorach nie zauważono większych fluktuacji. Liczba Carabidae utrzymywała się przez cały okres badań na podobnym poziomie i przeważała nad pozostałymi powierzchniami od 25 sierpnia do końca badań.

Rysunek4. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na liczebność Carabidae na plantacji choinkowej



Źródło: Opracowanie własne.

Dyskusja

W badaniach przeprowadzonych w szkółce leśnej w Kiełpinie, odłowiono łącznie 10570 osobników Carabidae należących do 72 gatunków. W porównaniu do badań Kosewskiej i in. (2007) przeprowadzonych na corocznie obsiewanych zbożami polach uprawnych sąsiadujących z zadrzewieniami, liczba osobników była mniejsza o ok. 67%. W badaniach tych wskazano, że wysoki udział biegaczowatych w uprawach, wiąże się z dużym dostępem do bazy pokarmowej dla chrząszczy z rodziny Carabidae, szczególnie gdy na danym terenie pojawiają się szkodniki wykazujące tendencje do masowych gradacji. W uprawach szkółkarskich są to między innymi gąsienice brudnicy mniszki czy też mszyce.

W szkółce leśnej orkę, bronowanie i spulchnianie gleby przeprowadzano tylko na ugorze, a mimo to udział osobników po przeprowadzeniu tych czynności, był tam zawsze wyższy niż na powierzchniach, gdzie zabiegów tych nie wykonywano. Po orce zaobserwowano spadek liczebności Carabidae. Jednorazowy wzrost był spowodowany prawdopodobnie wykonanym wcześniej zabiegiem nawożenia stałego, które na liczebność biegaczowatych wpływało pozytywnie wszędzie, z wyjątkiem plantacji choinkowej. W badaniach Kosewskiej (2018), prowadzonych w uprawach zbóż zaobserwowano, że zastosowanie orki może przyczynić się do zmniejszenia liczby osobników, w porównaniu z uprawą bez wykonywania orki.

Wśród zabiegów chemicznych najgorzej na liczebność biegaczowatych wpływał oprysk herbicydowy. Zabieg ten zastosowano raz na ugorze, po czym zaobserwowano spadek

osobników Carabidae. Negatywne działanie herbicydów na liczebność biegaczowatych zaobserwowali także w swoich badaniach Nijak i in. (2014), oceniając wpływ środków chemicznych na Carabidae w uprawie ziemniaka. W pszenicy ozimej, w trzyletnich badaniach Jaworskiej (1995), także potwierdzono negatywny wpływ herbicydu Aminopielik D na biegaczowate. Biegaczowate są bardzo wrażliwe na wszelkie zmiany zachodzące w otoczeniu, szczególnie te powodowane ingerencją człowieka w środowisko przyrodnicze (Radawiec i Aleksandrowicz 2013). Jednakże większość biegaczowatych ma duże zdolności migracyjne i w wyniku silnego stresu, najczęściej po zastosowaniu licznych zabiegów, przenoszą się do miejsc, w których człowiek ingeruje w mniejszym stopniu (Kosewska i in. 2007). Potwierdzone to zostało w niniejszych badaniach. Zauważono, że szczególnie późnym latem i jesienią, biegaczowate zaczęły migrować na plantację choinkową, czyli w miejsce, gdzie przeprowadzono najmniej zabiegów agrotechnicznych.

Na liczebność Carabidae bardzo niekorzystnie wpływało opielanie mechaniczne, przeprowadzone na gatunkach liściastych. Znacznie lepszy wpływ na liczebność miało pielienie ręczne. Jak podaje Twardowski (2010), zachwaszczenie pól uprawnych może się przyczyniać się do wyższej liczebności biegaczowatych. Jednak brak walki z niechcianymi chwastami w uprawach, wiąże się z poważnymi konsekwencjami w przyszłości.

Podsumowanie

Uprawy szkółkarskie są miejscami sprzyjającymi występowaniu dużej liczby pożytecznych biegaczowatych, zarówno pod względem ilości osobników, jak i liczby gatunków.

Carabidae najchętniej zasiedlają ugór czarny. Wśród upraw szkółkarskich preferują gatunki liściaste. Plantacje choinkowe są zasiedlane przez Carabidae w najmniejszym stopniu, jednak charakteryzują się wysoką różnorodnością tej grupy owadów, a ich aktywność jest równomierna przez cały okres wegetacyjny.

Spośród zabiegów chemicznych negatywnie na liczebność Carabidae wpływają opryski herbicydowe, zaś stosowanie nawozu stałego wpływa na nie pozytywnie.

Wśród zabiegów mechanicznych negatywny wpływ na liczebność Carabidae ma opielanie mechaniczne oraz orka.

W szkółkach leśnych metody ograniczenia szkodliwych owadów powinny być zastępowane metodami biologicznymi, polegającymi na wykorzystaniu naturalnych wrogów do zwalczania groźnych agrofagów.

Literatura,

- Hůrka K. 1996. *Carabidae of the czech and slovak republics*. Kabournek, zlin: 565.
- Jaworska T. 1995. *Stan epigeicznych biegaczowatych (carabidae, coleoptera) w uprawie pszenicy ozimej odchwaszczanej animopielikiem D*. Materiały XXXV sesji nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1: 61–63.
- Konieczna K., Olbrycht T., Wojciechowicz-Żytka E., Wilk E. 2015. *Wpływ zabiegów agrotechnicznych na występowanie chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) w wybranych typach upraw*. Episteme: czasopismo naukowo-kulturalne. 26: 337-345.
- Kosewska A. 2018. *Porównanie zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) w orkowej i bezorkowej uprawie zbóż*. Postępy w ochronie roślin. 58(1): 40-48.
- Kosewska A., Nietupski M., Ciepielewska D. 2007. *Zgrupowania biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) zadrzewień śródpolnych i pól z Tomaszkowa koło Olsztyna*. Wiadomości entomologiczne. Poznań. 26 (3): 153-168.
- Nijak K., Kosewska A., Topa E. 2014. *Wpływ stosowania środków ochrony roślin na zgrupowania biegaczowatych (Col., Carabidae) w uprawie ziemniaka*. Zagadnienia doradztwa rolniczego. 1 (75): 66-74.
- Pruszyński S., Pruszyński G. 2008. *Ochrona entomofauny w polskim ustawodawstwie ochrony roślin*. Wiad. Entomol. 25, supl. 2: 169-177.
- Radawiec B., Aleksandrowicz O. 2013. *Biegaczowate (Coleoptera: Carabidae) użytkowanej rolniczo łąki obszaru Natura 2000 w Dolinie Wieprzy*. Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 62: 389-401.
- Szafranek P., Woszczyk K. 2012. *Biegaczowate (Coleoptera: Carabidae) występujące w konwencjonalnej i ekologicznej uprawie selera korzeniowego (Apium graveolens L. Var. Rapaceum (Mill.))*. Now. Warz: 54-55.
- Twardowski J. 2010. *Wpływ uproszczeń w uprawie roli pod pszenicę ozimą na zgrupowania stawonogów epigeicznych i glebowych*. Monografie CVII, wyd. Up Wrocław. 1-141.

Preferencje, trendy oraz tendencje stosowania przez pszczelarzy środków pochodzenia naturalnego jako preparatów leczniczych oraz wspomagających mechanizmy odporności u pszczoły miodnej (*Apis Mellifera*)

Preferences, trends and tendencies of use by the beekeepers natural substances as medicinal and supporting specimens in immunology of honey bee (*Apis Mellifera*)

Patrycja Skowronek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Koło Naukowe Ochrony Środowiska
Opiekun: dr hab. Aneta Strachecka

Abstract

From year to year, beekeeping and beekeeping is becoming more and more popular. Often such interest results in an increasing number of hobbies usually with a focus on obtaining bee products. Honey bee, being the basis of such an economy, found its supporters thanks to a number of ecological services for human and the environment. The growing number of owners of apiaries, beekeeping and at the same time bee threats affects more and more demand for knowledge in this area, which translates into new tasks for scientists. The purpose of the survey was to check preferences, trends and trends in the future use of specific types of adjuvant / therapeutic preparations in apiaries. The survey consisted of 4 parts: A - general information about the respondent, B - information about the apiary, C - information on experiences in the apiary and D - beekeeping preferences. Most beekeepers declared their intention to use natural resources in the future - 65%. As it results from surveys, research on the operation and use of natural sources in apiaries has a very high potential, because to the willingness of beekeepers to use them in apiaries.

Keywords: Supplementation, nutrition, honey bee, natural substances

Wstęp

Z roku na rok, coraz większym zainteresowaniem cieszy się pszczelarstwo i pszczelnictwo. Często takie zainteresowanie owocuje coraz większą liczbą pasiek, o charakterze zazwyczaj hobbystycznych z nastawieniem na uzyskiwanie produktów pszczelich. Pszczoła miodna, będąc podstawą takiej gospodarki, znalazła swoich sympatyków, dzięki szeregowi usług ekologicznych pełnionych dla człowieka i środowiska. Do takich usług zaliczyć możemy: zapylanie roślin uprawnych i warzywnych, znajdujących się w bliskim otoczeniu uli oraz produkcje prozdrowotnych towarów tj. miód, pierzga, mleczko pszczele i воск. Rosnąca liczba właścicieli pasiek, zapszczelania i jednocześnie zagrożeń pszczół, wpływa na coraz większe zapotrzebowanie na wiedzę w tym zakresie, co przekłada się na nowe

zadania stawiane przed naukowcami (Semkiw i in. 2018). Niekorzystne czynniki biotyczne i abiotyczne osłabiają pszczelą odporność, doprowadzając często do masowego ginięcia pszczoł – CCD (ang. Colony Collapse Disorders). Do czynników tych zaliczane są przede wszystkim: dieta, naturalne pasożyty i patogeny, sposób prowadzenia gospodarki pasiecznej oraz antropopresja (w tym insektycydy, urbanizacja i zanieczyszczenia środowiska). Czynniki te mogą wpływać pojedynczo lub razem – synergistycznie na funkcjonowanie poszczególnych osobników oraz całych pszczelich rodzin (Ellis i in. 2010). Aby ograniczyć negatywne skutki działania wymienionych czynników, pszczelarze stosują substancje lecznicze lub zapobiegawcze. Mają one stymulować organizm pszczoły. Stosowane są zazwyczaj preparaty farmakologiczne lub pochodzenia naturalnego. Preparaty pochodzenia naturalnego zyskują coraz więcej zwolenników (Somerville 2000).

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na substancje lecznicze oraz wspomagające odporność pszczoł, testowane są coraz liczniejsze preparaty. Naukowcy skupiają się na substancjach naturalnych (Strachecka i in. 2014). Pozytywnymi stronami zastosowania takich substancji ma być skuteczność, przy jednoczesnym neutralnym oddziaływaniu na organizm pszczoł, bez toksycznych odczynów oraz jednoczesnym nie gromadzeniu się i obojętnością w produktach pszczelich. Ufać można że naturalne preparaty tj. ekstrakty, będą obojętne w końcowym rozrachunku dla zwierząt a przede wszystkim ludzi.

Do substancji naturalnych, zastosowanych w ostatnich latach, należy np. pyłek eukaliptusowy z łac. *Corymbia calophylla*. Zastosowane były mieszczanki z kwasem linolowym, kwasem oleinowym, mączką sojową, mączką łubinową. Efekt wydłużający życie odnotowano przy wyłącznym stosowaniu samego pyłku. Każdy dodatek do pyłku skutkował skróceniem życia. Kwas oleinowy wykazał najslabsze działanie na pszczoły (Manning 2001). Witamina C testowana była w dwóch terminach w doświadczeniu polowym (I przełom jesień-zima, II zaś w marcu). Dodatek tej witaminy jest wskazany ze względu na spadek jej zawartości w pyłku w czasie składowania. Pszczoły w grupie doświadczalnej wykazywały wyższy współczynnik gromadzenia cukrów w tym: fruktozy, maltotriozy, trehalozy, glikogenu; oraz zmienioną aktywność: amylazy, glukoamylazy, trehalozy i maltazy. Nagromadzenie cukrów i aktywność enzymów była zależna od stadium rozwojowego pszczoły. W warunkach zimowania pszczoł wykazano działanie redukujące stres oksydacyjny i wzrost poziomu TAS i glutationu (Farjan i in. 2015). Kofeina bardzo pozytywnie wpływała na pszczoły, dlatego była dodawana do syropu cukrowego i w takiej formie podana pszczołom. Pszczoły karmione wzbogaconym syropem, żyły dłużej niż pszczoły kontrolne i dodatkowo wykazywały wyższą

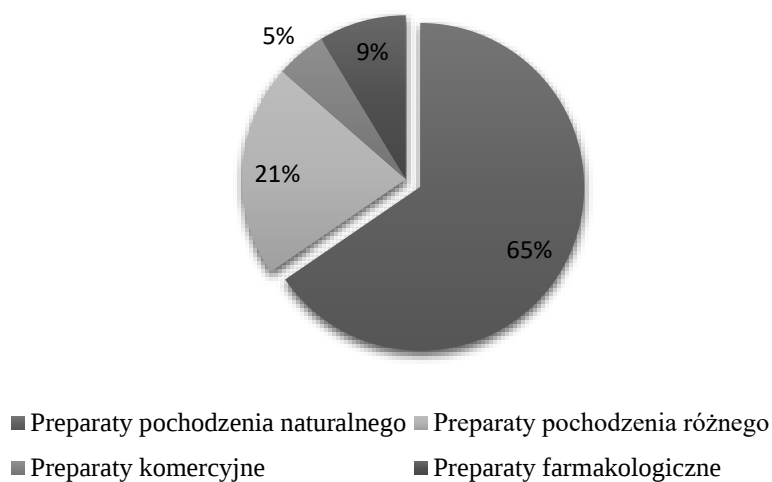
oporność na zarodniki *Nosema* spp. W teście zanotowano: wyższą koncentrację białek, kwasu mocznikowego, triglicerydów, cholesterolu, glukozy, wapnia, kreatyniny, magnezu oraz wyższą aktywność enzymów antyoksydacyjnych i proteaz. Największy efekt stymulujący zaobserwowano u pszczoł starszych (Strachecka i in 2014). Koenzym Q10 w warunkach laboratoryjnych użyty został na pszczołach robotnicach. Testy na dorosłych pszczołach wykazały działanie stymulujące na: potencjał antyoksydacyjny FRAP, stężenie triglicerydów, białek odpornościowych w hemolimfie, cholesterolu oraz jonów magnezu i wapnia. W wyniku zastosowania koenzymu, pszczoły w grupie doświadczalnej, przeżyły o 7 dni dłużej niż w grupie kontrolnej (Strachecka i in. 2014). Kwas tłuszczowy 4-4-fenylomaślan (PB) wykryty został naturalnie w roślinach i mleczku pszczelim. Kwas testowano jednocześnie na larwach pszczoł i imago. W obydwu grupach odnotowano działanie wydłużające życie. Stymulacja wystąpiła prawdopodobnie poprzez wykrytą zwiększoną ekspresję genów odpowiadających za rozwój i długość życia u pszczoł. Dodatkowe modyfikacje wystąpiły w: przebudowie chromatyny, cyklu TCA i systemie glutationowym (Burzynski i in. 2013). Kurkumina jest metabolitem Ostryża długiego. Związek, testowany laboratoryjnie o działaniu antybakteryjnym i stymulującym na układ immunologiczny, spowodował u pszczoł: wydłużenie życia i stymulację układu odpornościowego (zwiększenie zawartości białek odpornościowych w hemolimfie). Kurkumina może również być stosowana w walce z zarodnikami *Nosema* Spp. (Strachecka i in. 2015). Głównym problemem zastosowania preparatów w pasiece jest kilka czynników: ekonomicznych, praktycznych oraz często ideologicznych, specyficznych dla danych regionów. Do czynników ekonomicznych należy przede wszystkim cena. Nikt nie chce, aby efekt zastosowanego środka, nie był równomierny do włożonych w to środków finansowych. Z drugiej strony, uzyskanie efektu, często powinno nastąpić w miarę szybko od zastosowania. Ponadto zastosowane rozwiązania powinny być łatwe do wdrożenia w praktyce i dostosowane do gospodarki pasiecznej oraz nie powinny wymagać dużych nakładów czasowych i energetycznych. Największą barierą w stosowaniu różnych substancji jest przełamanie wewnętrznych przekonań i unowocześnienie wyuczonej wiedzy pszczelarzy. Wynika to z faktu, iż wielu pszczelarzy w Polsce jest już dojrzałymi i ukształtowanymi osobami, często zamkniętymi na nowe rozwiązania i badania. Dodatkowym czynnikiem może być strach przed eksperymentowaniem w obawie o utratę pni na swoim pasieczysku. Problemy także występują często na poziomie naukowiec -pszczelarz. Badania naukowe często skupiają się na wiedzy, która w warunkach laboratoryjnych będzie wydawała się wzniosła, jednak niestety nie będzie miała przełożenia w praktycznym zastosowaniu, ze względu na kilka

czynników. Jednym z nich może być słabe rozpropagowanie wiedzy naukowej zdobytej w jednostkach badawczych, przedstawianie wyników badań w sposób skomplikowany i niezrozumiały dla praktyków, małe zrozumienie potrzeb oraz procesów w pasiekach. Zazwyczaj badania naukowe mają źródło w jednostkach naukowych i nie wynikają z faktycznego zapotrzebowania praktyków na daną problematykę. Aby zapoznać się z potrzebami w pasiekach przeprowadzono ankietę, która ma uzasadnić potrzebę stosowania środków naturalnych w pasiekach oraz uzmysłwić pewne tendencje i korelacje wynikające z potrzeb współczesnego pszczelarstwa oraz pszczelnictwa.

Cel i metodyka

Celem zastosowania ankiety było sprawdzenie preferencji, tendencji oraz trendów w zastosowaniu w przyszłości poszczególnych rodzajów preparatów wspomagających/ leczniczych w pasiekach. Ankieta składała się z 4 części: A – informacje ogólne na temat ankietowanego, B – informację na temat pasieki, C – informację na temat doświadczeń w pasiece oraz D – preferencje pszczelarskie. Pytania były jedno- oraz wielokrotnego wyboru. Każda z części zawierała kilka pytań obowiązkowych oraz opcjonalnych w ramach pozytywnych odpowiedzi obowiązkowych. Ankieta przeprowadzona została wśród pszczelarzy, którzy byli obecni na wykładach naukowych w Pszczelej Woli w województwie Lubelskim.

Rysunek 1. Preferencje w zastosowaniu w przyszłości różnych rodzajów środków w pasiece



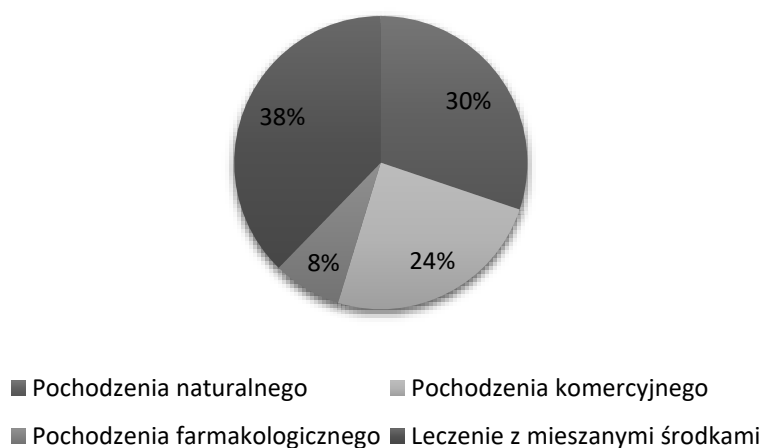
Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki ankiety opracowano w oparciu o odpowiedzi ankietowanych i przeliczono na wartości procentowe. Wyniki zostały przedstawione za pomocą diagramów kołowych skonstruowanych za pomocą programu Excel.

Wyniki badań

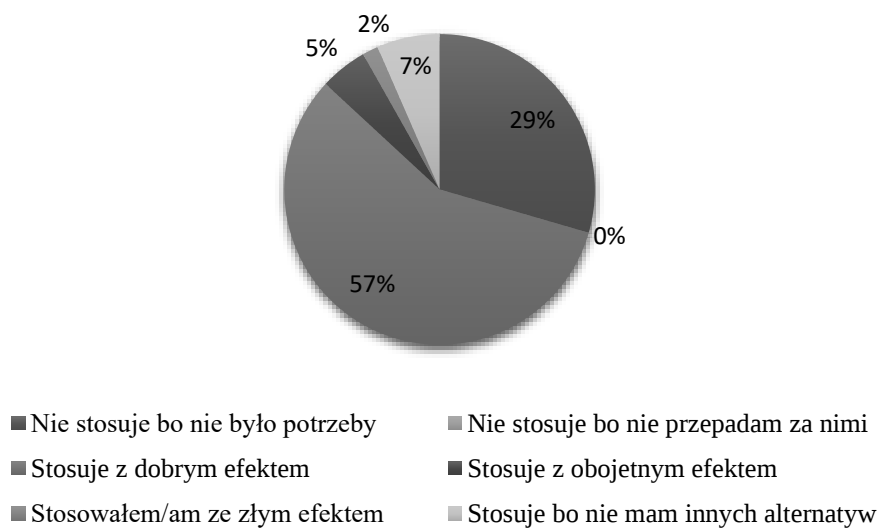
Ankieta została przeprowadzona wśród mężczyzn (procent mężczyzn uczestniczących podczas ankietowania – 95%) oraz kobiet (procent kobiet uczestniczących w ankiecie – 5%) w wieku od 18 do ponad 50 lat.

Rysunek 2. Doświadczenia ze środkami leczniczymi



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 3. Zadowolenie z dotychczasowego zastosowania substancji pochodzenia naturalnego

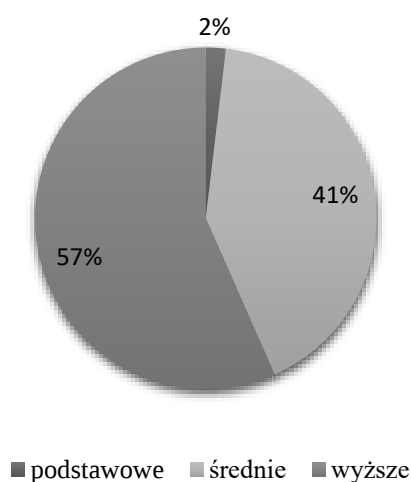


Źródło: Opracowanie własne.

Większość pszczelarzy zadeklarowała chęć zastosowania w przyszłości środków pochodzenia naturalnego (Rys. 1) – 65%. Zaraz po środkach pochodzenia naturalnego, 21% ankietowanych wybrałoby zastosowanie jednocześnie wielu produktów, różnego pochodzenia. Najmniejszym powodzeniem (9%) cieszyły się preparaty komercyjne.

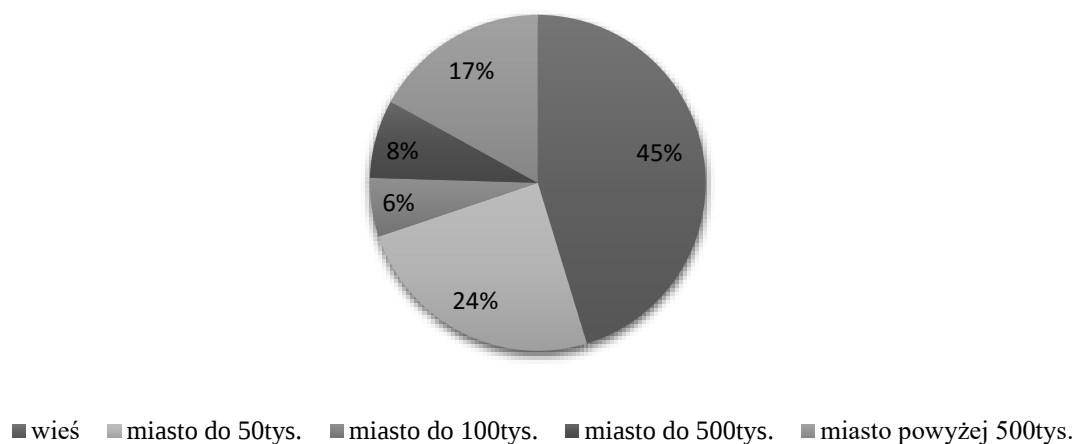
Blisko jedna trzecia osób deklarujących chęć zastosowania substancji naturalnych, miała już wcześniej okazję zastosować te środki samodzielnie a 38% osób, zastosowało je w mieszaninie (Rys. 2). Zadowolenie z zastosowanych substancji zadeklarowało 57% respondentów (Rys. 3).

Rysunek 4. Wykształcenie osób skłonnych do zastosowania substancji pochodzenia naturalnego



Źródło: Opracowanie własne.

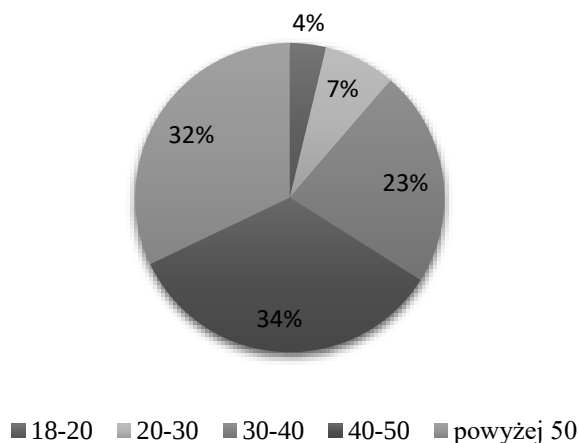
Rysunek 5. Zamieszkanie osób skłonnych do zastosowania substancji pochodzenia naturalnego



Źródło: Opracowanie własne.

Pszczelarze, którzy w odpowiedzi na pytanie – „Czy w przyszłości skłaniałby się Pan/Pani do zastosowania w pasiece preparatów: pochodzenia naturalnego, komercyjnego lub farmakologicznego?”, najczęściej wybrali odpowiedź „pochodzenia naturalnego”. Reprezentowali oni grupę osób z wykształceniem wyższym (Rys. 4), zamieszkujących obszary wiejskie (Rys. 5) oraz w wieku od 40 do 50 lat (Rys. 6).

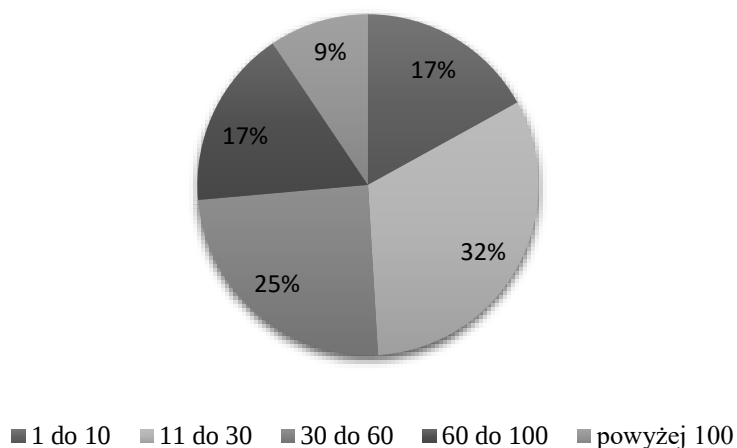
Rysunek 6. Wiek osób skłonnych zastosować substancje pochodzenia naturalnego



Źródło: Opracowanie własne.

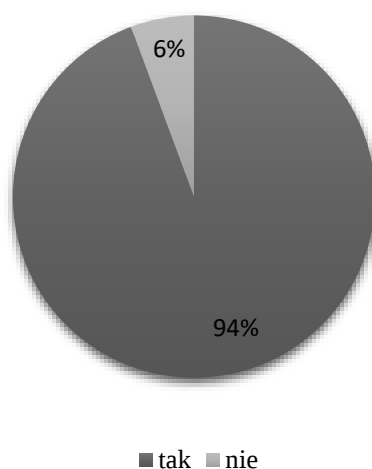
W części B ankiety uzyskano odpowiedzi na temat wielkości prowadzonych pasiek, uzyskiwania w nich produktów odpszczelich, w których preparaty naturalne był jedynym wyborem.

Rysunek 7. Ilość uli w pasiekach



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 8. Pozyskiwanie produktów pszczelich w pasiekach



Źródło: Opracowanie własne.

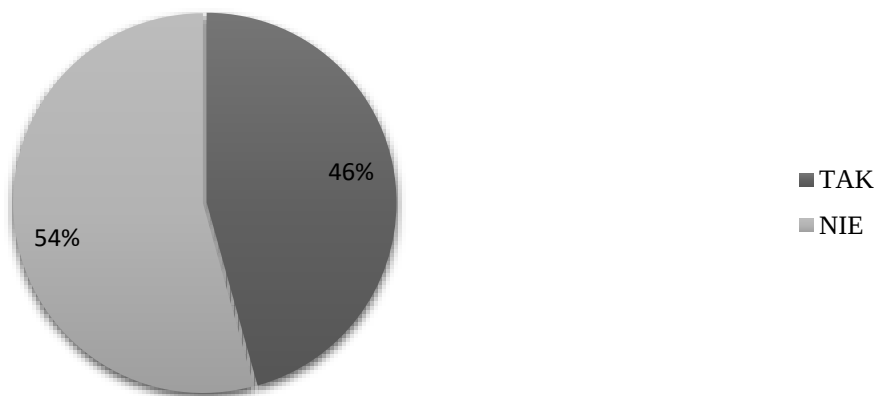
Najliczniej występujące pasieki posiadały od 11 do 30 uli lub 30 do 60 uli (Rys. 7) i w większości z nich (94%) uzyskiwane są produkty odpszczele (Rys. 8). 74% właścicieli pasiek uzyskuje dochody dodatkowe, niezwiązane z ich źródłem głównych zarobków (Rys. 9).

Rysunek 9. Dochód otrzymywany w ramach prowadzenia pasieki



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 10. Zastosowanie substancji suplementujących w pasiekach



Źródło: Opracowanie własne.

Na pytanie: „Czy w pasiece stosuje Pan/Pani środki zapobiegające chorobom (suplementacja itp.)”- 54% ankietowanych odpowiedziało TAK (Rys. 10). Osoby, które zadeklarowały stosowanie takich substancji, wymieniały olejki eteryczne oraz probiotyki.

Dyskusja

Badania miały na celu uzasadnienie prowadzonych w jednostkach badawczych doświadczeń oraz ocenić sytuację, jaka ma miejsce w warunkach polowych – na pasieczyskach. Dzięki odpowiedziom ankietowanych, uzyskano wstępne informacje na temat ich doświadczeń związanych z zastosowaniem preparatów leczniczych/wspomagających w hodowli pszczół. Bardzo wysoki procent zastosowania preparatów naturalnych, może mieć uzasadnienie w ostatnich trendach ogólnoswiatowych, które starają się ograniczać chemizację środowiska oraz przekonanie, że dotychczasowe środki nie działają dostatecznie dobrze. Bardzo duża liczba pszczelarzy potwierdziła celowość wykorzystania substancji naturalnych. W takim przypadku, niezwykle ważnym zagadnieniem jest bezpieczeństwo produktów pszczelich i zabezpieczenie ich przed odkładaniem związków działających niekorzystnie na konsumentów. Wysoki procent osób zamieszkujących obszary wiejskie prowadzi pasieki, co może być związane z tradycją. Wyższe wykształcenie może przyczyniać się do większego zainteresowania nowymi preparatami, w tym ostatnio badanych ekstraktami roślinnymi (Semkiw i in. 2018). Chęć zastosowania preparatów pochodzenia naturalnego, wynikać może również z wcześniejszych doświadczeń oraz pozytywnego efektu ich wykorzystania.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że stosowanie w pasiekach środków pochodzenia naturalnego, cieszy się rosnącym zainteresowaniem. Pasieki w większości prowadzone są przez osoby, które deklarują cel nie tyle produkcyjny, co hobbystyczno-produkcyjny. Dlatego właściciele pasiek zainteresowani są uzyskiwaniem produktu wysokiej jakości. To z tego powodu występuje na rynku tendencja do poszukiwania naturalnych substancji suplementujących. Istnieje też potencjał do rozszerzenia grupy stosowanych środków o czynniki mające działanie profilaktyczne.

Literatura

- Burzynski S., Paleolog J., Patii S., Ilkowska-Musiał E., Borsuk G., Olszewski K., Strachecka A. 2013. *Changed gene expression and longevity in honeybees (Apis mellifera) fed with phenylbutyrate-and phenylacetylglutamate-supplemented diet*. Med. Weter, 69(12): 754.
- Ellis J. D., Evans J. D., Pettis J. 2010. *Colony losses, managed colony population decline, and Colony Collapse Disorder in the United States*. Journal of Apicultural Research, 49(1): 134-136.
- Farjan M., Żółtowska K., Lipiński Z., Łopieńska-Biernat E., Dmitryjuk M. 2015. *The effect of dietary vitamin C on carbohydrate concentrations and hydrolase activity, during the development of honey bee Worker brood*. Journal of Apicultural Science, 53(1): 5-16.
- Manning R. 2001. *Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees*. Bee World, 82(2): 60-75.
- Semkiw P., Skubida P., Jeziorski K., Pioś A. 2017. *Sektor pszczelarski w Polsce w 2018 roku*. Instytut Ogrodnictwa Zakład Pszczelnictwa w Puławach.
- Somerville D. 2000. *Honey bee nutrition and supplementary feeding*. Agnote DAI/178, NSW Agriculture.
- Strachecka A., Krauze M., Olszewski K., Borsuk G., Paleolog J., Merska M., Grzywnowicz K. 2014a. *Unexpectedly strong effect of caffeine on the vitality of western honeybees (Apis mellifera)*. Biochemistry (Moscow), 79(11): 1192-1201.
- Strachecka A., Olszewski K., Paleolog J., Borsuk G., Bajda M., Krauze M., Chobotow J. 2014b. *Coenzyme Q10 treatments influence the lifespan and key biochemical resistance systems in the honeybee, Apis mellifera*. Archives of insect biochemistry and physiology, 86(3): 165-179.
- Strachecka A., Olszewski K., Paleolog J. 2015. *Curcumin Stimulates Biochemical Mechanisms of Apis Mellifera Resistance and Extends the Apian Life-Span*. Journal of Apicultural Science, 59(1): 121-141.

Rozdział IV

Wpływ kształtowania przestrzeni na środowisko

Wpływ zieleni miejskiej na podniesienie komfortu życia w mieście

Municipal greenery has a big impact of the improvement on the comfort of living

Fabian Miszewski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Miłośników Roślin Ozdobnych
Opiekun: dr inż. Beata Płoszaj-Witkowska

Abstract

Urban greenery places could bring the society many gainings, but we have a really low level of the social awareness relative to greenery in most of the Poland cities. I have noticed that polish people often underestimate the importance of the green paths. They have a tendency to recuperate those paths to something “more useful” like housing estates, industry or services. However we cannot forget that green areas in cities have enormous influence not only on the image of the city as a tourist space but primarily have a great meaning for people’s health (mental and physical) and what’s more for comfort of living in city. One of the most important changes which we can observe in cities by impact of green areas is improving of city’s microclimate, reducing air pollution, which are result of fumes emission, furthermore green areas reduce awkward noise caused by traffic flow.

Keywords: green areas, life comfort, urban landscape,

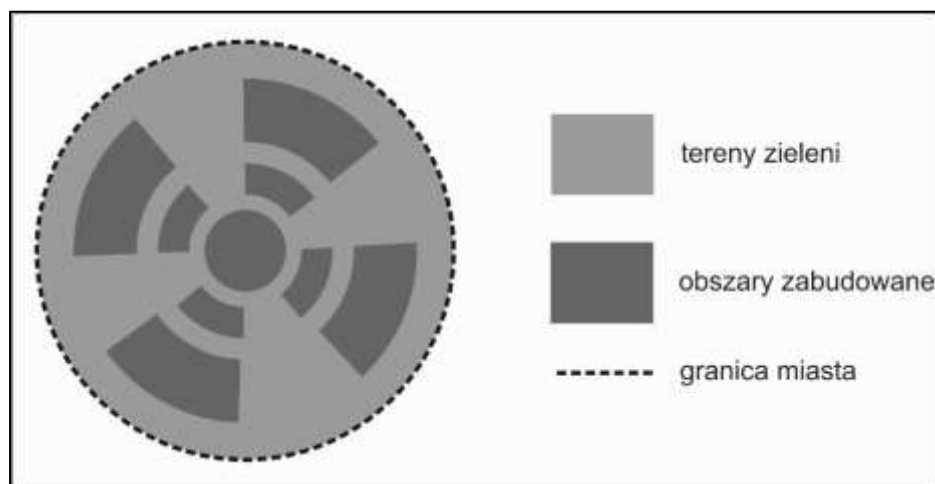
Wstęp

Znaczenia terenów zieleni miejskiej, ze względu na jego wieloaspektowość, nie da się jednoznacznie i prosto określić. Tereny zielone wpływają nie tylko na pozytywny odbiór ośrodków miejskich, na wzrost ich wartości turystycznej, gospodarczej oraz samej nieruchomości (Szczepanowska 2012), ale przede wszystkim wywierają one ogromny wpływ na dobre funkcjonowanie mieszkańców miast, prawidłowy rozwój psychofizyczny oraz emocjonalny dzieci i młodzieży a także na poprawę mikroklimatu miasta.

Wszystkie korzyści, jakie przynoszą nam tereny zieleni, zarówno w miastach jak i poza nimi, określane są mianem usług ekosystemów (z ang. ecosystem services) (Żylicz 2010, Kronenberg 2012). Samo pojęcie doskonale obrazuje, jak wielkie znaczenie (nie tylko przyrodnicze) ma zieleń,. Ujęcie funkcji pod nazwą usług, wskazuje jednoznacznie na wymiar gospodarczy zieleni miejskiej. W dobie przeznaczania ogromnych połaci terenu pod budowę nowych zakładów pracy oraz zabudowę mieszkaniową czy usługową, a przy tym pokrywania powierzchni gruntu materiałami nieprzepuszczalnymi (takimi jak asfalt, beton, bruk i wiele innych), tereny zajęte przez parki, skwery czy zieleńce stają się niesamowicie cenne, a jednak

ciągle niedoceniane i uważane za zbędne. Takie spojrzenie na tereny zieleni w mieście spowodowane jest zajmowaniem przez nie działek o nierzadko dużej powierzchni oraz znajdujących się w wielu przypadkach w ścisłym centrum miast, przez co wartość rynkowa tych terenów może osiągać kolosalne kwoty. Niestety, w pogoni za zyskiem, takie tereny często przeznaczane są pod budowę np. ogromnych biurowców, poza odosobnionymi przypadkami pomysłów działań odwrotnych. Niszcząc środowisko, zdecydowanie obniżamy możliwość dostarczania nam przez nie istotnych usług, a co za tym idzie, przez zyskanie nowego cennego terenu, tracimy inne ważne i bezcenne wartości. Przez degradację środowiska dopuszczamy do obniżenia jakości naszego życia w mieście, dlatego wszelkie formy działalności, które prowadzą do chronienia otaczającej nas przyrody, powinniśmy uważać za inwestycje, które przyniosą określoną stopę zwrotu. Dla przykładu można zwrócić się w stronę badań, które przeprowadzono w Nowym Jorku. Pokazały one, że zysk z jednego dolara wydanego na zabiegi pielęgnacyjne obejmujące zadrzewienia przyuliczne, przynosi miastu korzyść w wysokości 5,60 USD (Kronenberg 2012). Co więcej, prowadzenie regularnej pielęgnacji terenów zieleni miejskiej, może znacząco wpłynąć na zmniejszenie stopy bezrobocia, ponieważ wymagając odpowiedniego utrzymania – stwarzają nowe miejsca pracy.

Rysunek1. Układ pierścieniowo-klinowy rozmieszczenia terenów zieleni w mieście



Źródło: Opracowanie własne.

Potrzeba stwarzania nowych i rewitalizacji istniejących terenów zieleni miejskiej, jest zjawiskiem zauważalnym na całym świecie. Niestety, w wielu miastach przeliczenie powierzchni terenów zielonych przypadających na jednego mieszkańca, znacznie odbiega od normy Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), która jak wspomina Walkowicz (2001), powinna wynosić 50 m²/1 mieszkańca. Natomiast Wodzińska (2015) pisze, że poszukać trzeba

właściwej proporcji określającej stosunek powierzchni obszarów zielonych do obszarów objętych zabudową (liczony w m²). Zaznacza także ważną rolę, jaką pełni rozmieszczenie terenów zieleni w przestrzeni miejskiej, za najkorzystniejszy przyjmując układ pierścieniowo-klinowy (Rys. 1).

Walkowicz (2001) zaznacza również, że zielenie miejska, nie cechująca się różnorodnością biologiczną, nie spełnia wszystkich swoich zadań przez ograniczenie możliwości rozwijania się w jej obrębie nowych nisz ekologicznych, przez co nie w pełni oddziałuje na środowisko. Odnosi się on również do powierzchni terenów zieleni miejskiej w wybranych miastach Europy, w stosunku do ich ogólnej powierzchni, podając przykłady Hannoweru i Brukseli, gdzie tereny zielone zajmują więcej niż 20% ogólnej powierzchni administracyjnej miasta oraz Rotterdamu i Madrytu, w których ten stosunek jest całkowicie odwrotny, a udział terenów zielonych w ogólnej powierzchni miasta, jest mniejszy niż 5%. Tym samym pokazuje, że problem niewystarczającej ilości w zieleni na terenie miast, rozciąga się na skalę globalną.

Cel i metoda

Głównym celem była prezentacja i analiza wielkości powierzchni terenów zielonych, która przypada na jednego mieszkańca w dużych polskich miastach. Uzyskane wyniki odnoszono do zaleceń opublikowanych przez Światową Organizację zdrowia (WHO). Ustalono i porównano metody pielęgnacji i zakładania terenów zieleni w różnych miastach, oceniono częstotliwości zniszczeń form zieleni miejskiej powodowanych przez osoby trzecie lub w wyniku innych działań. Określono procentowy udział terenów zieleni w ogólnej powierzchni miast a także wyliczono procentowych udział odnotowanych zniszczeń.

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone na przełomie lutego i marca 2019 roku. Wybrano miasta zróżnicowane, zarówno pod względem liczby mieszkańców, jak i powierzchni administracyjnej. Cele badań zrealizowano za pomocą 15 ankiet badawczych skierowanych do urzędów miast i gmin oraz do zarządów zieleni miejskiej lub instytucji pokrewnych, zajmujących się utrzymaniem terenów zielonych w miastach ujętych w tabeli 1. Ankietę składała się z 18 pytań, głównie zawartych w formie zamkniętej. Otrzymano dziewięć wypełnionych ankiet, natomiast w przypadku sześciu pozostałych miast, takich jak Chojnice, Katowice, Łódź, Warszawa, Poznań i Wrocław, informacje uzupełniono z Banku Danych Lokalnych (BDL).

Wyniki badań

We wszystkich analizowanych miastach tereny zieleni kształtują się inaczej, jednak niektóre ośrodki miejskie, cechują się zdecydowanie większym udziałem terenów zieleni miejskiej przypadającej na jednego mieszkańca, co zdecydowanie w pozytywny sposób wpływa na ich odbiór (Rys. 2). Jednocześnie trzeba zaznaczyć, że nie można porównywać ilości terenów zielonych w miastach jedynie pod względem ich powierzchni ogólnej, ponieważ zróżnicowanie demograficzne i obszarowe badanych ośrodków, jest zbyt duże.

Jak pokazują wyniki badań jedynie 3 miasta (Bydgoszcz, Gdańsk, Opole) spełniają wymagania Światowej Organizacji Zdrowia odnośnie powierzchni terenów zieleni miejskiej przypadającej na jednego mieszkańca (Rys. 3), która wynosi min. 50 m²/osobę. Pozostałe z nich, mimo często sporego udziału obszarów terenów zieleni w ogólnej powierzchni miasta, nie mają ich wystarczającej liczby. Wyniki pokazują również, że ilość zieleni dostępnej dla jednej osoby, kształtuje się na podobnym poziomie niezależnie od wielkości miasta: Chojnice – 21,84 m²/os., Olsztyn - 19,17 m²/os. i Warszawa - 25,43 m²/os. (Rys. 3).

Tabela 1. Zestawienie miast i jednostek, które wzięły udział w badaniu ankietowym.

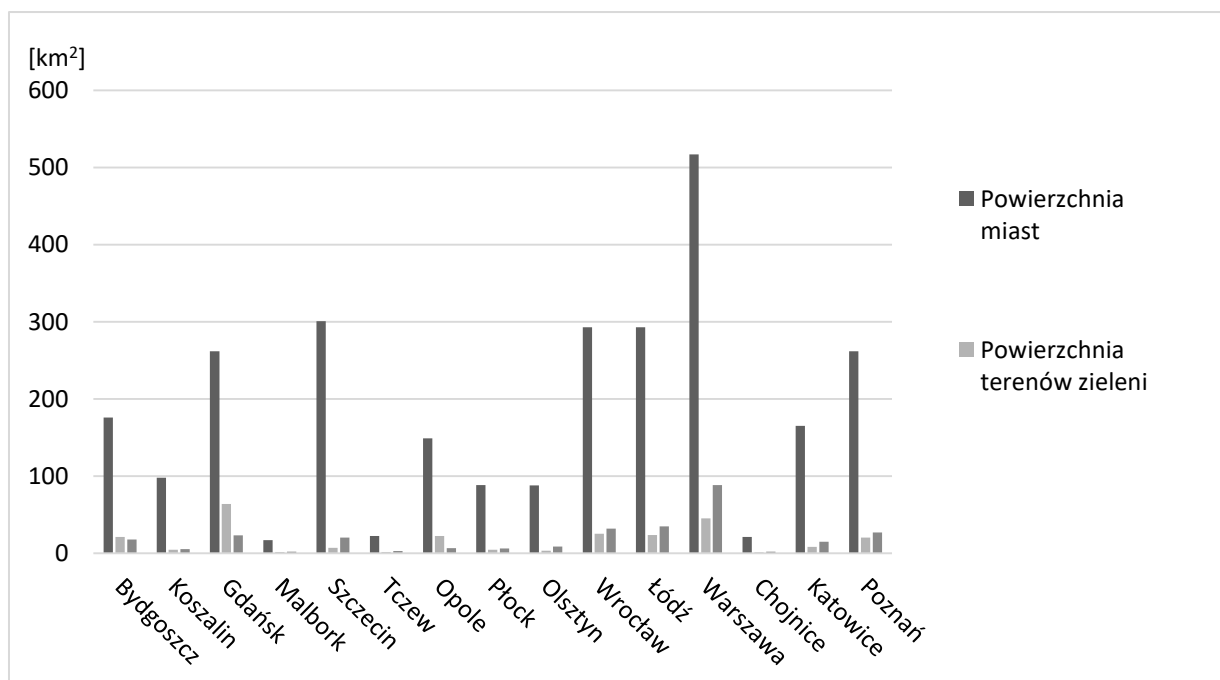
Lp.	Miasto	Jednostka uzupełniająca
1.	Bydgoszcz	Urząd Miasta Bydgoszcz
2.	Gdańsk	Gdański Zarząd Dróg i zieleni
3.	Koszalin	Zarząd Dróg i Transportu w Koszalinie
4.	Malbork	Urząd Miasta Malbork
5.	Olsztyn	Zarząd Dróg Zieleni i Transportu w Olsztynie
6.	Opole	Miejski Zarząd Dróg w Opolu
7.	Płock	Urząd Miasta w Płocku
8.	Szczecin	Urząd Miasta Szczecin
9.	Tczew	Urząd Miasta w Tczewie

Źródło: Opracowanie własne.

Większość analizowanych miast, ma zinwentaryzowane tereny zieleni znajdujące się w ich granicach administracyjnych (78%), co z pewnością pomaga w podejmowaniu odpowiednich decyzji dotyczących inwestycji na danych terenach oraz pozwala przewidzieć konieczność wykonania poważniejszych zabiegów pielęgnacyjnych. Bardzo budującym jest fakt, że we wszystkich miastach poddanych badaniu ankietowemu, istnieją zadrzewienia uliczne (100%). Oznacza to, że władze ośrodków miejskich zdają sobie sprawę ze znaczenia

występowania drzew wzdłuż ulic miast oraz płynących z tego ogromnych korzyści. Konsultacje z mieszkańcami w sprawie utrzymania terenów zielonych, prowadzi 67% ankietowanych jednostek.

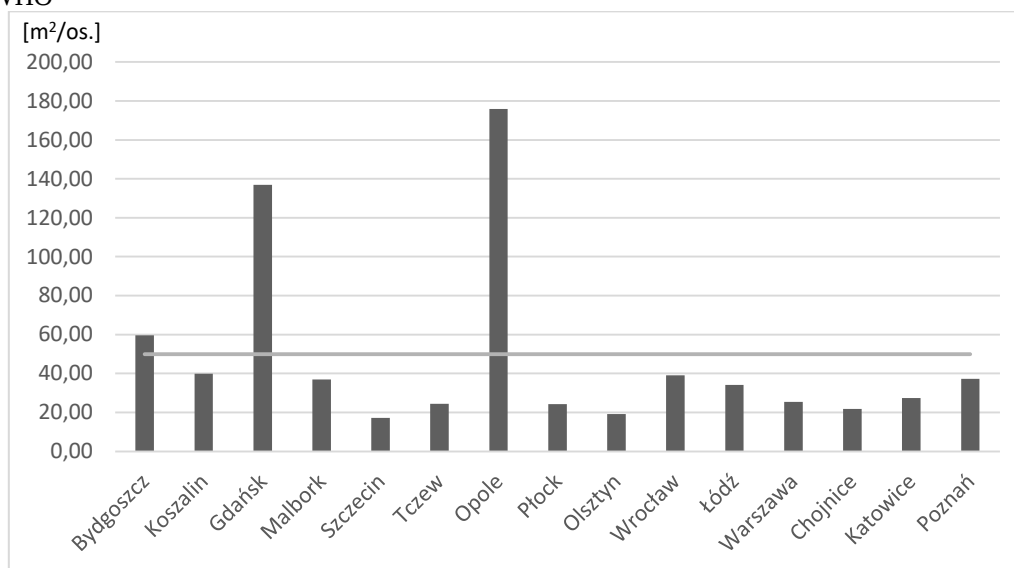
Rysunek 2. Porównanie powierzchni miast, powierzchni terenów zielonych i powierzchni koniecznej do spełnienia wymagań wskaźników WHO



Źródło: Opracowanie własne.

Wszystkie z ankietowanych miast wykonują regularne zabiegi pielęgnacyjne roślin, większość z nich okrywa wrażliwe rośliny na okres zimowy (56%) oraz osłania je osłonami, głównie przeciwsłonnymi w okresie zimowym (78%). Na terenach tych, systemy nawadniania stosowane są w 56% badanych miast. Zdecydowana większość ośrodków miejskich używa również rozmaitych narzędzi do pielęgnacji (78%) oraz stosuje nowe trendy i technologie przy zakładaniu rabat (67%). Część z nich wykorzystuje chociażby automatyczne sadzarki roślin cebulowych, co z pewnością przyspiesza prace i pomaga wykonać je ze zwiększoną precyzją. We wszystkich miastach występują pomniki przyrody (100%), w niektórych bardzo licznie (Gdańsk 260 sztuk (stan na 2018r.)), co może sprzyjać edukacji dzieci i młodzieży, a także poszerzaniu świadomości osób dorosłych odnośnie konieczności ochrony przyrody. Podobny wynik uzyskało pytanie dotyczące źródeł pozyskiwania materiału roślinnego.

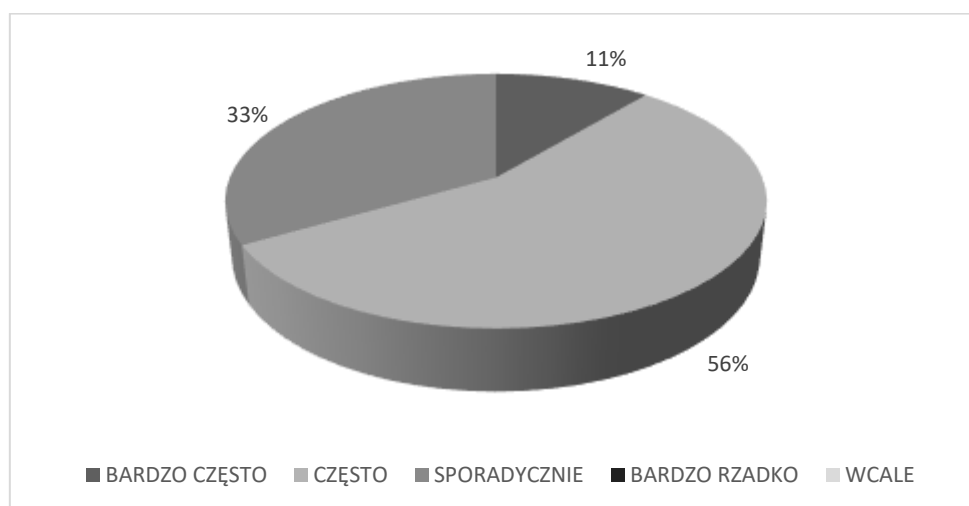
Rysunek 3. Porównanie terenów zieleni miejskiej przypadającej na jednego mieszkańca do normy ustalonej przez WHO



Źródło: Opracowanie własne.

Nowym elementem w miastach są łąki kwietne. Nie są one trudne w utrzymaniu, a pozwalają osiągnąć widowskowe efekty. Ponad połowa (56%) badanych ośrodków założyła już wspomniane łąki.

Rysunek 4. Częstotliwość występowania zniszczeń



Źródło: Opracowanie własne.

Najbardziej popularne są parki i skwery, do których utrzymania przyznaje się 89% miast, zieleni na placach występuje w 78% samorządów. Bulwary posiada 44% badanych a zieleni nad jeziorami i rzekami pielęgnuje 56%. W 44% miast występują także lasy. Aż 67% miast wykazuje inne formy terenów zieleni miejskiej, jako przykłady podając zieleni w pasach

dróg, na placach zabaw, wybiegach dla psów czy nawet cmentarzach komunalnych. Chojnice, podobnie jak znacznie większe miasta wojewódzkie (Olsztyn czy Warszawa), mają porównywalną powierzchnię terenów zielonych przypadających na jednego mieszkańca

Dyskusja

Jednymi z podstawowych korzyści, jakie dają nam drzewa rosnące w pasach dróg i ulic, jest chociażby obniżenie temperatury nawierzchni i przestrzeni powietrznej, znajdującej się w cieniu ich koron. Wiele badań przeprowadzonych na całym świecie potwierdza, że zadrzewienia uliczne, mają ogromne znaczenie. Świetne przykłady podaje Szczepanowska (2012), która przytacza wyniki badań przeprowadzonych w Monachium. Wykazały one, że na terenach słabo zadrzewionych, temperatura powietrza osiągała średnio 40°C a na terenach zadrzewionych temperatura jaką osiągała powierzchnia gruntu, wynosiła 22°C. Bednarek (1984) podaje, że różnice temperatury powierzchniowej w Warszawie, pomiędzy obszarem zadrzewionym i wystawioną na bezpośrednie działanie promieni słonecznych powierzchnią pokrytą asfaltem, wynosiły aż 19,5°C, podczas gdy temperatura powietrza wynosiła 25°C. Co więcej, Szczepanowska (2012) zwraca uwagę na zależność występującą pomiędzy koncentrowaniem się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym i wzrostem jego temperatury. Z badań opublikowanych przez Botkina i Beweridge (1997) wynika, że wzrasta zanieczyszczenie powietrza o 10% (na każde 5% temperatury powietrza powyżej 24°C). Zadrzewienia uliczne odgrywają też dużą rolę w procesie zatrzymywania wód opadowych, które często stanowią spory problem dla miast, ze względu na ograniczoną możliwość infiltracji przez zbyt nieuszczelnienie podłoża.

Niepokojącym faktem jest występowanie zniszczeń założeń roślinnych o dużej częstotliwości (56% miast deklaruje częste zniszczenia – Rys. 5). Dowodzi to niskiej świadomości społecznej mieszkańców dotyczącej korzyści, jakich przynoszą im tereny zieleni. Zdaniem Kronenberga (2012), sposobem na zbudowanie świadomości społecznej w zakresie ochrony przyrody i korzyści płynących z jej obecności w mieście, jest aktywne włączanie mieszkańców w procesy kształtowania i tworzenia nowych obszarów zielonych oraz w tworzenie inwentaryzacji istniejących obszarów. Takie działania budzą poczucie odpowiedzialności społecznej, przywiązania do współtworzonej przestrzeni oraz pozwalają uświadomić społeczeństwo o stanie istniejących terenów oraz o konieczności ich ochrony. Wyniki pokazują, że niewiele miast prowadziło badania ankietowe wśród swoich mieszkańców, które dotyczyłyby posiadanych obszarów zieleni. Można po tym wnioskować,

że nie uwzględniają oni ich opinii przy prowadzeniu jakichkolwiek prac związanych z nimi, a przecież zielen miejska powinna służyć właśnie mieszkańcom.

Podsumowanie

Tereny zieleni mają ogromne znaczenie dla miast, ponieważ wpływają one na wiele aspektów życia w mieście, jak chociażby na zwiększenie wartości nieruchomości czy stworzenie swoistej marki danego miejsca (Kronenberg 2012). Jednak największy wpływ mają na mieszkańców, ich samopoczucie i komfort. Terenom zieleni przypisuje się wiele znaczeń: izolacyjne, edukacyjne, rekreacyjne, ozdobne oraz zdrowotne. Poza tym określa się je jako mające znaczenie psychologiczne, co definiuje tereny zieleni jako działające odprężająco i wyróżniające się spośród zwartej zabudowy miast (Niewiadomski 2013). Walkowicz (2001) podkreśla, że mieszkańcy miast powinni mieć zapewnione wszystkie elementy konieczne do życia, czyli nie tylko pracę, ale także wypoczynek i rekreację. Wszelkie formy zieleni w miastach (zielen osiedlowa, tereny sportowe czy ogrody botaniczne i historyczne) powinny sprzyjać odpowiedniemu wypoczynkowi ludności miast. Powinny też służyć regeneracji zdrowia psychicznego i fizycznego mieszkańców oraz posiadać znaczenie wychowawcze i społeczne (Cielecka 1986).

Tereny zieleni miejskiej w większości miast poddanych badaniu, nie spełniają wymagań podanych przez Światową Organizację Zdrowia. 1/3 z nich nie osiągnęła nawet połowy wymaganego progu, a tylko 3 z nich go przekroczyły. Pozytywnie natomiast nastraja stan utrzymania terenów zielonych w tych miastach. Najbardziej niepokojącą sprawą jest fakt, że występuje duża częstotliwość zniszczeń występujących w nasadzeniach a największą grupę wśród nich stanowią kradzieże nowych sadzonek oraz młodych roślin iglastych.

Z badań można wyciągnąć pewne propozycje działań dla miast. Przede wszystkim miasta powinny prowadzić intensywne działania pobudzające świadomość mieszkańców, edukację dzieci i młodzież w zakresie korzyści płynących z istnienia terenów zieleni oraz konieczności ich ochrony. Poza tym mieszkańcy powinni być angażowani w tworzenie nowych obszarów zieleni, co wzbudziłoby w nich poczucie przynależności do tych miejsc oraz odpowiedzialności za nie, co z pewnością zmniejszyłoby skalę zniszczeń powodowanych aktami wandalizmu oraz kradzieżami.

Literatura

Bank Danych Lokalnych - <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica> (dostęp 6.03.2019 r).

- Bednarek A. 1984. *Z badań nad mikroklimatem miasta*, praca zbiorowa: *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego*, Instytut Kształtowania Środowiska, PWN: 79-93.
- Botkin B.A, Beveridge J. 1997 *Cities as Enviroments*, Urban Ecosystems (1): 6-7.
- Cielecka A. 1986. *Zieleń w miastach*. Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica, 58: 103-120.
- Kronenberg J. 2012. *Usługi ekosystemów w miastach*. Zrównoważony rozwój – zastosowania nr. 3: 13-28.
- Niewiadomski A. 2013. *Struktura i znaczenie terenów zieleni w Łodzi na tle dużych ośrodków miejskich w Polsce*. Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica 12: 33-47.
- Szczepanowska H.B. 2012. *Miejsce terenów zieleni w strukturze zintegrowanego projektowania, zarządzania i oceny ekologicznej inwestycji miejskich*. Człowiek i środowisko. 36 (1-2): 25-49.
- Walkowicz T. 2001. *Społeczne i ekologiczne aspekty tworzenia i utrzymania terenów zieleni miejskiej*. Fundacja Wspierania Inicjatyw Ekologicznych. <http://www.zb.eco.pl/inne/lokalne/fwie.htm>
- Wodzińska D. 2015. *Rozwój systemu zieleni miejskiej w Głogowie*. Ecological Engineering. vol. 43: 15-22.
- Żylicz T. 2010. *Wycena ekosystemów. Przegląd Wyników badań światowych*. Ekonomia i Środowisko (37): 31-45.

Ocena funkcjonowania zieleni na osiedlu mieszkaniowym Nowe Miasto w Rzeszowie i propozycje zmian

Assessment of greenery functioning in a housing estate in Rzeszów and proposals for changes

Anna Sasin
Kamila Sudoł
Natalia Kadłuczka

Uniwersytet Rzeszowski,
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Studenckie Koło Naukowe Rolników „Włościanin”
Opiekun: dr inż. arch. kraj. Marta Gargała-Polar

Abstract

The city of Rzeszów is characterized by a stain system of greenery. The most vegetated vegetation is the street and housing greenery. A small percentage is municipal parks and forests.

The purpose of this study was to assess the functioning of the Nowe Miasto estate in Rzeszów. Data was collected using the original questionnaire, and the results were prepared using the SWOT analysis.

On the basis of the research, it was found that estate greenery is not very diversified species. Trees, shrubs and lawns dominate, and the share of vines, perennials and grasses is insignificant, which in addition to decorative features may serve as camouflage functions, set points in the housing estate and protect against street noise. In addition, all the functions of greenery are not used, and it focuses only on the decorative qualities of the plants. Due to the attendance and intensity of use, this space is important in the life of the residents of the housing estate. However, due to the lack of proper development, it interferes with the technical and development infrastructure.

Keywords: estate greenery, SWOT analysis, space functionality, greenery in the city.

Wstęp

Rzeszów uważany jest przez mieszkańców za miasto estetyczne, zadbane i stale rozwijające się. Właściwe zarządzanie i pozyskiwane fundusze unijne sprawiają, że miasto zyskało miano stolicy innowacji, a stale wzrastająca liczba mieszkańców, rozwój przemysłu informatycznego i lotniczego, wpływają na dalszy rozwój Rzeszowa. Duży potencjał kulturalny jest możliwy dzięki licznym zabytkom, kościołom i obiektom turystyczno-rekreacyjnym (Palak 2015).

Rzeszów charakteryzuje się plamowym systemem zieleni, na który składają się zieleń nieuporządkowana oraz rozproszone parki, zieleńce i skwery. Powstał on w procesach rozwoju i rozbudowy miast, bez konkretnego planu lokalizacji miejsc zieleni. Niestety, w większości, formy zieleni nie są połączone ze sobą ciągami zieleni, przez co nie mogą tworzyć korytarzy

ekologicznych, które są bardzo istotne w przestrzeniach miejskich. Duży wpływ na system przyrodniczy Rzeszowa mają cieki wodne. Należy podkreślić, że największą wartość przyrodniczą mają dolina Wisłoka, umożliwiająca wymianę genową organizmów i podniesienie bioróżnorodności oraz chroniony rezerwat „Lisia Góra”, który stanowi ostoję cennych gatunków dendroflory (Słysz i in. 2004). Obecnie funkcję parku miejskiego sprawuje park im. Solidarności przy ul. Dąbrowskiego, teren jednak wydaje się opuszczony i częściowo zaniedbany. Ważnym nowoutworzonym parkiem jest Park Papieski, który powstał z inicjatywy społeczeństwa, niezgadzającego się na wybudowanie w tym miejscu sklepu wielkopowierzchniowego. Zastosowana partycypacja społeczna umożliwiła uniknięcie konfliktów pomiędzy przyszłymi użytkownikami a inwestorem, pomogła urzeczywistnić potrzeby mieszkańców oraz zwiększyć integrację społeczeństwa. Zabieg ten sprawił, że projekt uważa się za udany, ponieważ: dostosowano w nim strefy dla różnych grup społecznych, lokalizacja umożliwia podziwianie zarówno miasta jak i zalesionych stoków, zwiększono udział urządzonej zieleni w mieście oraz wykorzystano koncepcje *smart city*. Analizując przestrzeń Rzeszowa, możemy dostrzec pewne niedoskonałości m.in.: obecność zbyt wielu samochodów osobowych, które utrudniają sprawną komunikację miejską, niewiele ścieżek rowerowych i spacerowych w mieście, zbyt mało niewielkich placów osiedlowych i zieleńców, umożliwiających wypoczynek mieszkańcom oraz zmniejszanie powierzchni publicznych służących do wypoczynku na rzecz przestrzeni prywatnych i handlowych (Malikowski i Halik 2015). Bardzo dużą powierzchnię terenów pokrytych darnią stanowią pasy drogowe. Oprócz gatunków typowych dla tego rodzaju nawierzchni, pasy te, podobnie jak i inne trawniki Rzeszowa, pokrywa roślinność dwuliścienna, która ubarwia tereny w czasie kwitnienia. Wśród zieleni Rzeszowa często natrafiamy na kompozycje składające się dodatkowo z okazów traw ozdobnych. Takie nasadzenie, atrakcyjne przez większą część roku urozmaicają przestrzeń, dodają nowoczesności, a ruch żdźbeł podczas wiatru dodatkowo wprowadza dynamikę w przestrzeni (Stompor-Chrzan i in. 2014).

Cel i metoda

Celem niniejszego opracowania była ocena funkcjonowania zieleni osiedlowej na przykładzie osiedla Nowe Miasto w Rzeszowie. Badania wykonano w 2017 roku a celowość wyboru tego obszaru wynikała ze wstępnych obserwacji osiedli, po których stwierdzono, że obszar ten mimo „młodego powstania” cechuje się bogactwem i różnorodnością form zieleni. Dane zbierano przy użyciu autorskiej karty pracy, przystosowanej dla każdego z typów zieleni, a wyniki opracowano przy użyciu analizy SWOT. Metoda oceny zieleni na osiedlu polegała na

wyborze terenów biologicznie czynnych, zakwalifikowanych do poszczególnych kategorii i osądzeniu czy wybrany obszar jest zaprojektowany zgodnie ze sztuką architektoniczną oraz określenie, jaki rodzaj zieleni dominuje, a także czy istnieją konflikty pomiędzy infrastrukturą techniczną, a drzewami. W tym celu zastosowano analizę SWOT, która w przejrzysty sposób pokazuje wady i zalety badanego problemu. Metoda ta wymagała ustalania najważniejszych kryteriów, jakie powinny spełniać płaszczyzny zielone a wynikające z oceny wnioski, mają za zadanie pomóc w sformułowaniu rozwiązań w zakresie wprowadzania nowych nasadzeń tak, aby uniknąć błędów i podnieść walory estetyczne miejsca oraz zaproponować wykonanie potrzebnych zabiegów pielęgnacyjnych.

W tabeli 1 przedstawiono przykładową kartę pracy dla zieleńców. Karta pracy została podzielona na kilka części zaczynając od graficznego przedstawienia lokalizacji inwentaryzowanego terenu.

Następnie przedstawiono kryteria odnoszące się do czynników, według których określono:

- sposób użytkowania budynków,
- rodzaj występującej zieleni,
- funkcje zieleni.

Następnie dokonano oceny występującej zieleni. W zakresie uwarunkowań wewnętrznych ocenie podlegają:

- obecność czynników kompozycyjnych w nasadzeniach (rytm / symetria / proporcja / punkt lub dominanta),
- czynniki biologiczne (wielkość powierzchni, sposób wykorzystania powierzchni, liczebność drzew, struktura wiekowa, struktura gatunkowa i struktura pionowa roślinności),
- czynniki społeczne (sposób użytkowania terenu, frekwencja użytkowania terenu).

Dalej ocenie poddano techniczne czynniki zewnętrzne tj.:

- oddziaływanie infrastruktury technicznej i zabudowy,
- oddziaływanie pieszych,
- oddziaływanie samochodów,
- zasolenie,
- zanieczyszczenie przez psy,
- pielęgnacja i utrzymanie roślinności,
- dostosowanie zasad komponowania zieleni w zależności od pełnionej funkcji.

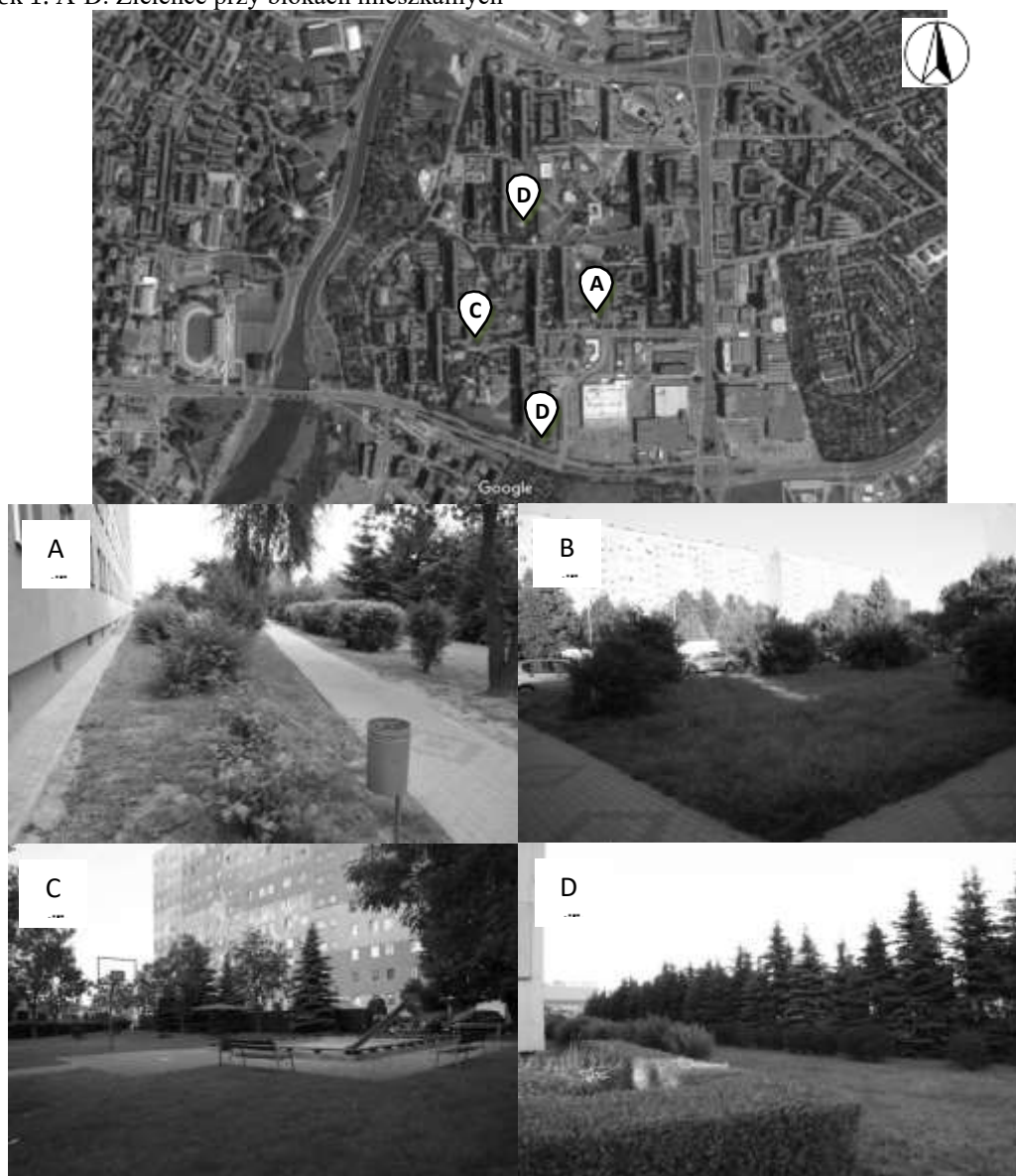
W ostatniej części karty pracy wymieniono dominujące gatunki drzew i krzewów, dla badanego terenu.

Inwentaryzacji, wg autorskiej karty pracy, poddano następujące płaszczyzny biologiczne: zieleńce, zieleń terenów nadrzecznych, zieleń w przedogródkach blokowych, zieleń towarzyszącą: komunikacji, obiektom usługowo-handlowym, zabudowie indywidualnej, szkołom oraz obiektom sakralnym (Rys. 1).

Tabela 1. Przykładowa kart pracy - karta pracy dla zieleńców

Karta 1	ZIELEŃCE	Wyniki oceny
	Lokalizacja badanego obszaru	
	Obszar przedstawiony na fotografii	

Rysunek 1. A-D. Zieleńce przy blokach mieszkalnych



Źródło: Fotografie własne.

BUDYNEK - SPOSÓB UŻYTKOWANIA					
	kulturalna		handlowo- usługowa		
X	mieszkalna		obiekt użyteczności publicznej		
RODZAJ WYSTĘPUJĄCEJ ZIELENI					
X	trawniki	X	krzewy		
X	drzewa		trawy ozdobne		
	pnącza		roślinność sezonowa		
	byliny				
FUNKCJE ZIELENI					
X	techniczna		estetyczna		
X	wypoczynkowa		kompozycyjna		
X	rekreacyjna		dydaktyczna		
OCENA WYSTĘPUJĄCEJ ZIELENI					
W ZAKRESIE UWARUNKOWAŃ WEWNĘTRZNYCH OCENIE PODLEGAJĄ					
CZYNNIK KOMPOZYCJI	WYSTĘPUJE		NIE WYSTĘPUJE		
rytm	X				
symetria			X		
proporcja	X				
punkt lub dominanta			X		
CZYNNIKI BIOLOGICZNE					
Wielkość powierzchni					
odpowiednia dla drzew wysokich	X	odpowiednia dla krzewów i trawnika		odpowiednia dla trawnika	
Sposób wykorzystania powierzchni					
całkowicie zagospodarowana		częściowo zagospodarowana	X	niezagospodarowana	X
Liczebność drzew					
odpowiednie zagęszczenie (powyżej 4m ² /1 drzewo)	X	miejscowe zagęszczenie	X	nadmierne zagęszczenie (poniżej 4m ² /1 drzewo)	
Struktura gatunkowa					
zróżnicowana		urozmaicona	X	jednogatunkowa	
Struktura wiekowa					
zróżnicowana		częściowo zróżnicowana	X	niezróżnicowana	
Struktura pionowa					
trzy poziomowa		dwupoziomowa	X	jednopoziomowa	

CZYNNIKI SPOŁECZNE					
Użytkowanie terenu					
średnio intensywnie	X	intensywnie		bardzo intensywnie	
Frekwencja użytkowania					
duża		średnia	X	mała	
W ZAKRESIE UWARUNKOWAŃ ZEWNĘTRZNYCH OCENIE PODLEGAJĄ					
CZYNNIKI TECHNICZNE					
Oddziaływanie infrastruktury technicznej i zabudowy					
zbyt bliska odległość	X	odpowiednia odległość			
Oddziaływanie pieszych					
duże	X	małe			
Oddziaływanie samochodów					
duże	X	małe			
Zasolenie					
występuje	X	brak			
Zanieczyszczenie przez psy					
występuje	X	brak			
Pielęgnacja i utrzymanie roślinności					
odpowiednia		brak pielęgnacji		X	
Dostosowanie zasad komponowania zieleni w zależności od pełnionej funkcji					
TAK		NIE		X	
X - znak oznaczający występowanie danej cechy					
GATUNKI DOMINUJĄCE					
Drzewa					
Świerk kłujący (<i>Picea pungens</i>)					
Świerk pospolity (<i>Picea abies</i>)					
Surmia bignoniowa (<i>Catalpa bignonioides</i>)					
klon pospolity (<i>Acer platanoides</i>)					
klon jaworowy (<i>Acer pseudoplatanus</i>)					
Jesion wyniosły (<i>Fraxinus excelsior</i>)					
Lipa drobnolistna (<i>Tilia cordata</i>)					
Sosna zwyczajna (<i>Pinus sylvestris</i>)					
Robinia akacjowa (<i>Robinia pseudoacacia</i>)					
Sumak octowiec (<i>Rhus typhina</i>)					
Topola włoska 'Italica' (<i>Populus nigra</i> 'Italica')					
Krzewy					
Berberys Thunberga 'Erecta' (<i>Berberis thunbergii</i> 'Erecta')					
Tawuła japońska (<i>Spiraea japonica</i>)					
Żylistek szorstki (<i>Deutzia scabra</i>)					
Bez czarny (<i>Sambucus nigra</i>)					
Pięciornik krzewiasty (<i>Potentilla fruticosa</i>)					
Berberys Thunberga 'Atropurpurea' (<i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea')					

Źródło: Opracowanie własne.

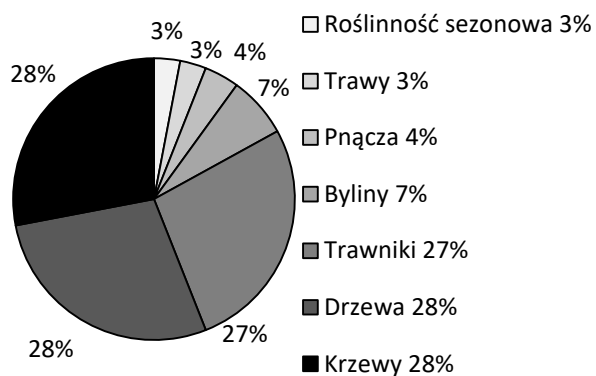
Wyniki badań

Analiza wyników cząstkowych wykazała, że na każdym z przebadanych terenów zieleni, nawierzchnia była, choć w części, pokryta trawnikiem. Oprócz nawierzchni trawiastej, na badanych obszarach dominowały drzewa i krzewy. Bardzo mały udział w nasadzeniach stanowiły trawy ozdobne i roślinność sezonowa (Rys. 2). Na rysunku 4 przedstawiono główne funkcje, jakie spełniała zieleń w nasadzeniach. Zdecydowana większość pełni funkcję rekreacyjną oraz estetyczną, wynikającą z obecności ciekawych nasadzeń wzdłuż dróg oraz przy blokach. Funkcję techniczną spełniają nasadzenia na 20% badanych obszarów, oprócz tłumienia hałasu wynikającego z komunikacji, wykorzystywane były do zamaskowania wiat śmietnikowych lub wyznaczenia granic przedogródków.

Frekwencja użytkowania terenów została przedstawiona na rysunku 3 z podziałem na dużą, średnią i małą. Obszary o największej frekwencji użytkowania to te, które towarzyszą obiektom usługowym, ale również zieleńce z placami zabaw dla dzieci oraz tereny nad Wisłokiem. Najmniej osób korzystało z zieleńców, które nie posiadały ciekawych układów kompozycyjnych, miejsc do odpoczynku i gier zespołowych. Na tych terenach nie zawsze spotykano ławki lub inne miejsca do siedzenia. W przypadku infrastruktury technicznej nie odnotowano nieprawidłowości, natomiast, aż w 78% występował konflikt roślin z zabudową. Główną przyczyną było niedostosowanie wymiarów dorosłych roślin do budynków. Skutkiem tego w przyszłości będzie potrzeba zastosowania cięć technicznych tak, aby drzewa nie zagrażały obiektom i mieszkańcom bloków. Konflikt drzew z zabudową można dostrzec poruszając się ciągami komunikacyjnymi wewnątrz osiedla. Większość ścieżek poprowadzona jest tak, że znajduje się w bliskiej odległości systemu korzeniowego drzew, co powoduje uszkodzenia zabudowy technicznej (np. korzenie drzew podnoszą i rozsadzają podmurówkę dookoła szkoły) (Rys. 5).

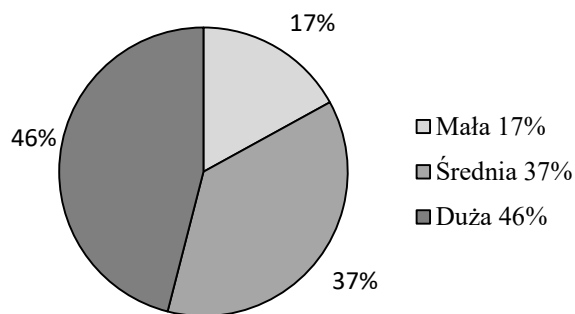
Większość terenów jest średnio intensywnie lub bardzo intensywnie użytkowana. Taka sytuacja jest wynikiem pełnienia, przez bliskie otoczenie drzew innych, dodatkowych funkcji. W obrębie rzutu korony drzewa, spotykano wyznaczone miejsca parkingowe, miejsca z ławkami i koszami oraz elementy placów zabaw. Najczęściej występującym błędem wpływającym na użytkowanie terenu i zwiększenie presji na te płaszczyzny, było zlokalizowanie ścieżek o nawierzchni nieprzepuszczalnej w niewielkiej odległości od lica drzew (Rys. 6). Negatywne działanie ruchu pieszych przedstawiono na rysunku 7. Na 59% przebadanych terenów zieleni, zaobserwowano skutki antropopresji w postaci wielu nieformalnych przejść.

Rysunek 2. Częstotliwość występowania poszczególnych rodzajów roślinności;



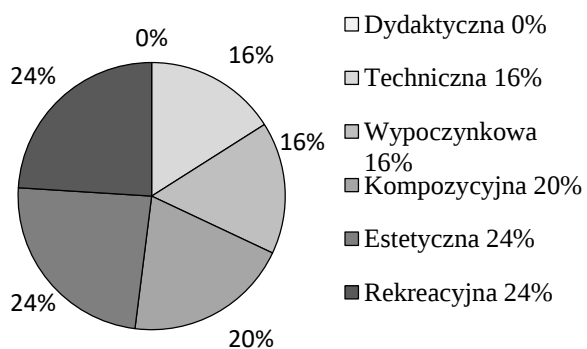
źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3. Frekwencja użytkowania terenu;



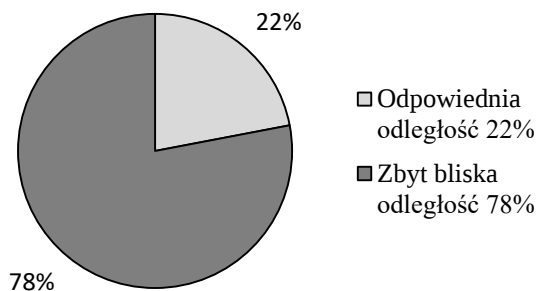
źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Funkcje występującej roślinności;



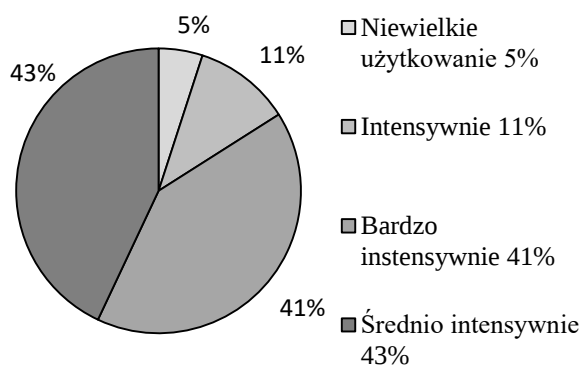
źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5. Oddziaływanie infrastruktury technicznej i zabudowy;



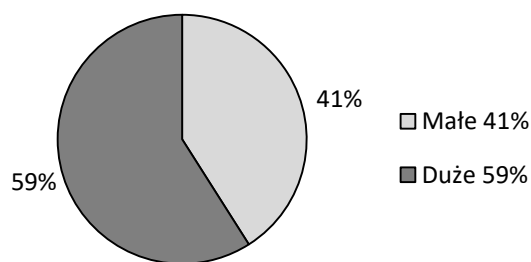
źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6. Intensywność użytkowania terenu;



źródło: opracowanie własne.

Rysunek 7. Oddziaływanie pieszych;



źródło: opracowanie własne.

W większości przypadków te przejścia prowadziły do obiektów usługowych, edukacyjnych i na tereny sąsiadujące z Wisłokiem. Aby zaprzestać tych działań, należy wyznaczyć, dodatkowe chodniki w miejscach najbardziej potrzebnych. W tym celu można posłużyć się metodą partycypacji społecznej, polegającą na włączeniu pomysłów i potrzeb mieszkańców w proces tworzenia przestrzeni publicznej (Nowak-Rzasa 2011).

Dzięki zastosowaniu analizy SWOT (Tab. 2) dla wybranego osiedla, dopasowano omówione we wcześniejszej części czynniki do poszczególnych kategorii. Uzyskano przez to czytelny obraz cech pozytywnych i negatywnych oraz szans, które trzeba wykorzystać, aby ulepszyć zieleń osiedlową. Przedstawione zagrożenia, które mogą wystąpić w przyszłości należy zminimalizować. W badanym terenie wskazano znacznie więcej mocnych stron proponowanego rozwiązania. Należy brać jednak pod uwagę że istnieje wiele zagrożeń, które mogą uniemożliwić prawidłową realizację projektu.

Tabela 2. Wyniki analizy SWOT dla osiedla Nowe Miasto

	MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
CZYNNIKI WEWNĘTRZNE	• Frekwencja użytkowania terenu • Intensywność użytkowania terenu • Struktura pionowa roślinności • Struktura wiekowa roślinności • Struktura gatunkowa • Liczebność drzew • Dopasowanie wielkości powierzchni do zieleni • Czynniki kompozycyjne występujące w nasadzeniach	• Sposób wykorzystania powierzchni • Rodzaj występującej roślinności • Funkcje występującej roślinności
	SZANSE	ZAGROŻENIA
CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE	• Dostosowanie zasad komponowania zieleni w zależności od pełnionej funkcji • Pielęgnacja i utrzymanie roślinności • Mała możliwość występowania zanieczyszczenia przez psy	• Możliwość występowania zasolenia • Oddziaływanie samochodów • Oddziaływanie pieszych • Oddziaływanie infrastruktury technicznej

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Większość badanych terenów jest uboga florystycznie, dominują drzewa, krzewy i trawniki.

Biorąc pod uwagę frekwencję i intensywność użytkowania, można stwierdzić, że zieleń jest ważnym aspektem w życiu mieszkańców osiedla. Jednak z braku właściwego zagospodarowania, sami muszą znaleźć sobie odpowiednie miejsca i ciągi komunikacyjne.

Niewykorzystany potencjał leży w zieleńcach, których jest na tyle dużo, że mogą spełniać funkcje kieszonkowych parków, przygodowych placów zabaw, miejsc relaksu dla osób starszych oraz przestrzeni dla osób, które chciałyby dodatkowo pielęgnować własne rośliny.

Większość drzew, szczególnie w nowych nasadzeniach, nie powoduje konfliktów z infrastrukturą techniczną i zabudową. Sporadycznie pojawia się zagrożenie spowodowane zbyt małą odległością korony drzew od budynków (dotyczy to głównie drzew i krzewów rosnących w przegródkach).

Istnieje dość duże nasilenie oddziaływanie pieszych i samochodów na płaszczyzny zielone. Aby zapobiec wydeptywaniu nieformalnych przejść, należy wytyczyć nowe ciągi komunikacyjne a w miejscach, gdzie jest to niemożliwe, można zastosować nasadzenia uniemożliwiające przejście. W przypadku pojazdów należy wyznaczyć konkretne granice parkingów, które uniemożliwią parkowanie w niewłaściwych miejscach.

Literatura:

- Malikowski M., Halik J. 2015. *Przestrzeń Rzeszowa* [w:] Malikowski M. i in. (red.). *Zmiany w przestrzeni współczesnych miast*, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów: 35-48.
- Nowak - Rząsa M. 2011. *Rola partycypacji społecznej w kształtowaniu terenów zieleni miasta*. Acta Sci. Pol., Administratio Locorum, 10(3): 51-53.
- Palak M. 2015. *Stolica innowacji czy miasto prowincjonalne? Analiza wizerunku Rzeszowa*. [w:] Malikowski M., Palak M., Kinal J., Halik J., (red.) *Rzeszów Wybrane problemy współczesnych miast. Kultura, symbolika, promocja*, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów.
- Słysz K., Czerwieniec M., Schmager M., Wiatrak W., Zgud K., Szalińska E. 2004. *Program ochrony środowiska z planem gospodarki odpadami miasta Rzeszowa*. Instytut Rozwoju Miast w Krakowie, Rzeszów.
- Stompor-Chrzan E., Pisarek M., Gargała M., Wąsowicz-Duch A. 2014. *Powierzchnie trawiaste i trawy ozdobne w zieleni miejskiej Rzeszowa*. Architektura krajobrazu: studia i prezentacje, 3: 35-39.

Koncepcja ścieżki edukacyjnej w Puszczy Boreckiej przy Nadleśnictwie w Czerwonym Dworze

Concept of an educational path in Puszcza Borecka near the Forest Inspectorate in Czerwony Dwór

Maria Sara Motulewicz

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Architektów Krajobrazu „Horyzont”
Opiekun: dr inż. Mariusz Antolak

Abstract

The aim of the concept is to enrich the educational path mentioned in the subject area, based on the results of surveys conducted among residents.

The designed object is a village located in Masuria. It catches interest and curiosity of neighbors in your region. It is known for the headquarters of the Forest District located in it.

The survey method was a survey carried out among the residents of the village. It was aimed at assessing such issues as: Is it necessary to have an educational path in Czerwony Dwór, whether a path for children is more needed than for adults and whether there are no educational paths in Poland? The surveys were to be carried out among 50 residents, respectively the oldest and the youngest in every second household.

Due to the lack of involvement of residents, the survey was not carried out on the planned scale. However, the idea was supported by 53% of respondents.

Keywords: forrest edcational path, environmental education

Wstęp

Ścieżki edukacyjne to popularna, doskonała propozycja na zagospodarowanie wolnej przestrzeni, dojścia do cennego historycznie, geograficznie bogatego w walory przyrodnicze miejsca, stosowana tak w Polsce, jak i na całym świecie. Dzięki nim można uniknąć nudy podczas spaceru lub dowiedzieć się czegoś nowego podczas wycieczki szkolnej. Zazwyczaj nie są główną atrakcją turystyczną, tylko jej „dopełnieniem”, dodatkiem, ciekawym akcentem. Rzadko stanowią „cel” podróży. Projektowane są przy wejściach do puszczy, w arboretach, przy ścieżkach rowerowych, miejscach przeznaczonych do wypoczynku zarówno tych młodszych, jak i starszych, lubiących wypoczynek na świeżym powietrzu - aktywny, jak i typowo krajoznawczy (Cieszewska i in. 2011).

Cel i metoda

Celem pracy jest stworzenie koncepcji ścieżki edukacyjnej dla dzieci na terenie Nadleśnictwa Czerwony Dwór. Ma ona wzbogacić miejscowość o walory turystyczne oraz zapewnić jej mieszkańcom atrakcję. Dzięki realizacji koncepcji, wieś zyska na znaczeniu w swoim rejonie i znacznie poprawi się jej atrakcyjność dla turystów. Stworzenie ścieżki w wybranym miejscu, czyli przy wejściu do lasu, ma znaczenie taktyczne. Będzie ona położona w miejscu często odwiedzanym i będzie stanowiła uczęszczany w drodze do lasu szlak. Dzięki temu, jej obecność będzie znana większej liczbie osób i rozpowszechniana w społeczeństwie. Obecnie droga, na której powstać ma ścieżka edukacyjna, jest zwykłą ścieżką prowadzącą do lasu, otoczoną drzewami i leżącą w centrum miejscowości. Po realizacji projektu, wzbogaci się ona o tablice informacyjne, gry przeznaczone dla dzieci oraz kosze na śmieci, stojaki na rowery i ławki. Będzie to miejsce służące spotkaniom towarzyskim oraz wycieczkom szkolnym i edukacyjnym.

Ścieżka edukacyjna dla dzieci w Czerwonym Dworze, to w obecnej chwili najlepszy pomysł na zagospodarowanie tej przestrzeni oraz wzbogacenie miejscowości o walory turystyczne i rekreacyjne. Niegdyś na chętnie odwiedzanym przez przeróżne placówki oświaty oraz grupy młodych osób terenie, teraz nie znajduje się na nim nic atrakcyjnego.

Metodą badań była ankieta, przeprowadzana wśród mieszkańców wsi. Ankietowani mieli możliwość wypowiedzi w pytaniach otwartych. Pytania dotyczyły m.in. tego, jakie elementy ścieżek byłyby przez nich pożądane oraz czy wolą ścieżki empiryczne czy bardziej informacyjne. Ankiety miały być przeprowadzone wśród 50 mieszkańców, metodą chodzenia „od domu do domu”. System badań polegał na ankietowaniu kolejno, w co drugim domostwie najstarszej oraz najmłodszej osoby.

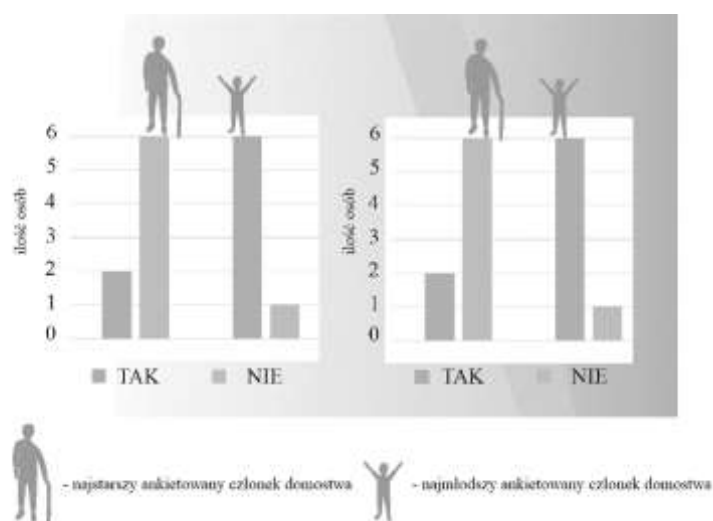
Wyniki badań

Ankietowani często zadawali pytanie, czy ścieżki edukacyjne służą jedynie za „obiekt zainteresowania” dzieci? Otóż odpowiedź brzmi nie. Są one bardzo szeroko rozumianym pojęciem, w którym zawiera się całe spektrum różnych tablic informacyjnych, gier wielkoplanszowych, niewielkich obiektów architektonicznych oraz wiele innych, innowacyjnych projektów, umieszczanych na świeżym powietrzu (Cieszewska i in. 2011). Często są projektowane typowo w celach edukacyjnych, przy obiektach odwiedzanych przez uczniów i studentów, na potrzeby wspierania oświaty i utrwalania oraz pogłębiania wiedzy zdobywanej podczas procesu ich nauczania. Wymaga się wtedy stosowania w nich nieszablonowych rozwiązań i ciekawych pomysłów, zdolnych wzbudzić ciekawość

i zainteresować najmłodszych, którzy są przecież najbardziej wymagający swoją treścią. I nie wystarczy wtedy przedstawienie samych faktów ani nawet ciekawostek w banalny, prosty sposób, stosując tablice informacyjne czy proste zabawy. Najmłodsi wymagają czegoś więcej – czegoś co ich zaskoczy, czegoś, co spowoduje u nich wzrost endorfin, zmusi do myślenia – zapadnie u nich na długo w pamięć. Dopiero wtedy taką ścieżkę można nazwać udaną. Nie od dziś przecież wiadomo, że dzieci najlepiej uczą się poprzez zabawę (Kaltenthaler i Kovacs 2008).

Podczas przeprowadzania ankiety, dało się zauważyć bardzo wysoką średnią wieku wśród ankietowanych. I mimo, że system badań polegał na ankietowaniu kolejno najstarszej i najmłodszej osoby w co drugim domu, to średnia wieku przebadanych najmłodszych domowników wyniosła 27 lat. Spowodowane to było częstym wysokim wiekiem najmłodszego domownika, który zazwyczaj nie okazywał się być dzieckiem. Z założenia przepytanych miało zostać 50 osób, jednak ze względu na małe zaangażowanie oraz brak zdania i niechęć wypowiadania się na ten temat mieszkańców, ankietowanych znalazło się tylko 15, w tym jedynie czworo dzieci w wieku 11, 16, 16 i 17 lat. Młodszy ankietowani znacznie częściej wypowiadali się pozytywnie o pomysł ścieżki edukacyjnej, starsi natomiast nie byli przychylni temu pomysłowi, tłumacząc to brakiem mieszkańców poniżej 18 roku życia w miejscowości i brakiem zainteresowania starszych takim obiektem (Rys. 1).

Rysunek 1. Odpowiedzi na pytania: Czy uważasz, że w Nadleśnictwie Czerwony Dwór brakuje ścieżki edukacyjnej? oraz Czy uważasz, że bardziej potrzebna jest ścieżka edukacyjna dla dzieci niż dla dorosłych?



Źródło: Opracowanie własne.

Jednak, mimo że wiele osób (łącznie 47% ankietowanych) nie uważa, że w Nadleśnictwie brakuje ścieżki edukacyjnej a brak zainteresowania mieszkańców ankietą

może to potwierdzać, to jednak ci najmłodsi, mimo stanowienia niewielkiej grupy, są bardzo spragnieni realizacji tego pomysłu. W Czerwonym Dworze znajduje się wiele propozycji spędzania wolnego czasu dla dorosłych i starszych osób, tj.: koło myśliwskie, koło robótek ręcznych czy śpiewów i tańca. Jednak nie ma tam propozycji dla dzieci, które bez względu na swój wiek i procent, jaki stanowią w społeczeństwie wsi, również powinny mieć zapewnione atrakcje. Poza tym ścieżka edukacyjna dla dzieci byłaby również dobrą zachętą do odwiedzin nie tylko przez lokalnych mieszkańców, ale i turystów, a może nawet stałaby się wizytówką miejscowości. Zdanie ankietowanych na ten temat przedstawia powyższy rysunek słupkowy po prawej.

Podczas prowadzenia ankiety, dało się zauważyć niechęć mieszkańców do brania w niej czynnego udziału. Metoda badań była bardzo przystępna dla ankietowanych, gdyż polegała na bezpośrednim do nich dośściu bez potrzeby wychodzenia z domu. Mimo takiej formy większość osób niechętnie, aczkolwiek z kulturą i sympatią, reagowała na pomysł zmian we wsi lub uważała, że takowe nie są po prostu potrzebne. Mogło być to wynikiem wieku ankietowanych, którzy adekwatnie do niego, nie odczuwali entuzjazmu do przedstawionej im koncepcji lub chociażby samego udziału w badaniu, ze względu na niekompatybilności wobec ich potrzeb. Znalazła się jednak grupa osób, która chętnie wzięła udział w badaniu, poparła przedstawioną im koncepcję oraz pomogła w jej modyfikacji i współtworzeniu.

Dyskusja

Mała, z pozoru nieciekawa wieś, położona na Mazurach, w powiecie oleckim, przykuwa w swoim regionie zainteresowanie i ciekawość sąsiadów. Jest znana przede wszystkim ze znajdującej się w niej siedziby Nadleśnictwa. Opinie na jej temat są podzielone. Jedni uważają, że jest to tylko nudna mała miejscowość, inni, że to spokojna i cicha ostoja. Wraz z Nadleśnictwem w miejscowości Borki, tworzy teren podlegający pod Puszcę Borecką – rozpoznawalną jako ostoja ptaków, żeremi bobrów oraz jedno z nielicznych już w Polsce miejsc występowania w środowisku naturalnym żubra i rysia. Jest to więc wyjątkowe miejsce i mimo niewielkich walorów usługowych w miejscowości, posiada wspaniałe walory krajobrazowe oraz przyrodnicze. Jest to ostoja m. in. dzięcioła białogrzbietego, gatunku średniej wielkości osiadłego ptaka z rodziny Picidae. Znany jest on przede wszystkim ze słabo rozwiniętego dymorfizmu płciowego i na terenie całej Polski jest objęty ścisłą ochroną gatunkową oraz wymaga ochrony czynnej.

Zamieszkuje ją także liczna populacja zwierzyny: głównie jeleni, saren i dzików. Występują tu także łosie, wspomniane wcześniej żubry i rysie, wydry, bobry i wilki. Wśród

zamieszkujących te tereny małych drapieżników, znajdują się także lisy, jenoty, borsuki, kuny leśne, tchórze i piżmaki (Demby 2005). Już te aspekty czynią Puszczę na tyle ciekawą, aby stworzyć tam ścieżkę edukacyjną dla dzieci a zalet Czerwonego Dworu jest znacznie więcej.

Na terenie puszczy znajdują się już m. in. tablice informacyjne o bobrach i ich żeremiach, jako jednej z głównych atrakcji turystycznych, oraz ścieżka rowerowa i zagroda żubrów w Wolisku, chętnie odwiedzane przez turystów latem. Żubry, jako europejscy szlachetni krewni bizona, są poniekąd „wizytówką” miejsca. Zwierzęta te, niegdyś bardziej popularne, zostały w ogromnej części wybite w czasie II Wojny Światowej przez wojska niemieckie oraz rosyjskie. W celu ratowania gatunku prof. Jana Sztolcman, w 1927 r. założył Międzynarodowe Towarzystwo Ochrony Żubra. Według danych z 2013 roku w Polsce żyło 1377 żubrów, z czego 1138 w stadach wolnościowych (pięć populacji), a z końcem 2017 liczba ta wzrosła do 1873 osobników. Prawie połowa polskiej wolnej populacji znajduje się w Puszczy Białowieskiej, ponadto dzikie żubry w Polsce spotkać można w Bieszczadach, Puszczy Knyszyńskiej, Puszczy Boreckiej, w rejonie Mirosławca, Drawska Pomorskiego oraz Człopów w województwie zachodniopomorskim, a także w okolicy Trzcianki w województwie wielkopolskim (Księga Rodowodowa Żubrów 2013). Wszystkie wymienione atrakcje czynią to miejsce wyjątkowym.

Mimo niezbyt wielkich chęci mieszkańców na realizację koncepcji, jest to tak bogaty teren z potencjałem przyrodniczym oraz położony w obszarze turystycznym, że założony projekt wydaje się trafionym pomysłem. Dlaczego? W Polsce od jakiegoś czasu da się zauważyć wzrostową tendencję do wyludniania się wsi i przenoszenia się jej mieszkańców do aglomeracji miejskich (Eberhardt 1991). Jest to prawdopodobnie spowodowane stałym podnoszeniem się standardów życia Polaków, napływu do Polski nowoczesnych technologii z różnych dziedzin, które mają zastosowanie w życiu codziennym każdego Polaka. Ciągłe powoli następuje zmiana proporcji udziału poszczególnych sektorów gospodarki w naszym kraju – coraz mniejszą rolę zaczyna odgrywać rolnictwo, „ustępując” swoich „procentów udziałowych” przemysłowi i przede wszystkim, usługom. Idealnym odzwierciedleniem tej sytuacji i przykładem ilustrującym prawdziwość tej tezy, jest miejscowość Czerwony Dwór. Jednak mimo faktu wyludniania się wsi, powinien znajdować się tam obiekt przeznaczony dla użytku dzieci.

Odpowiednia byłaby więc ścieżka, położona w sercu Czerwonego Dworu i prowadząca do wejścia do lasu. Nie musi być ona główną atrakcją lasu, może stanowić jedynie urozmaicenie spędzania w nim czasu – ma stanowić przyjemne wejście do jego środka – głównego celu podróży. Jest to miejsce ciche, spokojne i bardzo malownicze, położone zaledwie 20 m od

zabudowań. Długość ścieżki ma wynosić 34,8 m oraz zawierać 8 obiektów edukacyjnych: cztery tablice informacyjne z ciekawostkami o najbardziej charakterystycznych zwierzętach Puszczy Boreckiej – żubrze, rysiu, bobrze i dzięciole białogrzbietych oraz cztery tablice z grami wielkoplanszowymi – trzema osadzonymi pionowo a jedną poziomo.

Plansze mają mieć dwojaki konstrukcje. Pięć plansz, przeznaczonych na tablice informacyjne oraz planszę do gry, zaplanowano z drewnianych kłód dębowych oraz desek sosnowych i miałyby mieć wymiary: 1,5 m wysokości (kłody) oraz umieszczonych na nich drewnianych kwadratowych tablic z desek o wymiarach 1 m x 1 m, 0,5 m nad ziemią. Poza tym, jedna z nich ma mieć urozmaicenie w postaci konstrukcji drabiny z eksponatami w postaci ptasich gniazd. Kolejna plansza będzie osadzona w poziomie, na czterech kłodach o dwa razy mniejszej wysokości, jednak o tych samych wymiarach tablicy. Poza tym w skład elementów ścieżki wchodzić będą dwie gry z drewnianymi klockami 3D, jedna o tych samych wymiarach co tablice informacyjne, a druga o połowę węższa i o $\frac{1}{4}$ niższa.

Każda kolejna gra oraz tablica informacyjna będą rozmieszczone w odległości 3 m od sąsiadującej, a około 0,5 m od granicy ścieżki. Ponadto, w projekcie zawiera się również zamieszczenie trzech drewnianych ławek, rozmieszczonych po obu stronach na początku, w środkowej oraz końcowej części ścieżki. Jest to prosty, klasyczny drewniany model o jasnym kolorze. Miejsca do siedzenia będą więc rozmieszczone co około 15 m. Ponadto przy każdej ławce będzie postawiony kosz na śmieci z popielniczką, również klasyczny srebrny model, a także stojak na rowery.

Koncepcja nie zakłada ingerowania w zmianę flory terenu ani jakiegokolwiek zmiany nawierzchni. Ścieżka będzie, tak jak dotychczas – piaskowa. Jedynymi założeniami projektu jest zainstalowanie elementów edukujących, wypoczynkowych, które są niezbędne oraz środowiskowych.

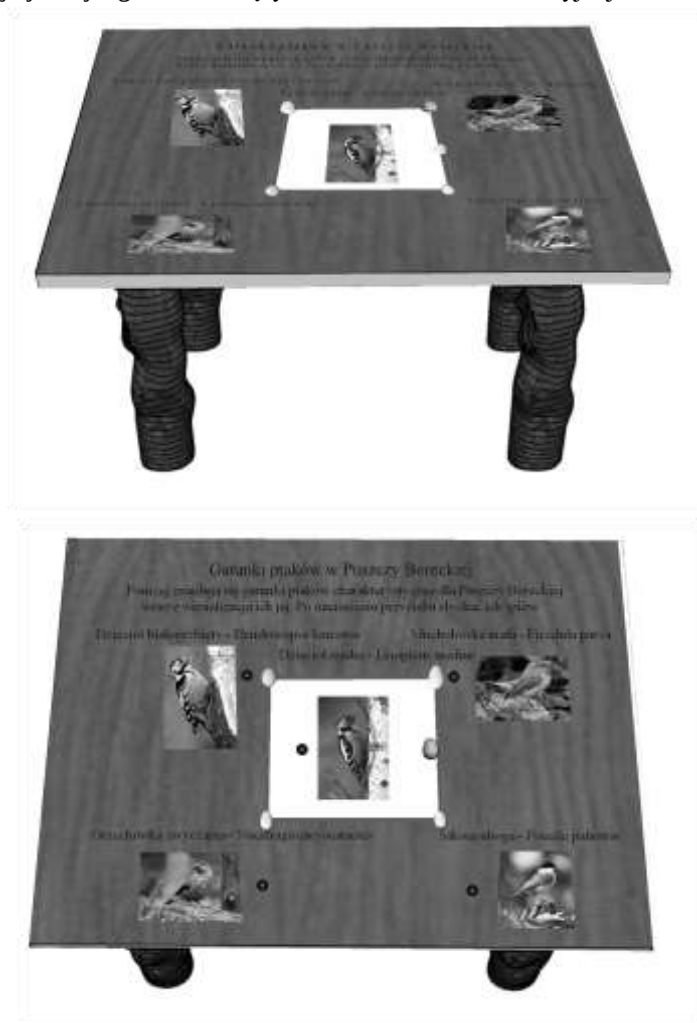
Celem istnienia ścieżki jest w interesujący sposób prowadzenie edukacji na temat fauny Puszczy Boreckiej na tle innych regionów Polski. Pierwszą umieszczoną na ścieżce grą, będzie drewniana dwuspadowa drabina o wysokości 1,5 m z 10 szczebelkami po każdej stronie, wykonana z sosnowych desek i zainstalowana na stałe. Na drabinie mają być umieszczone gniazda ptaków kolejno: skowronka zwyczajnego, kuropatwy, trzciniaka, pokrzewki oraz kosa, w kolejności wysokości zakładania przez nich gniazd. Konstrukcja ta ma na celu nauczanie dzieci tego, w jakich miejscach mieszkają dane ptaki w Polsce. Obok drabiny zamieszczona byłaby tablica z dokładnym opisem każdego gniazda, gatunku ptaka oraz podania ciekawostek o jego gniazdowaniu i rozrodzie. Kolejna ma być tablica informacyjna o żubrze, czyli największej atrakcji Puszczy Boreckiej. Będzie miała podane wyżej wymiary, a opisane w niej

ciekawostki będą skierowane zarówno do dzieci, starszej młodzieży jak i dorosłych użytkowników ścieżki. Zamieszczone będą na niej także ilustracje oraz zdjęcia zwierzęcia wraz z danymi statystycznymi i najważniejszymi o nim informacjami.

Następnie, zgodnie z założeniami ścieżki, umieszczona będzie kolejna gra. Będzie ona polegała na ułożeniu z 9 drewnianych sześciątów 3D, rozmieszczonych na tablicy w układzie 3x3, układanki żubra oraz bobra. Z dwóch stron obracanych w poziomie klocków znajdowały się będą elementy układanki, czyli fragmenty zdjęć zwierząt, które po obróceniu i właściwym dopasowaniu do pozostałych elementów powinny dać obraz zwierzęcia. Gra kierowana jest głównie do młodszych dzieci, nawet już od 6 roku życia. Powinna rozwijać u nich logiczne myślenie, zapamiętywanie oraz łączenie i synchronizację różnych elementów. Kolejna tablica informacyjna będzie omawiała tematykę rysia europejskiego. Szeroko opisane będą na niej ciekawe fakty z życia tego zwierzęcia oraz liczne ciekawostki na ten temat. Trzecia gra będzie najmniejszą, jednak nie najmniej ciekawą z gier. Będzie to kłoda z osadzonymi pionowo jeden na drugim dwoma większymi klockami 3D o wymiarach około 0,4 m x 0,4 m. Na wyżej położonym klocku znajdować się będą wizerunki z podpisami nazw polskich jak i łacińskich ptaków, kolejno: skowronka zwyczajnego, kuropatwy, dzięcioła średniego i pokrzywki. Będą one rozmieszczone na czterech stronach sześcianu - tak, że górna oraz dolna ściana pozostaną puste. Na niższym klocku w identycznym ułożeniu będą rozmieszczone wizerunki gniazd tych ptaków w identycznej kolejności. Sześciany będą jednak obrotowe i podczas zabawy zmieniał się będzie ich położenie w poziomie. Zadanie polegać więc będzie na dopasowaniu każdego ptaka do odpowiadającego mu gniazda. Po prawidłowym dopasowaniu choćby jednej opcji, reszta sama będzie dopasowywała się na właściwe miejsca. Dzięki takiej formie, osoba nie będzie się nudziła oraz będzie mogła dowiedzieć się, gdzie gniazduje dany ptak. Gra nie jest kierowana tylko do najmłodszych, powinna wzbudzać zainteresowanie zarówno dzieci, jak i starszych użytkowników ścieżki.

Przedostatnia tablica informacyjna będzie dotyczyła bobra, bardzo charakterystycznego dla Polski zwierzęcia. Opisane będzie tam jego barwne życie, proces budowania przez niego żeremi, rola jego ogona w jego życiu oraz jak ceniony był kulinarnie w dawnej Polsce oraz niezwykle sposób poruszania się kanałami wodnymi. Zwierzę to jest również charakterystyczne dla opracowywanego terenu i posiada nawet własne tablice informacyjne w pobliżu swoich żeremi. Jest to gatunek chroniony nie tylko w Polsce, ale także i w innych krajach w Europie.

Rysunek 2. Wizualizacja jednej z gier wchodzących w skład ścieżki edukacyjnej



Źródło: Opracowanie własne.

Czwarta w kolejności, ostatnia już gra, to tablica interaktywna z wyłobieniami oraz klockami w kształcie ptasich jaj, prowadzonych po wyłobieniach w odpowiednie miejsca z ilustracjami ptaków, wskazując, które jajo należy do jakiego ptaka. Oprócz tego, obok wizerunku każdego zwierzęcia, będzie obecny przycisk, po którego naciśnięciu zwiedzający usłyszą śpiew danego ptaka. Gra ta jest bardzo rozwojowa i dla dzieci i dla młodzieży.

Ostatnia tablica poświęcona będzie dzięciołowi biało-grzbiemu – najrzadszemu gatunkowi dzięcioła występującego w Puszczy Boreckiej, objętego ścisłą ochroną w całej Polsce. Zawarte będą w niej takie informacje na jego temat jak: kogo i dlaczego ostrzega dudnieniem w drzewo? Czy jest zagrożony wymarciem? Kiedy i dlaczego koczuje? Czy jest największym gatunkiem tego rodzaju w Polsce oraz czym tak naprawdę różni się trudno rozpoznawalna samica od samca? Powyższe elementy, zgodnie z koncepcją, zawierają się w projekcie ścieżki edukacyjnej według podanego wyżej rozmieszczenia.

Rysunek 3. Wizualizacja ścieżki edukacyjnej



Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

W wyniku badań przeprowadzonych w Czerwonym Dworze, dało się wyciągnąć nieprzewidziane wnioski. Z powodu braku zaangażowania mieszkańców, nie udało się przeprowadzić ankiety na planowaną skalę. Tamtejsza ludność w większości jest bardzo niechętna do zmian oraz jakichkolwiek innowacyjnych pomysłów. Tylko niewielka grupa osób chętnie i entuzjastycznie przystąpiła do badania, a jeszcze mniejsza wyraziła potrzebę realizacji projektu. Wynika to ze stanu pokoleniowego mieszkańców, gdyż w większości wieś zamieszkują osoby starsze, a tylko kilkanaście osób stanowi małą część najmłodszej społeczności. Jednak mimo takiego wyniku, nie można lekceważyć głosu mniejszości, która ze względu na swój wiek, potrzebuje zapewnienia innych atrakcji niż osoby dojrzałe. Koncepcja ścieżki jest więc rozsądnym pomysłem, popartym przez większość (53%) ankietowanych osób.

Literatura:

- Cieszewska A., Adamczyk J., Giedych R., Wałdykowski P. 2011, *Koncepcja rozwoju infrastruktury turystycznej w Leśnych Kompleksach Promocyjnych - Poradnik Metodyczny*, SGGW, WOIAK, WL, Warszawa.
- Demby R. 2005, *Abecadło Oleckie*, wyd. Libra, Olecko.
- Demby R. 2000, *OLECKO - czasy ludzie zdarzenia*, wyd. Libra, Olecko.
- Eberhardt P. 1991, *Rozmieszczenie i dynamika ludności wiejskiej w Europie środkowo-wschodniej w XX wieku*, wyd. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kaltenthaler B. i Kovacs H. 2008, *Moje dziecko uczy się poprzez zabawę*, wyd. Jedność, Warszawa.

Zarządzanie szlakiem turystycznym jako sieciowym produktem turystycznym na przykładzie Szlaku Piastowskiego

Piast Trail as an example of management of the tourist network product

Łukasz Szwał

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Koło Naukowe Geografów im. S. Pawłowskiego
Opiekun: dr Materusz Rogowski

Abstract:

Along with the development of tourism in Poland, the range of tourist products available on the domestic market is expanding. The tourist trail is a specific type of tourism product due to its network nature. The purpose of the article is how to manage the tourist trail as a tourist network product. Some of the tasks related to managing tourist trail are deputed to associations, companies, foundations, local government units and directly to the owners of the facilities. In order to optimize the management of the Piast Trail in 2016 the Tourist Cluster "Szlak Piastowski w Wielkopolsce" was established. This publication is also intended to describe the tasks set to the cluster and their implementation. On the Piast Trail as a historical and cultural route, there are some sacred monuments, museum and archaeological sites, but there are also plenty of modern multimedia solutions. Due to the above, this trail is an interesting exemplification of the tourist product in Poland.

Keywords: trail management, cluster, tourist network product, tourism management

Wstęp

Wraz z nieustannym rozwojem turystyki w Polsce, rozszerza się oferta produktów turystycznych dostępnych na krajowym rynku. Szlak turystyczny, ze względu na swój sieciowy charakter, stanowi specyficzny rodzaj produktu turystycznego. Z kolei Szlak Piastowski jest egzemplifikacją szlaku zarządzanego przez klaster turystyczny. Złożoność szlaku, rozumiana jako różnorodność obiektów znajdujących się na trasie turystycznej, a także urozmaicenie terenu w postaci krajobrazu poglądowego wraz z możliwością turystycznego wykorzystania znajdujących się w pobliżu szlaku kąpielisk, może stanowić ciekawy przykład sieciowego produktu turystycznego w oczach potencjalnego turysty. Rozwój szlaku turystycznego uzależniony jest od wielu czynników. Aby ulepszyć zarządzanie wspomnianym produktem turystycznym, powołano w 2016 Klaster turystyczny Szlak Piastowski w Wielkopolsce, przed którym postawiono następujące cele: podejmowanie współpracy z obiektami szlaku oraz innymi organizacjami i podmiotami, kontrolę i monitoring standardów obiektów, zarządzanie systemem informacji turystycznej oraz promocją szlaku. Celem niniejszego artykułu jest

przedstawienie sposobu zarządzania szlakiem turystycznym z pozycji klastra oraz ukazanie dobrych praktyk związanych z tą formą koordynowania sieciowym produktem turystycznym. Metody badawcze, jakimi posłużono się na potrzeby niniejszego artykułu, to kwerenda oraz przegląd literatury z zakresu teorii analizowanego tematu.

Szlak turystyczny jako sieciowy produkt turystyczny

Aby zrozumieć specyfikę szlaku turystycznego, jako sieciowego produktu turystycznego, wyjść należy od definicji samego szlaku. W obszernej publikacji dotyczącej tematyki szlaków turystycznych pt. *Szlak turystyczny od pomysłu do realizacji*, przywołanych zostało wiele definicji szlaków podawanych przez badaczy w ostatnich latach. Na potrzeby projektu ustawy o szlakach turystycznych przyjęto definicję, że szlak jest oznakowaną trasą wraz z obiektami towarzyszącymi, przeznaczoną i przystosowaną do uprawiania określonej formy turystyki, łączącą miejsca, obiekty, walory przyrodniczo-kulturowe, miejscowości oraz innymi elementami przestrzeni [...] a także przeznaczoną do uprawiania określonej rekreacji ruchowej i aktywnego wypoczynku (Miller 2012). Coraz popularniejsze jest korzystanie z tras i punktów oznaczanych w internecie, które można śledzić za pomocą odpowiedniej aplikacji zainstalowanej w smartfonie. Powoduje to konieczność rozszerzenia definicji trasy turystycznej. Obecnie, za szlak turystyczny uznać należy trasę wytyczoną w przestrzeni turystycznej, na potrzeby zwiedzających (nie zawsze oznakowaną), prowadzącą do najbardziej atrakcyjnych miejsc (obiektów), z zachowaniem szeregu przepisów, w tym m.in. bezpieczeństwa i ochrony walorów (Kruczek 2007).

W tej pracy szlak turystyczny rozpatrywany jest jako produkt turystyczny, stąd zasadnym wydaje się zdefiniować sam produkt turystyczny. Rozumiany on jest poprzez zbiór dóbr i usług, wykorzystywanych przez turystów, dla których zbiór ten jest szczególnym przedmiotem zainteresowania (Panasiuk 2006). Szlak turystyczny postrzegany jest jako specyficzny przypadek produktu turystycznego (o charakterze liniowym, pasmowym, strefowym). Obejmuje wiele obiektów, które połączone są nadrzędną ideą oraz pomiędzy którymi została wytyczona trasa (najczęściej oznakowana), a także powstała przy nim różnorodna infrastruktura turystyczna, towarzysząca miejscom zlokalizowanym wzdłuż szlaków. Idea, jako punkt spajający szlaku, może być związana na przykład z: tematyką, motywem podróży, sposobem pokonywania, przebiegiem szlaku, sposobem wyznaczenia czy okresem wykorzystania (Kaczmarek i in. 2010). Jednakże, by mówić o szlaku turystycznym, jako złożonym produkcie turystycznym, wymagane jest jego przypisanie do konkretnej lokalizacji w przestrzeni geograficznej.

Drugim z koniecznych warunków jest połączenie w jedną spójną całość wszystkich produktów cząstkowych w ramach integracji organizacyjnej. Istnieje także pojęcie szlaku turystycznego, jako sieciowego produktu turystycznego, Polska Organizacja Turystyczna ujmuje je w następującej definicji: gotowa do sprzedaży, spakietowana i skomercjalizowana oferta, oparta o rozproszoną strukturę podmiotów, atrakcji, miejsc, punktów obsługi i obiektów, funkcjonujących jako jedna spójna koncepcja, posiadająca wspólny, wiodący wyróżnik (markę). Według wytycznych Polskiej Organizacji Turystycznej, rdzeń oraz podstawę kreowania marki produktu, powinny stanowić nie więcej niż trzy główne (flagowe) atrakcje turystyczne, a skala oddziaływania produktu powinna być co najmniej ponadregionalna. Oznacza to, że w ramach utworzonego produktu, ruch turystyczny powinien być generowany poza regionem, na terenie którego produkt został utworzony.

Kolejne wytyczne POT dotyczą rozproszonej struktury podmiotów (sektora publicznego, prywatnego i społecznego), różnorodności usług, udogodnień, infrastruktury, walorów turystycznych, wspólnej (jednorodnej) koncepcji funkcjonowania, współpracy i porozumienia partnerów, istnienia podmiotu zarządzającego (lidera produktu), nazwy produktu (marki), łamania „sztucznych” granic administracyjnych i geograficznych.

Charakterystyka Szlaku Piastowskiego

Szlak Piastowski znajduje się na terenie Pojezierza Wielkopolskiego oraz Niziny Południowowielkopolskiej. Od kierunku zachodniego szlak wieńczy Lubień, najdalej wysuniętym punktem na wschód jest Kowal, a najbardziej wysuniętym punktem szlaku w kierunku północnym jest Gniewkowo, natomiast najdalej zlokalizowany punkt na południu to Kalisz. Pod względem administracyjnym, Szlak Piastowski położony jest na terenie dwóch województw: wielkopolskiego oraz kujawsko – pomorskiego. Największym miastem na trasach Szlaku Piastowskiego jest Poznań, który według danych Urzędu Statystycznego w Poznaniu (stan na 31.12.2018 r.) zamieszkuje 537 643 mieszkańców. Turyści znajdą na szlaku wiele obiektów z okresu piastowskiej Polski, tj. z lat 960 – 1370. Ponadto, w związku z położeniem szlaku w pobliżu wielu jezior Pojezierza Gnieźnieńskiego oraz Pojezierza Kujawskiego, w bezpośrednim sąsiedztwie znajduje się wiele walorów przyrodniczych.

Szlak Piastowski zawiera dwie trasy podzielone według kierunków geograficznych. Trasę ze wschodu na zachód wytyczono z Lubinia przez Poznań, Pobiedziska, Dziekanowice, Gniezno, Trzemeszno, Mogilno, Strzelno, Pakość, Kościelec, Gniewkowo, Inowrocław, Kruszwica, Radziejów, Płowce, Brześć Kujawski, Włocławek do Kowala. Z kolei trasę z północy na południe ustalono od Wągrowca przez Tarnowo Pałuckie, Łekno, Żnin, Wenecję,

Biskupin, Gąsawę, Marcinkowo Górne, Kłecko, Gniezno, Grzybowo, Giecz, Pyzdry, Łąd nad Wartą, Konin do Kalisza. Ponadto wprowadzono także podział na cztery trasy ze względu na zakres zwiedzania: archeologiczną, monastyczną, muzealną i trasę dla najmłodszych. Archeologiczną część Szlaku Piastowskiego stanowią: Rezerwat genius loci, rezerваты archeologiczne w Gieczu i Kaliszu, Muzeum Archidiecezji w Gnieźnie, Muzea Archeologiczne w Poznaniu i w Biskupinie, jego integralnym fragmentem są zabytki sakralne, takie jak Archikatedra Gnieźnieńska, czy Bazylika Archikatedralna Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Poznaniu, a także grodzisko wczesnośredniowieczne w Grzybowie, ruiny zamku w Wenecji, pozostałości po gotyckich murach obronnych w Inowrocławiu oraz słup milowy w Koninie. Na trasie monastycznej znajdują się obiekty związane z działalnością zakonników. Opactwo w Lubinie oraz klasztor w Mogilnie, to przykłady obiektów Benedyktynów, z kolei gnieźnieńskie kościoły św. Antoniego i pw. Wniebowzięcia NMP a także kościół pw. Podwyższenia Krzyża Św. w Radziejowie, to obiekty franciszkańskie, reprezentację Cystersów stanowią klasztor w Łądzie oraz zespół dawnego opactwa w Wągrowcu. Ponadto na trasie znajdują się jeszcze Muzeum Regionalne Ziemi Pyzdrskiej oraz kościół pw. św. Jana Jerozolimskiego za Murami w Poznaniu. Trasą muzealną zostało objęte dwanaście różnych obiektów. Turysta swoją wędrówkę rozpocząć może od Poznania, gdzie znajdzie następujące atrakcje: Bramę Poznania, Rezerwat Archeologiczny Genius loci, poznańskie Muzeum Archeologiczne, dalej poruszając się w kierunku Gniezna, powinien trafić na Muzeum Pierwszych Piastów na Lednicy, a następnie w dawnej stolicy Polski na Muzeum Początków Państwa Polskiego czy Muzeum Archidiecezji Gnieźnieńskiej. W Wielkopolsce podczas planowania trasy muzealnej, kolejnymi punktami na mapie będą Muzea Regionalne: Ziemi Pyzdrskiej oraz w Wągrowcu, a także Muzeum Okręgowe Ziemi Kaliskiej.

Kolejne muzea znajdują się na obszarze administracyjnym województwa Kujawsko-Pomorskiego. Tutaj swoje kroki turysta powinien skierować do Muzeum Archeologicznego w Biskupinie, a także Muzeum historii Włocławka oraz Muzeum Ziemi Pałuckiej w Żninie. W ofercie dla najmłodszych uczestników podróży po Szlaku Piastowskim, na trasie przewidziano poznańskie atrakcje w postaci Multimedialnych makiet dawnego Poznania oraz Bramy Poznania. Turyści udający się w kierunku wschodnim, odwiedzą także Gród w Pobiedziskach oraz Skansen Miniatur Szlaku Piastowskiego. Specjalne atrakcje przygotowano także w rezerwach archeologicznych w Gieczu oraz na kaliskim Zawodziu, a także w muzeach Pierwszych Piastów na Lednicy, Archeologicznym w Biskupinie czy w Mysiej Wieży w Kruszwicy.

Rysunek 1 Trasy wschód – zachód oraz północ – południe Szlaku Piastowskiego



Źródło: www.szlakpiastowski.pl

Oprócz wspomnianych tras tematycznych oraz dwóch głównych osi wschód – zachód i północ – południe, Szlak Piastowski w swojej ofercie posiada także trzy gry turystyczne. Proponują one turystyce alternatywne zwiedzanie w postaci odnajdywania obiektów powiązanych z piastowskimi królami w grze pt. „Gniezno – Miasto Królów”. W innej zabawie, zwiedzający będzie poszukiwał „Skradzionych relikwii Świętego Wojciecha” w Gnieźnie oraz w Trzemesznie, w ostatniej z nich uda się także poza Gniezno, by w ramach gry turystycznej „Piastowie+” odwiedzić także Giecz, Grzybowo, Kalisz i Pyzdry.

Zarządzanie sieciowym produktem turystycznym

Zarządzanie rozumiane jest jako zestaw działań (planowanie, organizowanie, motywowanie, kontrola), skierowanych na zasoby organizacji (ludzkie, finansowe, rzeczowe, informacyjne) wykorzystywanych z zamiarem osiągnięcia celów organizacji (wg Griffina 2005). Zarządzanie to także działanie, które polega na dysponowaniu zasobami. Ponieważ do najważniejszych zasobów należą pieniądze, to właśnie one oddziałują na ludzi. Zarządzanie

wiąże się z kierowaniem i bardzo często używa się łącznie terminów organizacja i zarządzanie, kierowanie i zarządzanie (Pszczołowski 1978). Istotę szlaku turystycznego oraz sieciowego produktu turystycznego, przytoczono w poprzednim akapicie.

Z kolei za klaster uważa się „geograficzne skupiska wzajemnie powiązanych firm, wyspecjalizowanych dostawców, jednostek świadczących usługi, firm działających w pokrewnych sektorach i związanych z nimi instytucji w poszczególnych dziedzinach, konkurujących między sobą, ale także współpracujących” (Porter 2001). Odnośnie klastra turystycznego przyjęto definicję za Kachniewską, która klaster rozumie jako „aktywną sieć wytwórców produktów turystycznych, wspierających ich przedsiębiorców innych branż, organizacji turystycznych, władz lokalnych i podmiotów samorządowych, instytucji otoczenia biznesu, zaplecza edukacyjno-eksperymentalnego (uczelnie, instytucje B+R), współpracujących ze sobą w ramach określonej marki (markowego produktu turystycznego) i jednocześnie konkurujących ze sobą jakością, innowacyjnością i unikatowością oferowanych usług” (Kachniewska 2014). Klastry stały się popularne zarówno na kontynencie europejskim, jak i na świecie. Za przykłady europejskich klastrów turystycznych mogą posłużyć Klaster turystyczny Aude-Pays Cathare (skupiający zamki i osady we francuskiej Langwedocji), Klaster Panański (zawierający uzdrowiska z Wielkiej Niziny Węgierskiej), Klaster „Wino, gastronomia, turystyka” (gromadzący obiekty noclegowe, gastronomiczne i prozdrowotne zachodniej Grecji), natomiast egzemplifikację światowych klastrów stanowią Multiklaster New Zeland (Nowozelandzki klaster z zakresu turystyki wiejskiej i kwalifikowanej), Klaster zdrowia i turystyki Południowa Karolina (amerykańska grupa skupiona wokół zróżnicowanych produktów turystycznych i prozdrowotnych), Klaster Turystyki „Jamajka” (działający w obszarze turystyki, rolnictwa, hotelarstwa i gastronomii na Jamajce) (Roman 2013). W Polsce, z szeregu istniejących klastrów turystycznych, Klaster Uzdrowisko Supraśl (skupiający usługi turystyczne, hotelarskie, gastronomiczne, a także jednostki naukowe i biznesowe z Puszczy Knyszyńskiej), Lubuski Szlak Wina i Miodu (zawierający ofertę muzeów, skansenów i obiektów agroturystycznych skupionych wokół lubuskiego winiarstwa i pszczelarstwa), Bieszczadzki Transgraniczny Klaster Turystyczny (zakres turystyki edukacyjno-poznawczej i traperskiej w powiecie bieszczadzkim oraz rejonach samborskim i turczańskim) (Wierzyński 2012).

Szlak Piastowski, począwszy od kwietnia 2016 roku, jest zarządzany przez Klaster Turystyczny Szlak Piastowski w Wielkopolsce (na części szlaku leżącej na terenie województwa wielkopolskiego) oraz przez Inowrocławską Lokalną Organizację Turystyczną (na terenie województwa kujawskiego). Te dwa podmioty zobowiązały się do wspólnego

koordynowania Szlaku Piastowskiego. W tym artykule skupiono uwagę na organizacji pierwszego z nich, w skład którego weszły następujące podmioty: powiaty (Gniezno, Kościan, Śrem, Wągrowiec, Września), miasta (Gniezno, Kalisz, Konin, Poznań, Wągrowiec), gminy (Dominowo Kłęcko, Krzywiń, Łubowo, Pobiedziska, Pyzdry, Trzemeszno, Wągrowiec, Września) oraz Organizacja Turystyczna Szlak Piastowski.

Tabela 1. Trzy obszary działań Klastra „Szlak Piastowski w Wielkopolsce”

Edukacja i organizacja	Informacja i promocja	Pakietyzacja
- prowadzenie działalności edukacyjnej, szkoleniowej i wydawniczej - organizowanie imprez studyjnych w kraju i za granicą - wspieranie innych działań służących realizacji celów statutowych	- prowadzenie banku informacji i systemu informacji turystycznej o Szlaku Piastowskim w oparciu o centra i punkty informacji turystycznej oraz informacje pozyskiwane z obiektów szlaku, jak również poprzez ogólnie dostępne dane o charakterze statystycznym - przygotowywanie i organizowanie działań promocyjnych dotyczących Szlaku Piastowskiego - opracowywanie kampanii promujących Szlak Piastowski oraz pozyskiwanie środków zewnętrznych na ich realizację - udział w imprezach promocyjnych, targach krajowych i zagranicznych - aktywne realizowanie działań o charakterze Public Relations, w tym szczególnie podejmowanie współpracy z prasą branżową i codzienną, - promowanie wydarzeń na Szlaku Piastowskim w mediach społecznościowych - koordynowanie kalendarza imprez turystyczno – kulturalnych na szlaku, szczególnie corocznego Święta Szlaku Piastowskiego	- tworzenie pakietów turystycznych - tworzenie lokalnych tematycznych tras turystycznych o profilu kulturowym - tworzenie tematycznej oferty kulinarnej na szlaku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie uchwały nr 20/2017 Walnego Zebrania Członków Klastra Turystycznego "Szlak Piastowski w Wielkopolsce" z dnia 13 czerwca 2017.

Podstawą działania każdej organizacji jest statut. Wczytując się w ten akt prawny regulujący kwestie działalności klastra można uzyskać następujące informacje: Organizacja ta została utworzona, by zarządzać Szlakiem Piastowskim w granicach administracyjnych województwa wielkopolskiego, aby tworzyć pozytywny odbiór szlaku nie tylko w Wielkopolsce, ale również w całym kraju a także poza jego granicami. Klaster powstał również, aby podnieść poziom intensyfikacji ruchu turystycznego w ramach regionu, w którym szlak został osadzony, a odwiedzający był skłonny do wydłużenia pobytu na szlaku, co wpłynąć miało na wzrost dochodu z turystyki w regionie. Organizacja przyjęła realizację swoich celów poprzez pięć głównych zadań, do których należą: koordynowanie współpracy z obiektami szlaku oraz obiektami, które wyrażają chęć przystąpienia do klastra, monitoring i kontrola standardów panujących w obiektach (ze szczególnym uwzględnieniem godzin otwarcia i sposobu zwiedzania przez odwiedzających), prowadzenie systemu informacji turystycznej na szlaku, promocję produktu oraz współpracę z lokalnymi organizacjami

turystycznymi, Polską Organizacją Turystyczną, administracją publiczną, podmiotami prowadzącymi działalność gospodarczą na szlaku oraz organizacjami pozarządowymi (w obrębie turystyki). Wszystkie wyżej wymienione cele, klaster zobowiązał się realizować przez różne rodzaje działalności, wśród których wyróżnić można trzy obszary (Tab. 1).

Przed Szlakiem Piastowskim postawiono zatem szereg zadań. Wiele z nich zakończyło się pozytywnym rozstrzygnięciem (np. działalność w sferze mediów społecznościowych, wydawnictwa, uruchomienie aplikacji mobilnej Szlak Piastowski oraz kalendarza imprez na szlaku na stornie internetowej) lub jest w trakcie trwania (np. powstawanie nowych obiektów gastronomicznych, organizacja corocznego Świąta Szlaku Piastowskiego, udział w targach, organizacja konferencji). W związku z tym postawiono przed klastrem kolejne zadania, takie jak budowa portalu szlakpiastowski.travel (strona internetowa z wachlarzem produktów udostępnianych na szlaku przez wiele podmiotów), wpisanie do projektu Polskie Marki Turystyczne (prowadzonego przez Ministerstwo Sportu i Turystyki oraz Polskiej Organizacji Turystycznej, polegającego w pierwszej kolejności na utworzenie katalogu regionów i szlaków turystycznych, a w następnych etapach wsparciu i promocji tychże). Jak każde stowarzyszenie, również Szlak Piastowski, za jeden ze swoich celów uznaje pozyskanie sponsorów, a także nowych członków klastra. Do podstawowych działań w ramach badanej organizacji w dalszym ciągu należy ścisła współpraca pomiędzy organizacjami koordynującymi szlak w województwach wielkopolskim i kujawsko-pomorskim oraz wzmożenie aktywności promocyjnej szlaku.

Za dobre praktyki wpisujące się w statut organizacji, należy uznać coroczne święto szlaku – w postaci Weekendu na Szlaku Piastowskim, który w roku 2019 odbędzie się po raz czwarty. Wydarzenie to organizowane jest wspólnie przez organizacje z Kujaw i Wielkopolski. Oprócz przykładu współpracy między klastrem a LOT-em, impreza ta jest również ukazaniem możliwości pozyskiwania środków zewnętrznych przez organizację w postaci dotacji z Urzędu Marszałkowskiego Województwa Wielkopolskiego. Kolejnym przykładem na rzetelne wywiązywanie się z obowiązków postawionych przez klaster, jest organizacja konferencji na temat oferty szlaku i wykorzystania nowych technologii w turystyce, w postaci warsztatów i szkoleń dla przedstawicieli obiektów znajdujących się na szlaku, ale także innych instytucji kultury i reprezentantów gmin i powiatów.

Podsumowanie

Zarządzanie Szlakiem Piastowskim przez klaster przyniosło kilka istotnych zmian w zakresie funkcjonowania szlaku. Przede wszystkim, w zespół zarządzający weszło wielu

interesariuszy, reprezentujących różne podmioty, co stanowi bogate spectrum spraw oraz potrzeb koniecznych do zrealizowania w ramach działalności klastra. Uwzględnienie najważniejszych postulatów w zakresie funkcjonowania szlaku, możliwe będzie tylko przy współpracy wielu podmiotów, która może okazać się gwarantem sukcesu szlaku turystycznego w najbliższej przyszłości. Ze względu na specyfikę szlaku, jako sieciowego produktu turystycznego, jest on uzależniony od wielu czynników. Ważnym jest, aby obok aktywności podejmowanych przez klaster, również z samych obiektów pojawiały się inicjatywy warte podjęcia. Umiejętne zarządzanie powinno doprowadzić do zwiększenia konkurencyjności w ramach szlaku, a przez to dążenia do pozyskiwania większych środków finansowych przez właścicieli obiektów znajdujących się na szlaku, ale także być motorem napędowym dla organizacji zarządzającej.

Literatura

- Borkowska-Niszczoła M., 2015, *Wpływ klastrów turystycznych na rozwój i konkurencyjność regionów*. Ekonomiczne Problemy Turystyki nr 2.
- Griffin R., 2005, *Podstawy zarządzania organizacjami*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- <http://szlakpiastowski.pl> (dostęp - 08.03.2019).
- https://www.pi.gov.pl/parp/chapter_86196.asp?soid=E565ED9AD2444DDA96C2D1D3021D8D7A (dostęp - 08.03.2019).
- Kachniewska M., 2014, *Model Tworzenia Sieciowego Produktu Turystycznego*, MROT, Warszawa.
- Kaczmarek J., i in. 2002, *Produkt turystyczny albo jak organizować poznawanie świata. Podręcznik*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kaczmarek J., i in., 2010, *Produkt turystyczny. Pomysł - organizacja - zarządzanie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Kruczek Z., 2007, *Polska. Geografia atrakcji turystycznych*, Wyd. Proksenia, Kraków.
- Łęcki W., 1986, *Szlak Piastowski*, COIT, Poznań.
- Panasiuk A., 2006, *Ekonomika Turystyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Porter M.E., 2001, *Porter o konkurencji*, PWE, Warszawa.
- Pszczołowski T., 1978, *Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji*, Ossolineum, Kraków.
- Roman M., 2013, *Klasy jako forma współdziałania w działalności turystycznej*. Zarządzanie i Finanse, nr 2, cz. 3.
- Skowronek E., 2015, *Klaster jako forma współpracy w turystyce [w:] Europa Regionum*, t. XXIV, WNUS, Szczecin.

Stasiak A. i in., 2014, *Szlaki turystyczne. Od pomysłu do realizacji*, Wydawnictwo PTTK, Warszawa – Łódź.

Stasiak A., 2006, *Produkt turystyczny – szlak*, Turystyka i Hotelarstwo nr 10.

Strony obiektów Szlaku Piastowskiego na portalach: Facebook, TripAdvisor, Google oraz aplikacja mobilna (dostęp - 08.03.2019).

Styperek J., 2002, *Linearne systemy penetracji rekreacyjnej*, Bogucki - Wydaw. Naukowe, Poznań.

Mała architektura jako element krajobrazu kulturowego współczesnej wsi - studium przypadku gminy Puck

Small architecture as an element of the cultural landscape of the modern village- case study of the Puck commune

Aleksandra Srok
Hanna Szydłowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Architektów Krajobrazu „Horyzont”
Opiekun: dr inż. Mariusz Antolak

Abstract

Nowadays, elements of the small architecture play bigger part in the present villages. Thanks to them identity of the place can be expressed – small architecture builds a space of the village, forms it and „cares” about what are users needs no matter on the age or sex.

Work included 9 villages placed in the Puck commune. The kind and establish to the tradition of the place, style and amount of the distinguished elements of the small architecture was analysed. Objects like lanterns, bridges, benches, trashes, information signboards, bus stops and the objects of the religious cult were considered. The resources started from independent interpretation of the forms above mentioned elements and shaping them thanks to cultural landscape. Card catalogues with the photo documentary of the objects placed in the villages was made and comparative analysis has been made. The material is the source material for the survey carried out among villagers. It identifies demand the occurrence for the elements of the small architecture in the cultural landscape are the vision of these objects by the people who lives in the analysed villages.

Keywords: small architecture, cultural landscape, village

Wstęp

Krajobraz stanowi jedną z najważniejszych kategorii badawczych różnych dziedzin naukowych oraz sztuki. Jest to termin wieloznaczny i różnie definiowany: „Krajobraz to zewnętrzny wyraz otoczenia”, „Jest pewną zintegrowaną całością, która powstaje poprzez wysiłek wyobraźni na podstawie wysoko wyselekcjonowanego zestawu danych zmysłowych”. Pełni wiele funkcji w rozmaitych dziedzinach życia i nauki. W ostatnich latach zainteresowanie tym tematem wzrosło, co wynika z ważności tej problematyki, jej aktualności bądź atrakcyjności pod względem badawczym - zakres ten daje nieograniczone możliwości interpretacyjne. Oprócz tego, krajobraz charakteryzuje się ciągłą zmiennością. Zmiany te wynikają z różnych sposobów gospodarowania terenu, użytkowania go i jednoczesnego postępu cywilizacyjnego. Przemiany krajobrazów dokonują się coraz szybciej, co jest skutkiem

głównie czynników antropogenicznych. Jest to ważne podczas tworzenia tożsamości miejsca, gdyż krajobraz kulturowy jest dziedzictwem, świadectwem tradycji i częścią historii.

Mała architektura jest odzwierciedleniem przestrzeni krajobrazowej i jednym z jej elementów. Obiektom tym towarzyszy zielen, którą pielęgnują odpowiednie organy lub administratorzy. Ich charakter często jest związany z przemysłaną działalnością człowieka, który świadomie wybiera konstrukcje atrakcyjne nie tylko wizualnie, ale również te, które stanowią wartość dla mieszkańców kaszubskich wsi, mające służyć człowiekowi a przy tym jednocześnie będąc elementem identyfikującym dany region.

Kaszuby są jednym z najbardziej urozmaiconych obszarów północnej Polski. Ich nazwa wywodzi się już z czasów średniowiecza - pierwszy raz terminu tego użyto w 1238 roku (Kargul i Korda 2015). Naukowcy integrowali określenie 'Kaszuby' z wodą i młynami (Mordawski 2008). Dzisiaj region ten posiada własny herb, flagę oraz język. Ochronę czynników pozwalających wyodrębnić tę grupę etniczną od innych społeczności ma zapewniać *Ustawa z dnia 6 stycznia 2015 roku o mniejszościach narodowych, etnicznych oraz języku regionalnym*. Zapis ten pozwala regulować możliwości i potrzeby wsparcia ludności lokalnej oraz uprawnia do umieszczania w przestrzeniach publicznych nazw miejscowości, instytucji i urzędów w języku kaszubskim. Dwujęzyczny sposób znakowania nazw na tablicach świadczy o przynależności danej miejscowości do Kaszub oraz kształtuje mentalność mieszkańców i ich poczucie partycypacji w regionie (Labuda 2006). Występowanie wzorów charakterystycznych dla miejsca na elewacjach obiektów budowlanych i im towarzyszących w przestrzeni, jest czynnikiem kreującym krajobraz kulturowy współczesnej wsi. Obiekty małej architektury występują jako elementy środowiska wiejskiego, pełnią rolę użytkową, estetyczną, kulturową, psychologiczną, rekreacyjną, wypoczynkową i informacyjną, co więcej są dobrem publicznym. Istotne jest odniesienie do koncepcji percepcji przestrzeni, gdyż jakość i ekspresyjność otwartej przestrzeni, stanowi jeden z kluczowych warunków zagospodarowania terenu. Mała architektura stanowi element krajobrazu kulturowego współczesnych wsi (Chmielewski 2010).

Cel i Metodyka

Celem badań było określenie sposobu rozmieszczenia elementów małej architektury, zależności pomiędzy ich ilością i lokalizacją a gęstością zaludnienia. Dążono również do weryfikacji poglądów mieszkańców badanych wsi na temat obecności, liczebności, stylu i nawiązania do tradycji historii miejsca tych obiektów. Kolejnym celem była ocena istoty elementów małej architektury w krajobrazie kulturowym i społecznym przez lokalną

zbiorowość oraz dokonanie starań racjonalnego wyjaśnienia i wykoncypowania rozkładów w przestrzeni i sytuowania tych obiektów.

Zakres pracy obejmował dziewięć miejscowości położonych w gminie Puck, na terenie Kaszub, gdzie krajobraz kulturowy wyraża się za pośrednictwem, między innymi, charakterystycznych budynków czy elementów zdobionych wzorami kaszubskimi lub nazwami w języku regionalnym (Obracht-Prondzyński 2007). Wsie nie zostały wybrane przypadkowo, w każdej z nich bowiem znajduje się obiekt, miejsce lub przestrzeń, z którymi są one identyfikowane: Mała Piaśnica - niewielka wieś na obszarze Puszczy Darżlubskiej nad rzeką Piaśnicą, Domatówko - wieś jest siedzibą sołectwa, w którego skład wchodzi również miejscowości Wielka Piaśnica i Mała Piaśnica, Leśniewo - jako najbardziej urozmaicona wieś pod względem ilości i rodzaju elementów małej architektury, Mechowo - identyfikowane z Grotami Mechowskimi, Rzucewo - dawna stara osada rybacka i rycerska z zamkiem króla Jana III Sobieskiego, Smolno - jako przykład wsi z ubogim zasobem małej architektury. Wybrano również Żelistrzewo - wieś największa spośród wybranych, Połchowo - miejscowość atrakcyjna pod względem estetycznym i Swarzewo, jako najważniejszy punkt religijny z sanktuarium Matki Bożej Królowej Polskiego Morza.

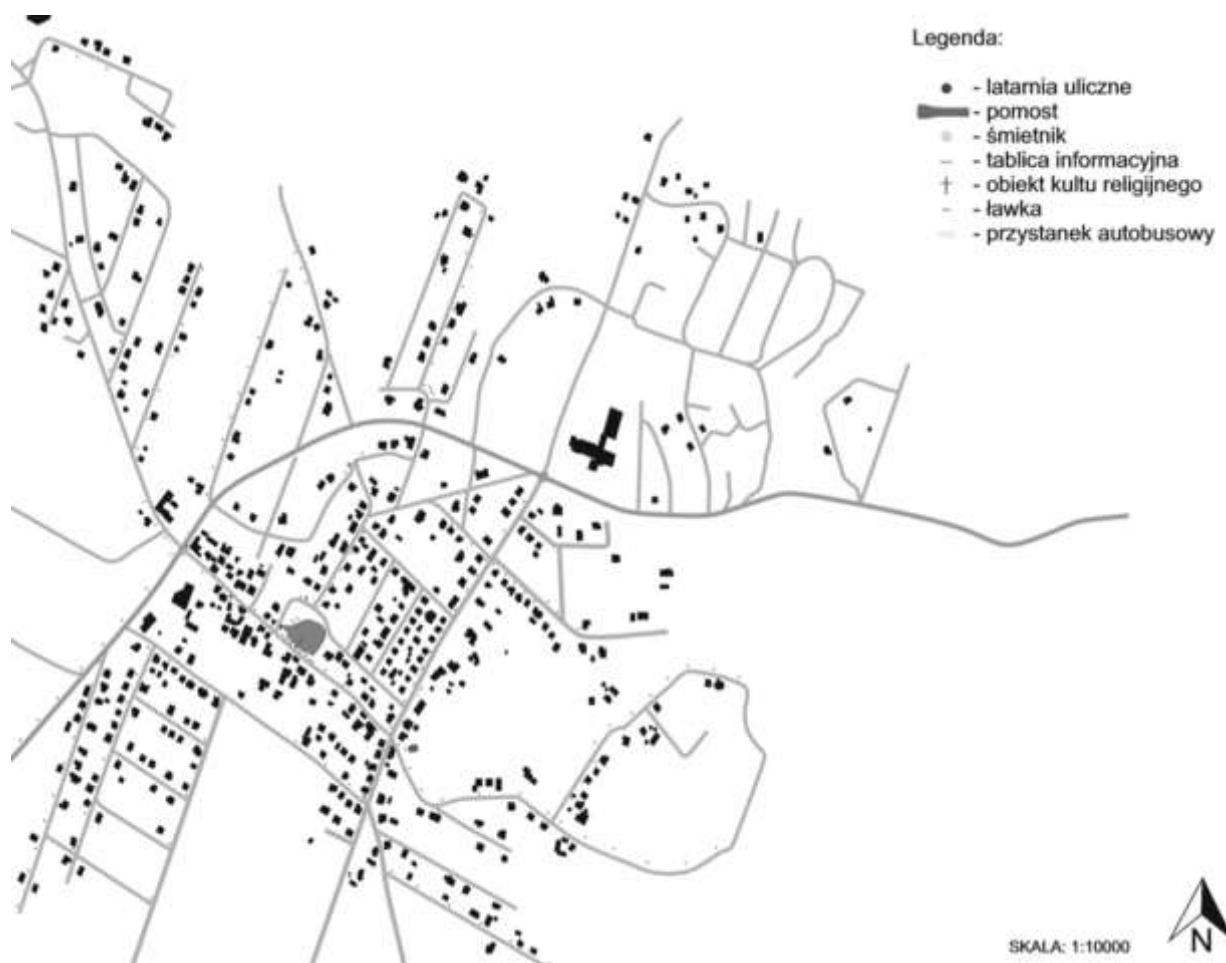
Posługując się metodą ilościową, określono liczbowo parametry występowania elementów małej architektury takich jak: latarnie, pomosty, ławki, śmietniki, tablice informacyjne, przystanki autobusowe oraz obiekty kultu religijnego (kapliczki, krzyże przydrożne, figury). Prace rozpoczęto od przygotowania merytorycznego, czyli precyzyjnego zgromadzenia potrzebnej dokumentacji. Zaopatrzono się w aparaty fotograficzne w celu uchwycenia kadrów wybranych elementów i przestrzeni oraz w mapy, na których zaznaczano rozlokowanie poszczególnych obiektów małej architektury. Po przygotowaniu powyższych czynności, udano się do badanych punktów.

W każdej miejscowości zatrzymano się w celu dokładnej inwentaryzacji terenu pod względem badanych części składowych krajobrazu. Zliczanie elementów odbywało się w każdym dostępnym rejonie wsi tak, aby nie został pominięty żaden z nich. Poruszano się zgodnie z następstwem po sobie kolejnych miejscowości w kierunku północnym. Najwięcej uwagi poświęcono wsi Leśniewo (Rys. 1).

O wyborze zdecydowało głównie występowanie wszystkich analizowanych w pracy zróżnicowanych elementów małej architektury. Oprócz tego, jest najmłodszą wsią spośród badanych oraz zlokalizowana jest w dogodnym położeniu na trasie Puck-Wejherowo (tj. między dwoma większymi miastami w okolicy). O wyborze tym zdecydował również dobry sposób komunikacji i przemieszczania się do okolicznych wsi (Lanz i in. 2005). W celu

dokładniejszych oględzin i sprecyzowania działań, poproszono o konsultację wóldarza wsi - Marcina Nikranta, który udzielił istotnych informacji dotyczących badanego obszaru. Udało się ustalić kilka wiadomości na temat rozmieszczenia elementów małej architektury. Sytuowanie latarni ulicznych, oświetlających drogi, ulice i chodniki oraz niwelujące niebezpieczeństwo wypadków, wynika z projektów, których wykonanie zleca Urząd Gminy (UG) Puck. Koncepcje te są wykonywane w oparciu o gęstość zabudowy danej ulicy oraz odległość od innych dróg, wymagających oświetlenia w celu tworzenia projektów systemowo-rejonowych.

Rysunek1. Opracowanie graficzne elementów małej architektury w Leśniewie



Źródło: Opracowanie własne.

Lokalizacja przystanków autobusowych wynika z umów między wyżej wymienionym urzędem a firmą przewozową. To oni decydują o położeniu tych konstrukcji. Ławki, śmietniki, tablice informacyjne do tej pory były montowane tam, gdzie sołtys wsi zauważył taką potrzebę, przy czym teren ten musiał być własnością gminy. Od niedawna stosowany jest regulamin stworzony przez Urząd Gminy, który wyznacza standardy co do lokalizacji. Obiekty kultu

religijnego w większości, zgodnie z tradycją Kaszubów są umiejscowione na rozstajach dróg lub posesjach prywatnych. W innych sytuacjach są umieszczane między innymi na podstawie regulaminu gminy lub pozwoleń na budowę. Najstarszy krzyż został postawiony przed II wojną światową (drewniany), w czasie okupacji usunięty przez Niemców. W 1946 roku wzniesiono nowy, z betonu. Do dziś znajduje się na skrzyżowaniu ulic Starowiejskiej i Puckiej w Leśniewie. Projekty elementów małej architektury oraz ich kształt i forma, są wybierane przez włodarza wsi zgodnie z założeniem, by pasowały stylem do istniejącej zabudowy oraz by oddawały wiejski charakter. Składają się głównie z elementów drewnianych i żeliwnych. Centralnym punktem wsi jest molo zbudowane w 2012 roku wedle projektu OSP Leśniewo. Jednostka ta również jest odpowiedzialna za całokształt jego wykonania (Rys. 2).

Rysunek 2. Fragmenty zagospodarowania przestrzeni mola w Leśniewie



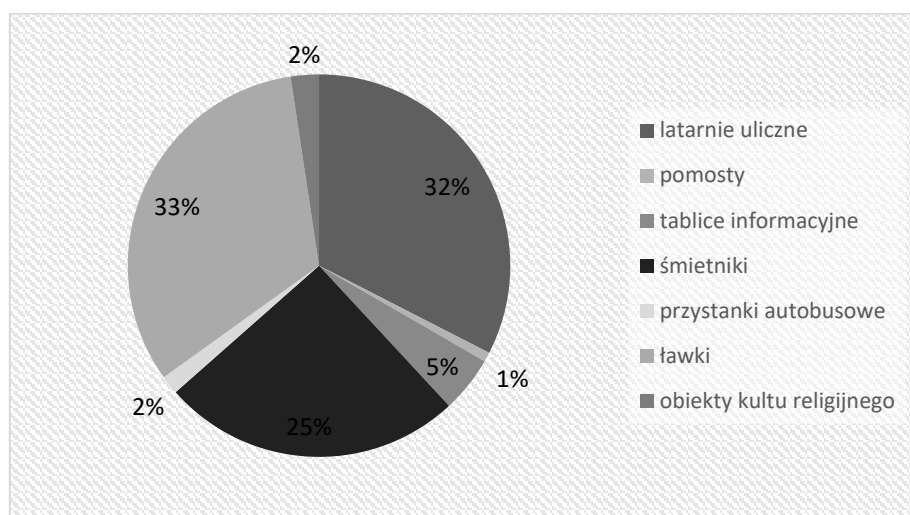
fot. Aleksandra Srok, Hanna Szydłowska.

Zapytano również o kierunek rozwoju terenów z udziałem elementów małej architektury. Otrzymano odpowiedź, że w planach jest rewitalizacja amfiteatru za remizą strażacką, gdzie dobrane zostaną składowe, takie jak ławki i śmietniki. Zostanie również wykonany zieleniec wiejski, który będzie sprzyjał spotkaniom i integracji mieszkańców. Będzie on stanowił element kształtujący świadomość ludzką o potrzebie harmonizowania się z otaczającym środowiskiem oraz z obecnością małej architektury. Zaplanowano też budowę kolejnych chodników, ułatwiających sposób przemieszczania się oraz montaż ławek, które spełnią funkcję wypoczynku biernego wraz z możliwością kontemplacji. Zamontowane zostaną również śmietniki, ułatwiające utrzymanie ładu i porządku w przestrzeni wsi. Zaaranżowano także posadzenie większej ilości roślin, pogłębiających lub podkreślających walory estetyczne istniejących nasadzeń i pobudzające zmysły użytkowników otoczenia. Wszystko to zostanie wykonane przy użyciu środków finansowych z budżetu sołectwa i gminy.

Materiał z wywiadu stanowił ważną część rozpatrywania problematyki tematu. Kontynuując plan działania, udano się do kolejnych miejscowości, gdzie zliczano obiekty małej

architektury jak również kontrolowano, by sytuowanie obiektów na podkładzie z mapą, odzwierciedlało stan rzeczywisty ich położenia. Przygotowana w taki sposób podstawa, stanowiła materiał służący do ustalenia ilości poszczególnych obiektów. Po analizie uzyskanych wyników, ukazano graficznie procentowy udział elementów małej architektury w zagospodarowanej przestrzeni wsi oraz odszukano zależności między ich rozmieszczeniem, ilością i gęstością występowania (Rys. 3).

Rysunek 3. Procentowy udział elementów małej architektury w Rzucewie

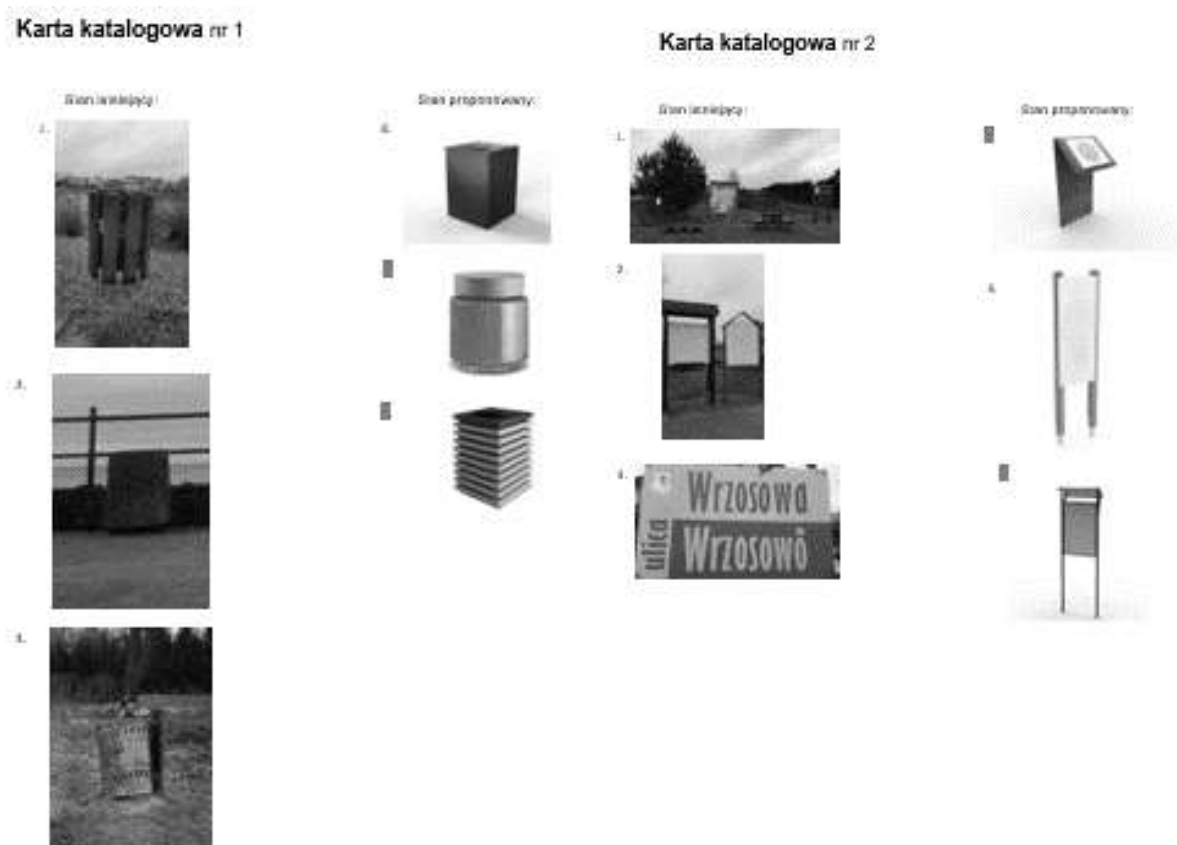


Źródło: Opracowanie własne.

Dodatkowo, posługując się wcześniej sporządzoną dokumentacją zdjęciową, zebrano informacje na temat ich stylu, sposobu prezencji oraz kondycji. Oprócz tego przygotowano karty katalogowe, zawierające zestawienia fotografii stanu istniejącego elementów małej architektury ze zdjęciami stanu proponowanego (Rys. 4). Następnie zostały one przekazane drogą elektroniczną do mieszkańców opracowywanych wsi. Zostali oni losowo wybrani poprzez odnalezienie ich na portalach internetowych w grupach lokalnych miejscowości. Każdy z nich wybierał po dwie fotografie, które uznał za najbardziej atrakcyjne. Odpowiedzi udzieliło 15 uczestników.

Kolejną czynnością w toku postępowania badawczego, był wywiad z mieszkańcami wybranych wsi. Stworzono ankietę przy użyciu ogólnodostępnych formularzy Google. Miała ona formę pytań zamkniętych, przygotowanych wcześniej w odpowiedniej kolejności tak, aby każdy uczestnik sondażu mógł implikować odpowiedzi w równorzędny sposób.

Rysunek 4. Przykładowe karty katalogowe



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 5. Fragment ankiety

Czy uważasz, że te elementy wraz z upływem czasu powinny być zastępowane innymi, bardziej zmodernizowanymi czy nawiązywać do historii i kultury miejsca?

- ☐ Powinny być zastępowane bardziej nowoczesnymi
- ☐ Powinny być zastępowane elementami nawiązującymi do historii

Jak reagujesz na dewastację elementów małej architektury w Twojej wsi?

- ☐ Jest mi to obojętne
- ☐ Upominam osobę niszczącą, gdy dzieje się to w mojej miejscowości
- ☐ Zgłaszam odpowiedniemu organowi (np. sołtysowi) w celu usunięcia szkody

Czy mała architektura w Twojej wsi jest dopełnieniem krajobrazu i stanowi spójną całość (jednakowy styl wykonania, wykorzystywany taki sam materiał budowlany)?

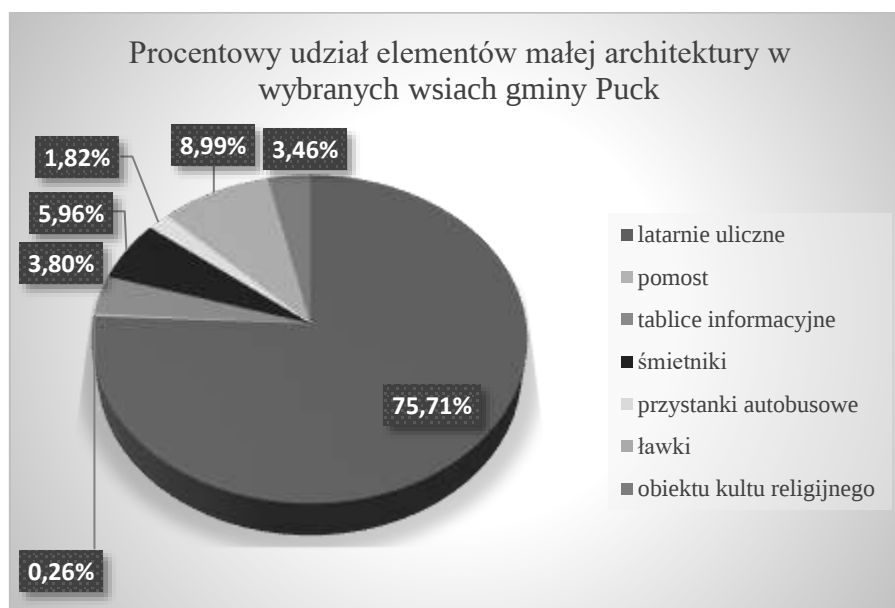
- ☐ Tak
- ☐ Nie

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone prace na temat małej architektury jako elementu krajobrazu współczesnej wsi (studium przypadku gminy Puck), pozwoliły przeprowadzić dyskusję i wysnuć wnioski. Pierwszą badaną zależnością była ilość latarni, pomostów, ławek, śmietników, tablic informacyjnych, przystanków autobusowych oraz obiektów kultu religijnego w stosunku do sposobu rozmieszczenia i gęstości zaludnienia. Na podstawie stworzonego odwzorowania graficznego mapy Leśniewa zauważono, że w miejscach, gdzie natężenie zamieszkania jest większe, więcej jest obiektów małej architektury i są one ustawiane gęściej, niż w przypadku obszarów oddalających się od centralnej części wsi. Liczba mieszkańców w ostatnich latach stale wzrastała - w 2011 mieszkało tam 1469 osób, natomiast do 2016 roku przybyło 158 członków wsi - a co za tym idzie, można by przewidzieć kierunki rozwoju i lokalizacji obiektów jak i ich zasobności (Liczbowy wykaz mieszkańców). Postępowi cywilizacyjnemu towarzyszy w pierwszej kolejności sytuowanie latarni ulicznych, co jest widoczne na arkuszu z odwzorowaniem mapy. Wyliczając procentowy udział elementów małej architektury wszystkich badanych 9 wsi gminy Puck, można wywnioskować, że największą ich część stanowią latarnie uliczne, tj. 75,71%. Na drugim miejscu uplasowały się ławki (niecałe 9%). Najmniejszy udział w krajobrazie kulturowym mają pomosty, co może wynikać z braku możliwości ich sytuowania. Dostrzeżono, że około 25% stanowią wszystkie badane elementy prócz latarni, co wskazuje na znaczne dysproporcje między nimi (Rys. 5).

Rysunek 6. Zbiorowy Rysunek procentowego udziału elementów w wsiach gminy Puck



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 7. Przykłady pytań wraz z odpowiedziami skierowanych do ankietowanych



Źródło: Opracowanie własne.

Kolejnym efektem prac badawczych było podsumowanie wyników ankiety internetowej. Zgodnie z procentowym zestawieniem jej odpowiedzi, ponad połowa (63,2%) respondentów to kobiety, natomiast pozostałe 36,8% to mężczyźni. Łącznie udział wzięło 69 osób. 52,9% spośród nich nie ukończyło 25 roku życia, 30,9% to uczestnicy w przedziale wiekowym od 25 lat do 40, a kolejnych 11 lokuje się w grupie powyżej 40-stego roku życia. Na pytanie o potrzebę obecności elementów małej architektury w analizowanych wsiach, aż 94,1% ankietowanych odpowiedziało, że jest ona dla nich istotna. Co więcej, aż dla 82,4% osób elementy małej architektury (siedziska, altany) są miejscem spotkań ze znajomymi. Natomiast na pytanie o najważniejsze obiekty, które mieszkańcy uważają za niezbędne w miejscu swojego zamieszkania, najwięcej głosów oddano na latarnie uliczne oraz ławki. Za najmniej istotne oznaczono pomosty i elementy kultu religijnego, mimo dość częstego ich występowania. Przy pytaniu o nawiązanie małej architektury w miejscowościach do tradycji regionu, zdania były dość podzielone. Różnica między wynikiem na „tak” i odpowiedzią na „nie” wyniosła zaledwie 3%, jednakże aż 95,6% tj. 65 osób z 69 ankietowanych sądzi, że ich wygląd jest fundamentalny dla kształtowania się środowiska.

Krajobraz kulturowy ulega ciągłym przekształceniom, które są zauważalne dla przeciętnego mieszkańca wsi, przykładem czego jest ponad połowa oddanych głosów (59,7%) na odpowiedź, by elementy małej architektury wraz z upływem czasu zostawały zastępowane takimi, które nawiązują do historii i kultury miejsca. Reszta natomiast zdecydowanie wybrała bardziej nowoczesne. Zapytano również o reakcje mieszkańców na dewastacje obiektów w ich wsiach. Zgodnie z wynikami, 60,3% upomina osobę niszczącą, gdy dzieje się to w ich miejscowościach, część ankietowanych (20,6%) zgłasza dany incydent odpowiedniemu organowi (np. sołtysowi) w celu usunięcia szkody. Około 1/3 nie reaguje w żaden sposób. Zastanawiając się nad spójnością (jednolitość w stylu wykonywania elementów, wykorzystanie jednakowych materiałów budowlanych) elementów małej architektury jako całości, większość odpowiedziała, że są one dopełnieniem krajobrazowym i jest w nich sporo podobieństw. Aż 48,5% uważa, że są różne i nie pasują do siebie.

Pozytywnym zaskoczeniem okazał się wynik na pytanie o obecność tablic z informacjami o historii miejsca, gdyż aż 77,6% odpowiadających twierdzi, że są one potrzebne, co więcej chętnie je czyta. Tylko 7,5% uznało, że nie musi ich być oraz mało kto zwraca na nie uwagę. Dla reszty ich obecność jest obojętna. Oceniając zjawisko sytuowania elementów kultu religijnego, większość ankietowanych postrzega jako tradycję (63,2%). Dwóm odpowiadającym przeszkadza to, a reszta nie ma zdania na ten temat. Problemem, który zauważono podczas wizytacji w badanych wsiach, jest ilość ławek. Również ankietowani

sądzą, że jest ich zbyt mało - uznało tak 66,2%. Warto dodać, że w miejscowości Smolno ławki nie występują. Przeciwnieństwem tego zjawiska jest ulokowanie w Rzucewie 41 tych obiektów.

Rysunek 8. Elementy małej architektury wybrane przez mieszkańców wsi z kart katalogowych

Tablice informacyjne:



Ławki:



Przystanki autobusowe:



Latarnie uliczne:



Obiekty kultu religijnego:



Źródło: Opracowanie własne.

Elementem, który mieszkańcom odpowiada najbardziej takim jakim jest, jest latarnia uliczna. 43 spośród 67 ankietowanych wybrało istniejący odcień ich światła jako odpowiedni. Dla jednej osoby są zbyt mocne, a dla pozostałych za słabe. Zdania były również podzielone, co do gęstości lokalizowania lamp w badanych wsiach. Większość uważa, że jest w sam raz, jednakże aż 41,8% zauważyło, że są zbyt mocno oddalone od siebie. Co do stylu wykonania latarni, prawie 40% wybrałoby nowocześniejsze, 46% zostawiłoby takie jakie są, a pozostali zdecydowałiby się na bardziej starodawne. Badano również reakcję ludzi na barwność śmietników. Tak, jak się dowiedziano, ponad połowa za najlepsze wybrała neutralne - te, które wtapiają się w otoczenie.

Kolejnym materiałem, z którego wyciągnięto wnioski, były karty katalogowe. Umożliwiły one dostrzeżenie poglądów i poczucia estetyki mieszkańców badanych wsi gminy Puck. Naprowadziły również na kierunek rozwoju małej architektury w odniesieniu do przyszłości, ich zmian i różnic w zależności od indywidualnych preferencji osób odpowiedzialnych za tworzenie projektów, ich wybieranie i realizowanie w przestrzeni. Zgromadzone informacje wykazały, jakie elementy przyciągają uwagę mieszkańców kaszubskich wsi oraz stanowiły wzór planowanych elementów małej architektury w przyszłości. Zgodnie z sugestiami uczestników zagospodarowanej przestrzeni, obiekty te mogłyby służyć jako baza w późniejszym kształtowaniu otoczenia (Rys.8).

Przeprowadzenie wszystkich powyższych badań, obserwacji i działań było niewątpliwie pożądanym tropem w badaniu wpływu elementów małej architektury na odbiór przez ludzi krajobrazu kulturowego i ich wrażliwość na otoczenie. Prace te w pewnym stopniu umożliwiły mieszkańcom wsi wyrażenie własnych poglądów, dotyczących problematyki tematu. Taka konsultacja społeczna pozwoliła sprecyzować potrzeby mieszkańców oraz ukazała ich chęć do współuczestniczenia w życiu wsi i tworzenia zintegrowanej społeczności.

Podsumowanie

Mała architektura jest cennym elementem krajobrazu kulturowego współczesnych wsi w gminie Puck, czego potwierdzeniem są wyniki badań, mówiące o ich rozmieszczeniu, ilości i istocie występowania. Obiekty te są odzwierciedleniem tożsamości regionu, częścią zachodzących przemian. Pozwalają zachować ciągłość tradycji i historii krajobrazu kulturowego kaszubskich wsi, mimo tak często zacieranych znaków, będących charakterystycznymi symbolami danego regionu.

Literatura

- Chmielewski T.J. 2010. *Krajobraz jako przedmiot architektury krajobrazu* [w:] Szulczewska B., Szumański M. red.: *Przedmiot architektury krajobrazu*. SGGW Warszawa; Wydawnictwo Wieś Jutra; Warszawa: 7–17.
- Kargul M., Korda K. 2015. *Kaszuby przez wieki - Poradnik dla nauczycieli uczących własnej historii i kultury Kaszubów*, Zrzeszenie Kaszubsko-Pomorskie, Gdańsk.
- Labuda G. 2006. *Historia Kaszubów w dziejach Pomorza*, Gdańsk, t. I.
- Lanc J., Lanc M., Rózek E., Zieliński H. 2005. *Leśniewo: dzieje wsi i parafii*, Rost.
- Liczbowy wykaz mieszkańców*. <http://gmina.puck.pl/> (dostęp 20 lutego 2019 r.).
- Mordawski J. 2008. *Geografia Kaszub*, Gdańsk.
- Obracht-Prondzyński C. 2007. *Kaszubi dzisiaj. Kultura, język, tożsamość*, Gdańsk.
- Ustawa z dnia 6 stycznia 2005 r. o mniejszościach narodowych i etnicznych oraz o języku regionalnym*. <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/> (dostęp 28 lutego 2019 r.).

Projekt koncepcyjny ogrodu przy kościele w Wiznie

Conceptual design of the garden at the church in Wizna

Joanna Wójcik

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Koło Naukowe Miłośników Roślin Ozdobnych
Opiekun: dr inż. Beata Płoszaj-Witkowska

Abstract

The cloister style gardens possess affluent symbolism. The most important among them is the symbol of paradise — Eden. It is the symbol of God's might. People who desired to return to the paradise began creating cloisters, which resembled Eden. The Polish term for "cloister" which is "Wirydaż" originates from the Latin word "viridis" meaning "green", alluding to the greenery present within. Their beginning was during the VI century in monasteries. The area of the cloister was separated from the world around it, assuming its own, symbolic form.

The goal is to create a conceptual garden plan for a church in Wizna. The project contains elements characteristic of church gardens, especially a selection of plants typical for such gardens. To realize this task, an analysis of the project's area was performed together with an analysis of the surroundings and the relations between the viewpoints.

Keywords: Cloister gardens, conceptual garden, symbolic meaning of plants.

Wstęp

Symbolika w ogrodach zwanych wirydarzami, jest bardzo bogata. Jednak najważniejszym jego symbolem jest Raj - Eden. Jest on wyrazem mocy Bożej. Opis ten znajdziemy w Księdze Rodzaju. Ludzie pragnący powrotu do utraconego Raju, zaczęli tworzyć wirydarze, które przypominały Eden. Słowo wirydarz wywodzi się z języka łacińskiego viridis - „zielony”, „zielonawy”, a więc porośnięty zieloną roślinnością. Początek swój miały po VI w. przy klasztorach. Teren wirydarza, wytyczony i uporządkowany, stanowił odrębność od pozostałego świata i przybierał swój odpowiedni, symboliczny kształt. Ogrody te były ściśle wytyczane według zasad geometrii, która była cenioną dziedziną wśród nauk. Geometria uważana była za trudną dziedzinę, która przeznaczona była tylko dla świątłych umysłów. Była ona również przypisywana Bogu - największemu z umysłów. Każda figura posiada przypisane określone znaczenie np. koło - forma doskonała, atrybut Boga. Zatem wirydarz budowany na planie kwadratu przypominał o czterech Ewangelistach czy czterech rzekach w raju. Symbolizował on również cztery cnoty kardynalne.

Cel i metoda

Celem pracy było wykonanie koncepcji projektowej dla ogrodu przy kościele w Wiznie. Projekt ten zawiera elementy charakterystyczne dla ogrodów przykościelnych, szczególnie stosowanej przy niej roślinności. Aby zrealizować koncepcję projektową, wykonano inwentaryzację terenu oraz analizę otoczenia i powiązań widokowych. Projekt opracowano w skali 1 : 250.

Wyniki

Koncepcja projektowa jest oparta na ogrodach średniowiecznych - wirydarzach, powstałych między X a XV w. W obecnych czasach rzadko się tworzy unowocześnione założenia tego typu. Układ ogrodu jest oparty na podziale na 4 części, który posiada 2 główne osie, które krzyżują się pod kątem prostym. W centralnej części znajduje się figura Matki Boskiej. Wirydarz staje się miejscem bliskiego życia ludzi z roślinami. Organizacja i dobór gatunków, dostarczają doznań estetycznych, które pomagają w kontemplacji. Projektowany teren znajduje się przy kościele w Parafii św. Jana Chrzciciela w Wiznie. Kościół wraz z otoczeniem, stanowi unikalny w skali regionu zespół sakralny, który świadczy o bogatej historii i jego dużym znaczeniu w okresie średniowiecza i renesansu. Kościół usytuowany jest na skarpie ograniczonej ulicami M. Kopernika i Pawła z Wizny w pn.-wsch. części miejscowości, stanowiący dominantę w niskiej zabudowie Wizny. Klimat na tym obszarze jest surowszy niż pozostałych częściach Polski, a Suwałki są nazywane „polskim biegunem zimna”. Teren znajduje się pod silnym wpływem mas powietrza kontynentalnego. Na inwentaryzowanym terenie obecnie znajduje się zaniedbany trawnik oraz niewielka rabata bylinowa wielogatunkowa, otaczająca figurę Matki Boskiej. Inwentaryzacja została wykonana w skali 1:250. Rośliny, będące w projekcie, zostały wybrane ze względu na swoje znaczenie symboliczne, właściwości lecznicze, estetyczne, ale również ze względu na wytrzymałość na surowy klimat (Tab. 1).

Opis projektu

Rozwiązanie projektowe jest oparte na ad quadratum. Zaznaczenie kwater zostanie wykonane przez ścieżki znajdujące się na obwodzie oraz ze środka przecięcia krzyżujących się dróg i schodzącą się ze ścieżką na obwodzie wirydarza. W miejscu przecięcia ścieżek, znajduje się figura Matki Boskiej, która jest otoczona białą różą okrywową.

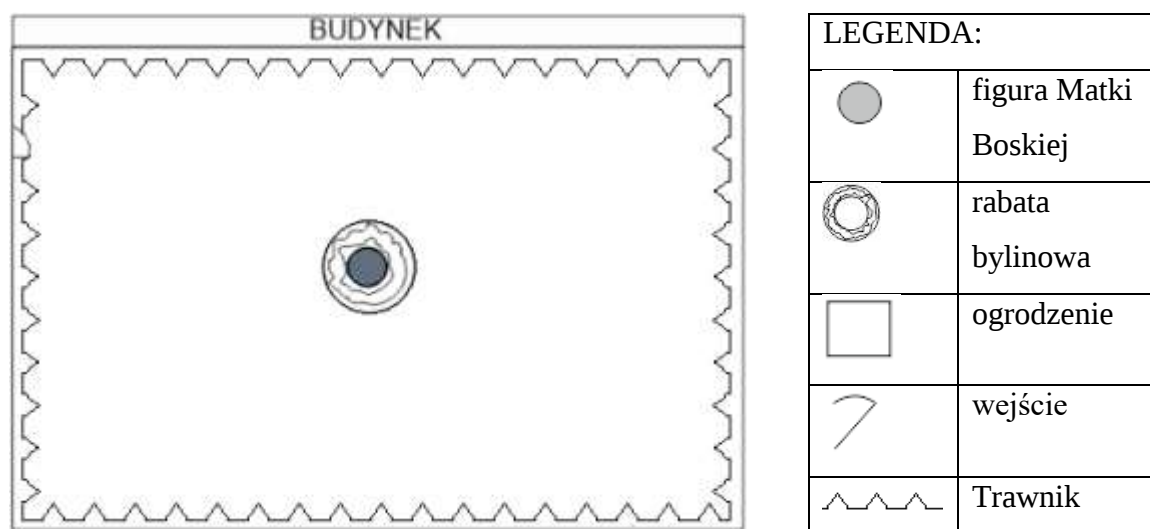
Tabela 1. Roślinność projektowana

Numer na projekcie	Nazwa łacińska	Nazwa polska	właściwości		znaczenie symboliczne
			estetyczne	lecnicze	
1.	<i>Taxus x media</i>	Cis pośredni	Zimozielony, na żywopłoty	*	nieśmiertelność
2.	<i>Quercus rubra</i> 'Aurea'	Dąb czerwony	Ozdobne liści żółtozielone	Na stany zapalne i bóle kręgosłupa	Męstwo i siła
3.	<i>Hydrangea petiolaris</i>	Hortensja pnąca	Ozdobne białe kwiatostany	Bakteriobójcze i na stany zapalne	Boleść duszy
4.	<i>Rosa</i> 'Sea Foam'	Róża okrywowa	Białe, liczne kwiatostany	*	Wieczna mądrość, męczeństwo, zaślubiny, milczenie NMP
5.	<i>Tulipa</i> 'Maureen Double'	Tulipan ogrodowy	Biały pełny kwiatostan	*Jadalne płatki	Imię dobre
6.	<i>Tagetes patula</i>	Aksamitka rozpierzchła	Ozdobny kwiatostan	Ma działanie napotne, przeciwnowotworowe i przeciwutleniające	Pokuta, wstrzeźliwość
7.	<i>Viola wittrockiana</i> 'Select Early-Mariana'	Bratek ogrodowy	Fioletowo białe kwiatostany	Działa oczyszczająco i moczopędnie, uszczelnia ściany naczyń włosowatych i działa napotnie	Pamięć wierna, Trójca Święta
8.	<i>Aquilegia</i> 'Winky Double Blue and White'	Orlik ogrodowy	Liczne pełne kwiatostany koloru niebiesko-białego	Leczenie chorób wątroby	Dary Ducha Świętego
9.	<i>Peonia</i> 'Top Brass'	Piwonia ogrodowa	Różowo białe, pachnące kwiatostany	Na choroby przewodu pokarmowego, w stanach pobudzenia i nadmiernej nerwowości, a także dolegliwościach ze strony górnych dróg układu oddechowego	wstyd
10.	<i>Spiraea cinerea</i> 'Grefsheim'	Tawuła szara	Dekoracyjne pędy	*	Zwycięstwo
11.	<i>Lilium asiatic</i> 'Canova'	Lilia azjatycka	Biały kwiatostan	*	Ciało Chrystusa
12.	<i>Alcea rosea</i> 'Chater's Double White'	Malwa pełna	Pełne białe kwiatostany	*	Boleść, miłosierdzie

Źródło: Opracowanie własne.

Wzór zastosowany w projekcie wirydarza, jest projektem własnym opartym na schematach średniowiecznych wirydarzy. Zieleń znajdująca się w projekcie jest ozdobą tej przestrzeni. Przy ścieżkach prowadzących do figury, zostanie stworzony żywopłot z tawuły szarej. Na granicy terenu zostanie posadzona malwa ogrodowa. Bezpośrednio przy budynku zostaną stworzone dwa „pomieszczenia” wykonane z cisu pośredniego, a zamiast nawierzchni zostanie umieszczony trawnik.

Rysunek 1. Inwentaryzacja terenu Skala 1:250



Źródło: Opracowanie własne.

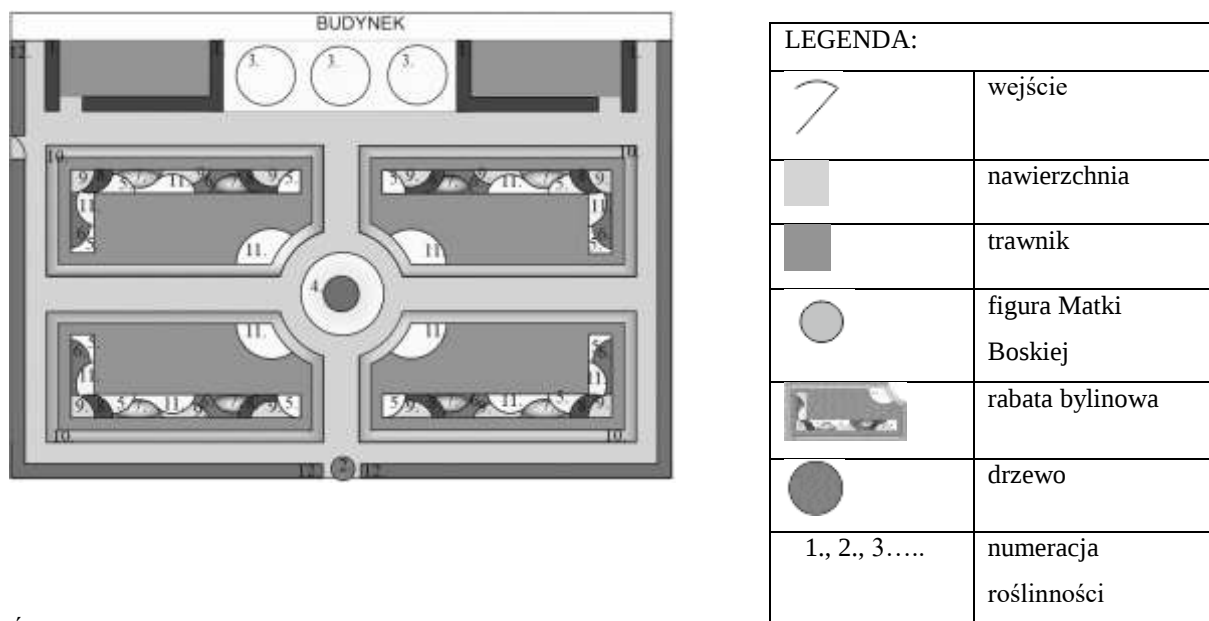
Przy ścianach założona zostanie ściana z hortensji pnącej. W wirydarzu posadzono rośliny głównie o ozdobnych kwiatach, które prócz walorów estetycznych i znaczenia symbolicznego, posiadają właściwości lecznicze. W tworzonego projektu wirydarza należy wziąć pod uwagę fakt, że będzie to ogród zielony. Wirydarz jest ogrodem zielonym, wynika z nazwy (łac. *viridis* = zielony), Przyjęty projekt wirydarza harmonizować będzie się z otoczeniem.

Dyskusja

W średniowieczu, judeochrześcijańska tęsknota za rajem utraconym, znalazła swoje odbicie w postaci wirydarza klasztornego, jak również hortus conclusus (ogrodu zamkniętego), obfitującego w treści religijne. Dzisiaj przejawia się w zakładaniu ogrodów biblijnych, tj. obejmujących kolekcje roślin, o których mówi Biblia. Do tego wykorzystywane są specjalnie dobrane gatunki, a każdy z nich opatrzony odpowiednim cytatem z Biblii. W ten sposób służą

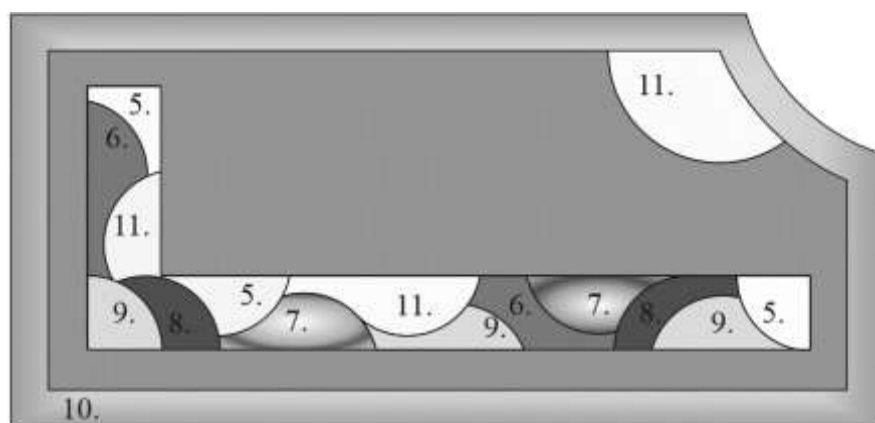
one nie tylko jako miejsce rekreacji, ale także oferują zwiedzającym możliwość głębokiego zrozumienia treści religijnych (Włodarczyk i Wajda 2007). Rośliny w średniowiecznych założeniach klasztornych służyły zatem nie tylko do zaspokajania doczesnych potrzeb mnichów, ale stanowiły pomost łączący sacrum z profanum (Pudelska i Mirosław 2013).

Rysunek 2 Koncepcja terenu Skala 1:250-



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 3 Fragment opracowania- rabata- Skala 1:100



Źródło: Opracowanie własne.

Najczęściej spotykane drzewa w ogrodach przykościelnych o znaczeniu symbolicznym mają: lipy, dęby, wierzby, topole (Marecki i in. 2008; Lengiewicz 2008).

Ogrody w wirydarzach dzielono na kwatery za pomocą dwóch prostopadłych ścieżek, na których przecięciu znajdowały się często rzeźby, fontanny, studnie. Taki podział placu symbolizował cztery cnoty: roztropność, wstrzemięźliwość, sprawiedliwość i męstwo. Istotę średniowiecznych ogrodów klasztornych stanowiły uprawiane w nich rośliny użytkowe: jadalne, gospodarcze, lecznicze i symboliczne, używane do celów obrzędowych i ochrony przed złymi mocami (Pudelska i in. 2016).

Tabela 2. Spis roślinności w detalu

Numer na projekcie	Nazwa łacińska	Nazwa polska
1.	<i>Taxus baccata</i>	Cis pospolity
2.	<i>Quercus rubra 'aurea'</i>	Dąb czerwony 'aurea'
3.	<i>Hydrangea petiolaris</i>	Hortensja pnąca
4.	<i>Rosa 'sea foam'</i>	Róża okrywowa 'sea foam'
5.	<i>Tulipa l. Maureen double</i>	Tulipan maureen double
6.	<i>Tagetes patula</i>	Aksamitka rozpierzchła
7.	<i>Viola wittrockiana</i>	Bratek ogrodowy select early-mariana
8.	<i>Aquilegia 'winky double blue and white'</i>	Orlik pełny 'winky double blue & white'
9.	<i>Peonia top brass</i>	piwonia top brass
10.	<i>Spiraea cinerea 'greifsheim'</i>	Tawuła szara grefsheim
11.	<i>Lilium asiatic canova</i>	Lilia azjatycka ;caniwa'
12.	<i>Alcea rosea 'chater's double white'</i>	Malwa pełna'chater's double white'

Źródło: Opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę symbolikę roślin, należy wymienić takie jak: barwinek – wierność, życie wieczne; bluszcz – nieprzemijalność życia; bukszpan – nadzieja zbawienia, nieśmiertelność; jałowiec – opieka Boża; jaśminowiec – uprzejmość; lilak – gorliwość, pilność; migdałek – czujność, młodość, pobożność, pracowitość, nowe życie; pigwowiec – zaślubiny; (Trzakowska i Adamiec 2013).

Podsumowanie

Wykonana koncepcja projektowa miała na celu zagospodarowanie wolnej przestrzeni tak, aby stała się ona miejscem kontemplacji. Nadana symbolika nadaje miejscu rangi, a roślinność jest idealnym dopełnieniem kompozycji.

Literatura

Lengiewicz I. 2008. *Rośliny biblijne*. Przedsiębiorstwo Wyd. Rzeczpospolita, Warszawa.

- Marecki J., Rotter L., Frey L., Kardaś A., Małocha J., Gruca K., Włodarczyk Z. 2008. *Heraldyka i symbolika chrześcijańska. Symbolika roślin*. Wyd. Inigo, Kraków.
- Pudelska K., Dudkiewicz M., Durlak W., Parzymies M. 2016. *Ranga dawnych i współczesnych ogrodów terapeutycznych*. Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus 15 (1): 125–137.
- Pudelska K., Mirosław A. 2013. *Symbolika średniowiecznych ogrodów przyklasztornych i ich roślinność*. Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr. – OL PAN, IX/2: 49-56.
- Trzakowska E., Adamiec P. 2013. *Sacrum i profanum w ogrodach przykościelnych. Cmentarze i ogrody w krajobrazie. O sacrum, symbolice, kompozycji i przemijaniu*. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG nr 22: 129-141.
- Włodarczyk Z., Wajda A., 2007: *Od klasztornej wirydarza do dydaktycznej kolekcji roślin biblijnych - czyli o judeochrześcijańskiej wizji rajskiego ogrodu*. Czasopismo Techniczne. Architektura R.105, z. 5-A: 253-255

Współczesne trendy w sztuce ogrodowej na przykładzie ogrodów wertykalnych w terenach miejskich

Contemporary trends in garden art illustrated with an example of vertical gardens in urban areas

Kamila Sudoł
Anna Sasin
Beata Majda

Uniwersytet Rzeszowski
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Studenckie Koło Naukowe Rolników „Włóścianin”
Opiekun: dr inż. arch. kraj. Marta Gargała-Polar

Abstract

Vertical gardens in urban areas are one of the contemporary trends in garden art. They have a very important role both in the aspect of shaping the urban landscape, improving the quality of life of residents, and increasing biodiversity, while maintaining their ecological character and durability of the structure. They are an alternative solution for the tight spaces of cities, where other forms of greenery (including parks, green spaces, squares) have been eliminated or reduced to a minimum, as a result of the acquisition of land for development and infrastructure. With the help of vertical gardens it is possible to make beneficial metamorphoses of cities, using a small amount of space. Vertical gardens have their application both in new investments and in existing ones. The creation of a vertical garden in the city has a positive impact both in the public sphere and also in the private sphere.

Among the vertical gardens, we distinguish living walls (green walls) and green facades (along with "wall greenery"). When designing vertical gardens, it is important to pay attention to many factors that will guarantee the success of this venture. The most important is the building aspect, climatic conditions of the place where it is to be planted and the selection of plants. Plants should be characterized by relatively strong growth, decorative values of both flowers and leaves, good frost resistance, resistance to diseases and pests, lack of special care requirements.

Keywords: vertical gardens, living walls, green facades, space, city

Wstęp

Ogrody wertykalne w terenach miejskich, stanowią jeden ze współczesnych trendów w sztuce ogrodowej. Obok ogrodów na dachach, parków kieszonkowych i ogrodów tymczasowych, stanowią kolejne, a zarazem istotne alternatywne rozwiązanie dotyczące kreowania przestrzeni zielonych w miastach. Tworzenie różnych typów ogrodów na przestrzeni wieków, jest świadectwem ludzkiej potrzeby otaczania się pięknem i bliskości z naturą. Szczególną potrzebę kontaktu z naturą, wykazują ludzie żyjący w szarych aglomeracjach miejskich. Rozwój miast wiąże się z coraz to większym zagęszczeniem przestrzeni a zarazem

ze zmniejszeniem udziału zieleni w mieście. Zwiększająca się ilość terenów oddawanych pod miejsca parkingowe, infrastrukturę i centra handlowe powoduje, że wartość estetyczna miasta spada. Dodatkowo stresujący tryb życia mieszkańców i pogoń za czasem, ukazuje problem, jakim jest brak relaksującego otoczenia – zieleni, dającej możliwość regeneracji sił. W związku z powyższy pojawia się konieczność wprowadzania oaz zieleni, które urozmaicą betonowy krajobraz miasta (Weber-Siwirska i Skarżyński 2009).

Cel i metody

Widząc różne sposoby kreowania przestrzeni zielonych we współczesnych terenach zurbanizowanych, często nieprzemyślanych i błędnych, celem pracy stało się zbadanie i przeanalizowanie ogrodów wertykalnych, jako formy zieleni, która może stać się w przyszłości ratunkiem dla miast. W pracy, na podstawie dostępnej literatury, dokonano analiz dotyczących funkcji ogrodów wertykalnych w aglomeracjach miejskich, oraz doboru roślin do różnych typów ogrodów pionowych. Pozwoliło to na prezentację zestawu dobrych praktyk, które należy stosować przy zakładaniu ogrodów wertykalnych.

Analiza, funkcje ogrodów wertykalnych w terenach miejskich,

Ogród wertykalny (franc. *mur végétal*, ang. *vertical garden*), zwany również ogrodem pionowym, jest pionową powierzchnią, która częściowo lub całkowicie pokryta jest zielenią. Roślinność mogą stanowić pnącza lub gatunki posadzone w specjalnych pionowych panelach.

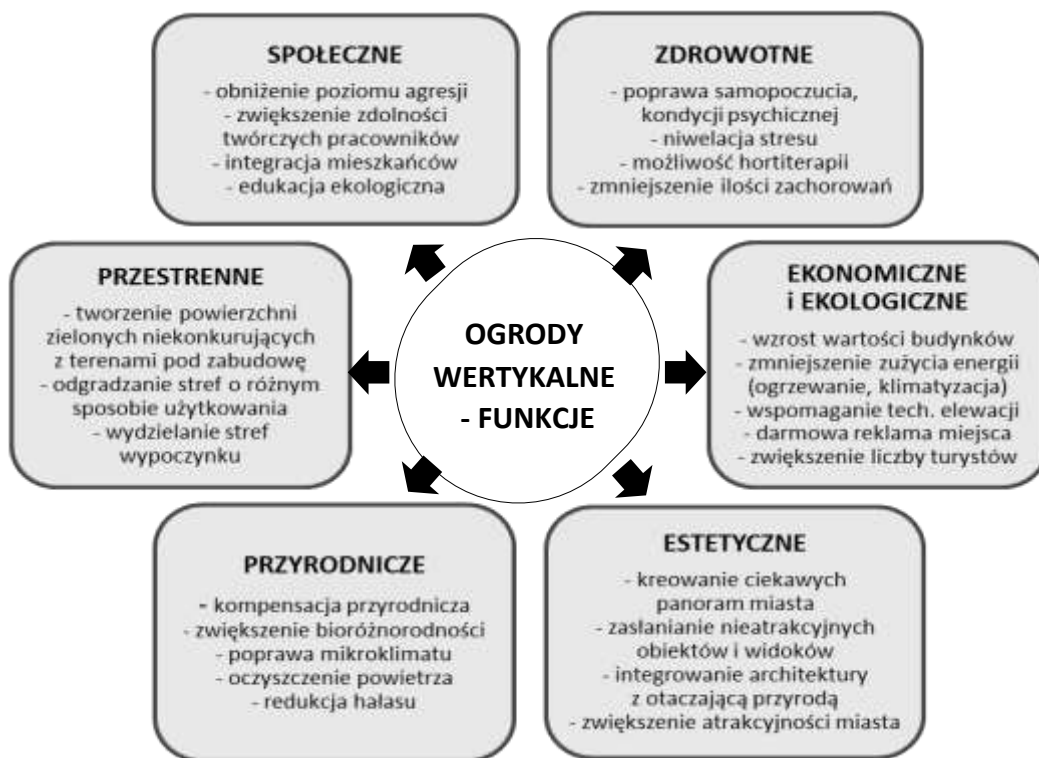
Badana forma zieleni może pełnić w mieście wiele funkcji, m.in.: wpływać na poprawę walorów estetycznych i wizualnych zabudowy miasta, poprawiać mikroklimat a także może stać się miejscową atrakcją (przyciągającą turystów). Każda z funkcji podanych na rysunku 1 zostanie przeanalizowana.

Funkcje przyrodnicze:

- redukcja efektu „miejskiej wyspy ciepła” i poprawianie jakości powietrza,
- naturalny filtr - szczególnie zanieczyszczeń mikropyłowych,
- odpowiednio pielęgnowany pionowy ogród o pow. 10 m² asymiluje w ciągu roku taką samą ilość CO₂ co 4-metrowe drzewo (Kania i Mioduszevska 2013),
- mchy są zdolne do pochłaniania bardzo dużej ilości zanieczyszczeń powietrza w mieście, dzięki czemu mszaki powoli stają się sprzymierzeńcem w walce ze smogiem,
- w żywych ścianach wykorzystywane są również inne gatunki fitoremediacyjne, które bardzo sprawnie akumulują metale ciężkie,

- niektóre gatunki roślin wytwarzają fitoncydy, które są substancjami niszczące różne szczepy bakterii, grzybów i pierwotniaków,
- rośliny powodują ujemną jonizację powietrza,
- rośliny, dzięki przeprowadzanej transpiracji (Wiszniewski 2010), zwiększają również wilgotność powietrza
- redukują hałas dzięki właściwościom pochłaniania i odbijania fal dźwiękowych,
- zapobieganie tworzeniu się sztucznych tuneli, zwiększających prędkość wiatru w mieście,
- wzbogacenie bioróżnorodności dla drobnej miejskiej fauny,
- dobrze ustabilizowane pnącza mogą stanowić miejsce przesiadywania i gniazdowania ptaków wędrownych (m.in. drozd śpiewak), a także ważne miejsce dla hibernacji owadów (głównie dla motyli),
- w przypadku żywych ścian, dzięki sadzeniu atrakcyjnych roślin (np. o kolorowych płatkach, słodkim nektarze) zwabić można pszczoły, motyle, a także ptaki (Kosiński 2011).

Rysunek 1. Podział funkcji ogrodów wertykalnych



Źródło: Opracowanie własne.

Funkcje ekonomiczne i ekologiczne:

- redukcja zużycia energii budynków, a tym samym obniżenie kosztów ich utrzymania. W ciągu zimy można ograniczyć utratę ciepła o ok. 15-30 % a latem ochronić przed przegrzaniem pomieszczeń (oszczędzamy 50-70 % energii na klimatyzację),
- redukcja wahań temperatury, a także oddziaływania deszczu i wiatru na elewację,
- przedłużenie trwałości tynku (dwukrotne); dzięki okryciu elewacji roślinami pnącymi jest jednym z przykładów wspomagania technicznego,
- zmniejszenie ryzyka erozji elewacji, dzięki zapobieganiu występowania na przemian zjawiska zamakania i osuszania,
- zielone fasady z pnączy chronią przed zamakaniem ścian (woda spływa po liściach niczym po dachówkach; dodatkowo przyssawki i korzonki czepne pochłaniają każdą wilgoć, osuszając w ten sposób mur) i przed podmakaniem fundamentów (intensywne osuszanie gleby przez ich korzenie),
- obecność ogrodów na elewacjach wpływa również na wzrost wartości budynków (przy 20% okryciu elewacji przez rośliny – koszt nieruchomości wzrasta dwukrotnie),
- zatrzymanie wody w obiegu przyrodniczym; woda zostaje zmagazynowana w tkance roślinnej i w podłożu, dzięki temu spływ powierzchniowy do kanalizacji zostaje ograniczony,
- żywe ściany mogą stać się również dziełem sztuki, przyciągającym tłumy turystów, co mogło by pozytywnie wpłynąć na rozwój gospodarki miasta,
- konstrukcje ogrodów pionowych, jeśli są bardzo ciekawie rozwiązane, mogą stać się charakterystyczną dla miasta atrakcją (Borowski 2016).

Funkcje zdrowotne i społeczne:

- obecność roślin w bliskim otoczeniu daje zapewnienie większego komfortu fizycznego i psychicznego, możliwość relaksu i regeneracji sił,
- zieleń ma duże znaczenie w życiu społecznym ludzi, wpływa na obniżenie poziomu agresji i na niwelację stresu (Weber-Siwińska i Skarżyński 2009),
- zieleń, poprawiając, jakość powietrza – zmniejsza również tendencje zapadania na choroby płuc (Kania i Mioduszevska 2013),
- zastosowania terapeutyczne roślinności zostało wykazane w licznych badaniach pacjentów w szpitalach. Osoby, które miały kontakt z przyrodą, powracały do zdrowia znacznie szybciej, niż osoby pozbawione takiego kontaktu,

- wertykalne ściany mogą stać się również formą ogrodu sensorycznego, umożliwiającego bezpośredni kontakt z tkanką roślinną osobom poruszającym się na wózkach inwalidzkich a także innym osobom o różnych dysfunkcjach ruchowych (Łatkowska 2008),
- założenia wertykalne mogą sprzyjać integracji mieszkańców dzięki wspólnej opiece nad ogrodami, a także mogą stać się tematami rozmów (Weber-Siwirska i Skarżyński 2009).

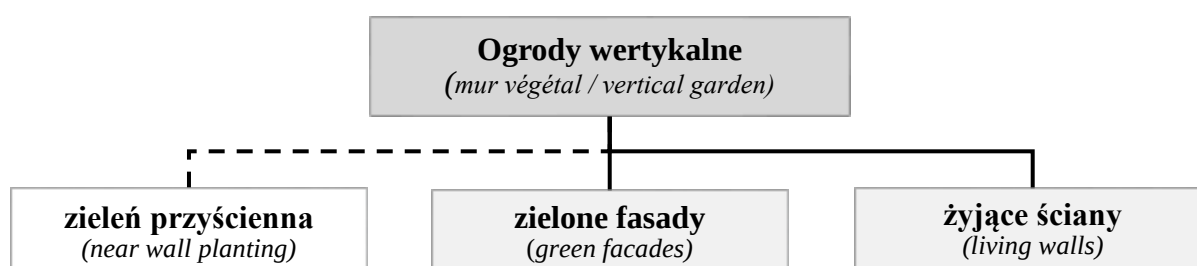
Funkcje estetyczne i przestrzenne:

- ogrody wertykalne można potraktować, jako żywe zielone osłony, ukrywając nieatrakcyjne obiekty czy widoki zauważalne w sylwecie krajobrazu miejskiego,
- za pomocą ogrodów wertykalnych - w formie przesłon, można również oddzielać od siebie różne formy zagospodarowania terenu. Łatwo można stworzyć w centrum miasta interesujące wnętrza, które mogą pełnić różne funkcje (Trzaskowska i Adamiec 2010),
- ogrody pionowe mogą służyć również podkreśleniu piękna architektonicznych brył, kreowaniu ciekawych panoram i widoków miast,
- omawiane ogrody mogą być również elementem, który sprawia, że zabudowa miasta harmonizuje się z otoczeniem. Dzięki temu jest wrażenie, że architektura i krajobraz są nierozłączne (Myszak 2010),
- służą do osiągnięcia ciągłości krajobrazowej, będąc częścią korytarza ekologicznego (Weber-Siwirska i Skarżyński 2009),
- przestrzeń w mieście dotychczas całkowicie pozbawione zieleni, bądź o zieleni silnie zredukowanej, po wprowadzeniu żywych ścian lub zielonych fasad zyskują natychmiastową poprawę walorów estetycznych,
- ogród wertykalny może być zarówno mały jak i duży. Ten o niewielkich rozmiarach może mieć zastosowanie w kuchni i służyć do uprawy ziół i kwiatów. Z kolei dużych rozmiarów ogrody pionowe znajdują swoje funkcje głównie na zewnątrz, przyjmując różne formy,
- ogrody wertykalne mogą być postrzegane, jako żywe dzieło sztuki,
- ogrody wertykalne nadają nowego znaczenia i charakteru miejscu. Natura jednak nie może być w 100 % kontrolowana, ponieważ rządzi się ona własnymi prawami,
- poprzez swój cyklowy rozwój rośliny mają wpływ na postrzeganie upływu czasu przez człowieka. Dzięki nim zauważana jest ulotność chwili – opadanie płatków kwiatów; przemijanie pór roku – zmiany kolorów liści (Trzaskowska 2010).

Rodzaje ogrodów wertykalnych i wytyczne projektowe

Wśród pionowych ogrodów wyróżnić można dwie jego formy: zielone fasady (z ang. *green facades*) - porośnięte zazwyczaj pnączami oraz żywe ściany (z ang. *living walls, living walls system* - LWS; synonim - zielone ściany), cechujące się większymi możliwościami nasadzeń. Wśród ogrodów wertykalnych wyróżnić można również Biowall. Stanowi ją zielona fasada lub żyjąca ściana, znajdująca się wewnątrz budynków tj. centra handlowe. Głównie ma ona za zadanie polepszenie atmosfery wnętrza (Francis i Lorimer 2011).

Rysunek 2. Ogólny podział ogrodów wertykalnych



Źródło: Opracowanie własne.

Przy projektowaniu ogrodów wertykalnych ważne jest, by zwrócić uwagę na wiele czynników, które zagwarantują powodzenie tego przedsięwzięcia. Kluczowy jest aspekt budowlany (stan ścian budynku i ich właściwości nośne) oraz warunki klimatyczne miejsca, w którym ma być on założony. Przeanalizowane dane, pozwolą na dobranie odpowiedniego zestawu roślin i konstrukcji. Kolejność poszczególnych etapów na poziomie projektowym, w przypadku zewnętrznego ogrodu wertykalnego, przedstawia się następująco:

1. Analiza warunków klimatycznych miejsca: amplitud temperatury, ilości opadów, prędkości i kierunku wiatru a także określenie wystawy względem kierunków świata.
2. Wybór rodzaju systemu zakładania ogrodu: materiałów konstrukcyjnych, rodzaju substratu glebowego i typu systemu irygacyjnego (zgodny z punktem 1).
3. Dobór materiału roślinnego (zgodny z warunkami klimatycznymi i dobranym systemem).
4. Określenie warunków prawidłowego utrzymania ogrodu: odpowiednie nawadnianie, nawożenie oraz przeprowadzanie zabiegów pielęgnacyjnych.

Etap drugi - dobór rodzaju systemu oraz trzeci - dobór roślin, mogą być przeprowadzane w odwrotnej kolejności, w zależności od założeń projektantów (Jagiello i Latkowska 2010).

Tabela 1. Właściwości roślin stosowanych w zielonych fasadach

CECHY ROŚLIN NA ZIELONE FASADY W TERENACH MIEJSKICH:	
POŻĄDANE	NIEPOŻĄDANE
• posiadające korzenie czepne, zdolność owijania się ogonkami liściowymi, pędami lub wąsami, które umożliwiają przyczepianie się roślin do podpór; • silnie rosnące - dające szybki efekt wizualny; • wytwarzające dużą ilość masy liści, która zapewnia intensywniejsze pozytywne działanie na rzecz poprawy mikroklimatu; • posiadające walory dekoracyjne (przebarwiające się liście, kolorowe kwiaty); • dobra mrozoodporność; • zimozielone liście (preferowana cecha); • tolerancja na zasolenie gleby i na spryskiwanie aerozolem solnym liści (w przypadku gatunków sadzonych blisko tras komunikacyjnych); • odporność na choroby i szkodniki; • nie wymagające szczególnej pielęgnacji.	• będące gatunkami inwazyjnymi w danym regionie jak np. powojnik pnący czy winobluszcz zaroślowy (inwazyjny na zachodzie i południu kraju), • będące gatunkami obcymi, których stosowanie jest niedozwolone, np. kolczurki klapowanej; • wytwarzające uciążliwe do zwalczania odrosty korzeniowe; • o trujących owocach i innych organach (Wykaz 2011).

Źródło: Opracowanie własne.

Cechy gatunków roślin, które warto zastosować w ogrodach wertykalnych

Tworząc koncepcje obsadzenia wertykalnego ogrodu, należy kierować się odpowiednim doбором gatunków, w zależności od miejsca lokalizacji oraz od efektu jaki chcemy osiągnąć. Chcąc stworzyć trwałe założenia, trzeba dobierać odpowiednie gatunki roślin (odporne na mróz i potrafiące przeżyć zimę) i odpowiednie materiały konstrukcyjne (zapewniające ochronę korzeni przed przemarzaniem). W związku z tym, chętniej zakłada się żywe ściany wewnątrz budynków, ponieważ są po prostu łatwiejsze w utrzymaniu. Dzięki

zdolnościom roślin do życia bez gleby, stworzone zostały hydroponiczne metody ogrodnictwa pionowego (Gumińska 1964).

Dobór roślin przeprowadzany jest według wielu kryteriów: typu wybranego systemu konstrukcyjnego, wytrzymałości roślin, wytwarzanego systemu korzeniowego a także według pokroju, barwy i kształtu liści. Gatunki roślin, które mają znaleźć się w zewnętrznym ogrodzie wertykalnym, oprócz przystosowania do lokalnych warunków klimatycznych, powinny wykazywać także inne właściwości. Rośliny stosowane do tworzenia fasad, różnią się znacznie od roślin mających zastosowanie w żywych ścianach (Skarżyński 2009).

W tabeli 1 zestawiono pozytywne oraz negatywne właściwości roślin, którymi należy kierować się przy doborze gatunków wspinających się. Dokonując takich analiz już na etapie projektowym, można uniknąć wielu problemów związanych z późniejszą uprawą roślin na fasadach (Malec 2012).

Dobór gatunków roślin częściowo wiąże się z zaspokajaniem konkretnych funkcji, niekiedy niewystępujących w środowisku miejskim. Przykładem jest obsadzanie ziołami, jako przypraw oraz w celu zwabienia zapylaczy. Rośliny mogą służyć również hortiterapii, nie tylko w szpitalach, zakładach opieki czy szkołach, ale także w dzielnicach miasta ogólnodostępnych dla mieszkańców.

Planując dobór roślinności do żywych ścian, należy pamiętać o grubości dostępnego podłoża. Im ta warstwa jest grubsza, tym prawdopodobieństwo przemarznięcia systemów korzeniowych roślin zmniejsza się. Na żywe ściany zaleca się m.in. sadzenie mchów, ze względu na bardzo duże możliwości pochłaniania zanieczyszczeń ze środowiska miejskiego.

Tworząc kompozycję ogrodu wertykalnego, należy dopasowywać do siebie rośliny pod kątem wizualnym, wymagań środowiskowych i tempa wzrostu. Rośliny dość ekspansywne, nie powinny sąsiadować z roślinami delikatnymi, by ich nie zagłuszyć. Dzięki sadzeniu gatunków o bardzo podobnych wymaganiach, ułatwiony zostaje również późniejszy proces pielęgnacji. Dobierając gatunki do ogrodu wertykalnego, należy myśleć o wielkości założenia oraz o głównej funkcji, jaką ma pełnić (Marczyński 2009).

W tabeli 2 przedstawiono wybrane gatunki roślin, które z powodzeniem mogą zostać wykorzystane do tworzenia ogrodów wertykalnych.

Tabela 2. Katalog proponowanych gatunków roślin do tworzenia zielonych fasad w terenach zurbanizowanych

Lp.	Gatunek/odmi- ana	stanowisko			gleba					strefa mroz.	wysokość (przyrost roczny)	tempo wzrost	sposób	podpory	zimozielone liście	walory dekoracyjne	znaczenie dla zwierząt	Dodatkowe uwagi/ informacje
					P	Ś	Ż	O S	K									
1.	Bluszcz pospolity 'Thorndale' (<i>Hedera helix</i> 'Thorndale')				+	+	+		X	5b	15-30 m (0,5-1m)		k.cz.	N	Z			- ograniczona ..mrozoodporność - trujący, inwazyjny - długowieczne pnącze - naturalny filtr powietrza
2.	Chmiel zwyczajny 'Aureus' (<i>Humulus lupulus</i> 'Aureus')				+	+	+			5	do 6 m		o.p.	B				- ozdobne szyszki - dość ekspansywny - roślina lecznicza
4.	Glicynia (<i>Wisteria spp</i>)					+	+			6	15-20 m (do 3 m)		o.p.	S M				- trująca, o ograniczonej ..mrozoodporności - pachnące kwiaty - problematyczne odrosty k. - długowieczna roślina

5.	Hortensja pnąca (<i>Hydrangea anomala ssp. Petiolaris</i>)				+	+			V V	5	10-20 m (0,5-1 m)		k.cz.	N*				- dobra mrozoodporność - lubi pH lekko kwaśne - na stanowiskach ..osłoniętych
7.	Milin amerykański, (<i>Campsis radicans</i>) - odmiany 'Ursynów', 'Gabor'				+	+	+			6	6-10 m (1-4 m)		k.cz. o.p.	B				- ograniczona ...mrozoodporność - toleruje ubogie gleby
8.	Powojnik (<i>Clematis</i>) - odm. z grupy Atragene					+			X	4	2-3 m (1m)		o.ol.	E				- jadalne nasiona - nie toleruje gleb kwaśnych
16.	Wiciokrzew pomorski 'Serotina' (<i>Lonicera periclymenum</i> 'Serotina')				+	+	+		V	5	3-6 m (1-2 m)		o.p.	B				- przyjemnie pachnące ..kwiaty (V-IX) - często atakowany przez ..mszyce (V/VI) - owoce lekko trujące - źle rośnie na glebach ..zasadowych
17.	Winobluszcz pięciolistkowy odmiana murowa							+		4	10-20 m (1-2 m)		p.	N				- trujące owoce - toleruje zasolenie podłoża ...oraz ubogie gleby - mrozoodporny

	(<i>Parthenocissus quinquefolia</i> var. <i>murorum</i>)																	- naturalny filtr powietrza
19.	Winorośl japońska (<i>Vitis coignetiae</i>)				+		+	+		5	12 m (do 4 m)		o.p.	S M				- mrozoodporna
20.	Winorośl pachnąca (<i>Vitis riparia</i>)							+		3	12 (1-2 m)		o.p.	S M				- tolerancyjna na ..zasolenie podłoża; mrozoodporna - nieprzyjemnie pachnące ..kwiaty, wabiące muchy, - mało wrażliwa na choroby i ..szkodniki

Stanowisko: a)

zalecane:

, b) tolerowane: , - słoneczne, - półcieniste, - cieniste; Gleba: P-przepuszczalna, Ś-świeża,

Ż - żyzna, U - uboga, OS - okresowo sucha, K - o kwaśnym pH; V - toleruje, X - nie toleruje; + - wymagana właściwość gleby; strefa mroz. - strefa mrozoodporności;

Tempo

wzrostu:

- powolne, - średnie, - szybkie, **Sposób wspierania:** o.p. - owijanie pędami, o.ol. - owijanie ogonkami liści, k.cz.-korzenie czepne,

p.-wąsy i przyłgi **Podpory:** N- nie wymaga, N*- w zasadzie nie wymaga, B - bez specjalnych wymagań, E - elementy o niewielkiej średnicy; M - mocno przymocowane,

S - solidne **Walory dekoracyjne:** - liście, - przebarwiające się liście, - barwne pędy, - kwiaty, - owoce, - owocostany, - szyszki

Dodatkowe znaczenia: - miejsce schronienia/ gniazdowania ptaków, - owoce jadalne dla ptaków, - roślina miododajna; Z - zimoziel., z - półzimozielone

Podsumowanie

Wprowadzanie ogrodów wertykalnych do terenów miejskich, niesie ze sobą korzyści, zarówno estetyczne, ekonomiczne, ekologiczne, zdrowotne oraz wiele innych. Wertykalne ogrody mają swoje zastosowanie zarówno w nowych inwestycjach, jak i w już istniejących. Nie stanowią one konkurencji dla terenów zabudowanych, dzięki temu, że nie zajmują powierzchni poziomych i nie są związane z gruntem. Utworzenie ogrodu wertykalnego w mieście niesie ze sobą pozytywny wpływ w sferze publicznej, a także w prywatnej. Przewiduje się, że ich liczba w miastach będzie wzrastać ze względu na włączanie żywych ścian do walki ze smogiem.

Literatura

- Borowski J. 2016. *Zielone ściany i pnącza - alternatywa czy norma?* Zieleń Miejska, 2.
- Francis R.A., Lorimer J. 2011. *Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls*. J. of Environmental Management, 92: 1429-1437.
- Gumińska Z. 1964. *Teoretyczne podstawy upraw hydroponicznych*. Acta Agrobotanica, XV: 78-90.
- Jagiello K., Latkowska M. J. 2010. *Ogród w pionie*. [w:] (red.) J. Rylke, Wzornictwo ogrodowe. Wyd. Sztuka ogrodu sztuka krajobrazu, Warszawa.
- Kania A., Mioduszevska M. i Płonka P., Rabiński J.A., Skarżyński D., Walter E., Weber-Siwińska M. 2013. *Zasady projektowania i wykonywania zielonych dachów i żyjących ścian*. Poradnik dla gmin. Wyd. Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, Kraków.
- Kosiński W. 2011. *Pionowe ogrody – idea, technologia i estetyka na nowy wiek*. Architektura, Czasopismo techniczne, 2-A(2), Z. 11.
- Latkowska M. 2008. *Hortiterapia - rehabilitacja i terapia przez pracę w ogrodzie*. Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln., 525: 229-235.
- Malec T. 2012. *Ogrody wertykalne w przestrzeni polskich miast*. Architektura. Czasopismo techniczne, 109(6).
- Marczyński S. 2009. *Pnącza w zieleni miejskiej i przy drogach*. Wyd. Clematis, Pruszków.
- Myszak A. 2010. *Architektura, której integralną częścią jest zieleń*. Budownictwo i Architektura, 6(1): 91-104.
- Skarżyński D. 2009. *Żywe ściany - niezwykle rozwiązania*. Dzieła człowieka a zieleń. Architektura Krajobrazu, 1.
- Trzaskowska E., Adamiec P. 2010. *Rola roślinności w kształtowaniu panoram i widoków miasta*. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobraz. O.L. PAN.
- Trzaskowska E. 2010. *Wykorzystanie roślin w projektowaniu architektonicznym (pnącza, ogrody wertykalne)*. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych, VI: 110-121.

- Weber-Siwirska M., Skarżyński D. 2009. *Pionowe ogrody, jako potencjalna atrakcja turystyczna*. Nauka Przyroda Technologie, 1(3).
- Wiszniewski A. 2010. *Normalizacja i optymalizacja poziomów jonizacji atmosfery w miejscach przebywania ludzi*. Medycyna pracy, 61(2).
- Wykaz gatunków roślin obcych, których stosowanie jest niedozwolone*. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2011r. Dz.U. nr 210 poz. 1260).

Przystosowanie zabudowy wielorodzinnej do potrzeb osób niepełnosprawnych.

Adapting multipurpose building to the needs of disabled people.

Natalia Agata Nowińska
Zuzanna Nowak

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział budownictwa i Architektury
Studenckie Koło Naukowe „Bioarchitektura”
Opiekun: dr hab. inż. arch. Grzegorz Wojtkun, prof. nadzw.

Abstract

The work presents a number of problems that accompany people with disabilities in everyday functioning. They concern not only health aspects, but also those arising from the surrounding environment. Planned urban planning and architectural spaces do not always meet the needs of disabled people. Quite often, there is no use of ergonomic and auxiliary elements to facilitate everyday activities. The purpose of the work was to prove that multi-family housing from the 1960s and 1970s is not friendly for people with disabilities. To confirm the thesis, a survey was conducted among residents and a local vision of a multi-family housing estate in Szczecin. The results of the conducted research were unambiguous. They also gave rise to a number of questions that should be analyzed by designers, architects and urban planners.

Keywords: disabilities, urban planning, architectural barriers

Wstęp

Uchwalona w kwietniu w 1997 r. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej mówi o równości, jaka powinna panować między ludźmi (Konstytucja RP, art. 32. ust. 1 i 2). Można się jednak zastanawiać, czy wspomniany przepis jest praktykowany w stosunku do osób z niepełnosprawnością. W wielu miejscach można obserwować ograniczenia dotyczące funkcjonowania tej grupy osób w codziennych czynnościach. W niniejszej pracy podjęto tematykę barier architektonicznych spotykanych w budownictwie wielorodzinnym. Ocenic wstępnie można, że budynki projektowane w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku, nie są przyjazne dla osób niepełnosprawnych i stan ten zmienić jest bardzo trudno. Nowo powstające budynki użyteczności publicznej, a także obiekty mieszkalne w znacznie większym stopniu uwzględniają potrzeby osób z niepełnosprawnością.

Zdawać sobie należy sprawę, że bariery, z którymi zmagają się osoby niepełnosprawne, są dla nich ogromnym utrudnieniem. a niekiedy uniemożliwiają samodzielne życie. Aby trudności tych unikać, potrzebna jest współpraca projektantów i inwestorów na rzecz

wprowadzenia zasad dobrego współżycia, które uwzględnią potrzeby różnych grup użytkowników budynków.

Przeciwko zachowaniu niekorzystnego dla osób niepełnosprawnych status quo, jest zmieniająca się opinia społeczna, zmieniające się przepisy prawa oraz postęp techniczny i technologiczny. Projektanci od lat zmagają się z próbami kreowania przestrzeni i obiektów nie tylko spełniających coraz większy nacisk społeczny na kwestię estetyki, ale również funkcjonalny w myśl zasady „*Bene est mihi, quod tibi bene est*” (Jest mi dobrze, ponieważ tobie jest dobrze). Niestety, coraz częściej spotykać się można z koncepcjami, których realizacja jest ograniczona finansowo. Powstają w ten sposób obiekty i przestrzenie skupiające się bardziej na kwestiach ekonomicznych, aniżeli funkcjonalnych. Tyczy się to w szczególności zabudowy wielorodzinnej, która ma zapewnić odpowiednie warunki w miejscu stałego pobytu mieszkańców. Mówi się o coraz większej świadomości zarówno architektów jak i odbiorców projektów, dotyczącej odpowiednich warunków mieszkaniowych dla wszystkich użytkowników. Projektanci, próbując wcielić się w postać potencjalnego mieszkańca, starają się kreować osiedla mieszkaniowe z myślą o zaspokojeniu potrzeb przyszłych użytkowników. Interesy poszczególnych grup mieszkańców, uwzględniane są w nierównym zakresie. Przede wszystkim, uwaga skupiona jest na zapewnieniu bezpieczeństwa, regulacji dostępu do poszczególnych stref czy komunikacji dzieciom lub użytkownikom samochodów. Pomijana jest często grupa osób niepełnosprawnych. Przykładowo, ułatwienie mieszkańcom przemieszczania się ciągami komunikacyjnymi, przez dostosowanie odpowiedniej wysokości stopni oraz komfortowej szerokości biegu klatki schodowej, nie jest udogodnieniem dla wszystkich (brak tutaj udogodnienia dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich). Często można zauważyć, że w budynkach brakuje pochylni, potocznie nazywanej podjazdem bądź rampą. Budynki i ich otoczenie projektowane są w taki sposób, by spełnić minimum wymagane przez przepisy prawa. Projektowanie osiedla przyjaznego dla osób z niepełnosprawnościami wymaga wyjścia poza ten schemat.

Dodatkowym utrudnieniem jest różnorodność schorzeń w obrębie grupy osób z niepełnosprawnościami. Wśród stosowanych obecnie definicji niepełnosprawności spotyka się (Jasiak i Swereda 2009):

- Określenia ogólne, zawierające kryteria uznania danej osoby za niepełnosprawną;
- Definicje formułowane w określonym celu, ujmuje konsekwencje niepełnosprawności w danej sferze życia (np. zatrudnienia, szkolnictwa, świadczeń, rehabilitacji);
- Cechy szczegółowe, dotyczące wybranych grup osób niepełnosprawnych.

Można przyjąć definicję wg A. Hulkago że niepełnosprawnym jest „osoba o naruszonej sprawności psychofizycznej, powodującej ograniczenie funkcjonalne sprawności lub aktywności życiowej w stopniu utrudniającym pełnienie właściwych dla niej ról społecznych” (Jasiak i Swereda 2009).

Cel i metodyka badań

Celem pracy jest udowodnienie, iż budownictwo wielorodzinne z lat 60. i 70. XX wieku, nie jest przyjazne dla osób niepełnosprawnych oraz wskazanie możliwości wprowadzenia zmian na rzecz tej grupy osób.

Do badań, ze względu na ich duży udział w mieszkalnictwie, wybrano budynki wielorodzinne. Badania zostały przeprowadzone metodą ankiety wśród mieszkańców oraz na podstawie wizji lokalnej. W ankiecie uczestniczyło 50 mieszkańców z osiedli wielkopłytowych. Ankieta składała się z 6 pytań, mających na celu zebranie informacji na temat osób niepełnosprawnych oraz barier, z którymi muszą się zmagać.

Wizja lokalna terenu została przeprowadzona na osiedlu Mieszka I w Szczecinie. Podczas analizy została wykonana dokumentacja fotograficzna przedstawiająca problemy towarzyszące zabudowie wielorodzinnej pod kątem osób niepełnosprawnych.

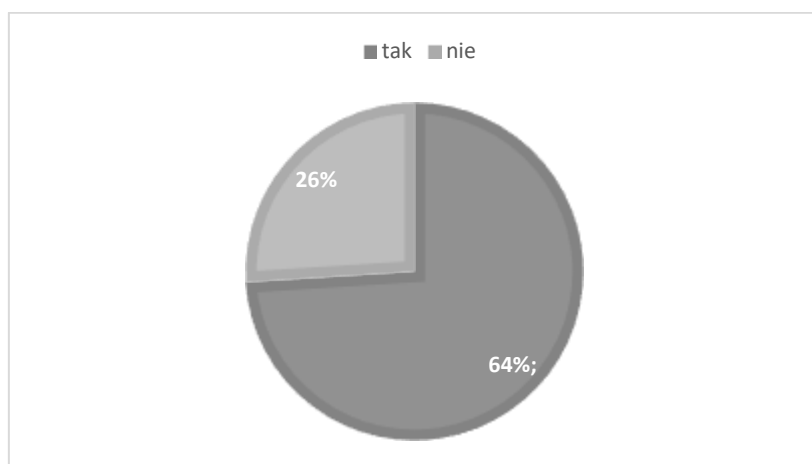
Wyniki badań i dyskusja

W czasach, kiedy te budynki powstawały, obowiązywały inne przepisy. W Polsce dostosowanie budynków oraz ich wyposażenie i otoczenie, zawarte jest w wielu aktach prawnych. Najważniejszym obowiązującym wyznacznikiem dla projektantów jest ustawa Prawo budowlane (t.j. Dz.U. 2019 poz. 1186) oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. W myśl obecnych rozstrzygnięć „obiekt budowlany należy projektować i budować w sposób zapewniający osobom niepełnosprawnym, w szczególności poruszającym się na wózkach inwalidzkich, niezbędne warunki do korzystania z obiektów użyteczności technicznej i budownictwa wielorodzinnego. Warunki te dotyczą projektów zabudowy i zagospodarowania działek budowlanych, a jednocześnie gwarantują” (Prawo budowlane tj. Dz.U. 2019 poz. 1186). Wyszczególniono też, że zapewnienie dostępu, powinno dotyczyć przede wszystkim: dojazdu do budynku i miejsca parkowania, dostępu do miejsc rekreacyjnych, swobodnego przemieszczania się wewnątrz budynków oraz możliwości pełnego korzystania z różnorodnych urządzeń (tamże).

Połowa ankietowanych przyznała że w ich najbliższym sąsiedztwie żyje jedna lub więcej osób mających ograniczenia ruchowe lub psychosomatyczne. Stwierdzić więc można, że osoby z niepełnosprawnością, są zauważalną grupą w badanej społeczności.

Niemal dwie trzecie (64 %) ankietowanych stwierdziło, że osoby z niepełnosprawnością, które spotykane są na osiedlu, są zdolne do samodzielnego życia (Rys. 1). Jednak aż 69% ankietowanych stwierdziło że samodzielność przychodzi obserwowanym osobom niepełnosprawnym, z dużą trudnością. Samodzielne wykonywanie codziennych czynności, związanych z przemieszczaniem się, jest bardzo ważne przy każdym rodzaju niepełnosprawności.

Rysunek 1. Czy spotykane na osiedlu osoby niepełnosprawne są zdolne do samodzielnego funkcjonowania?

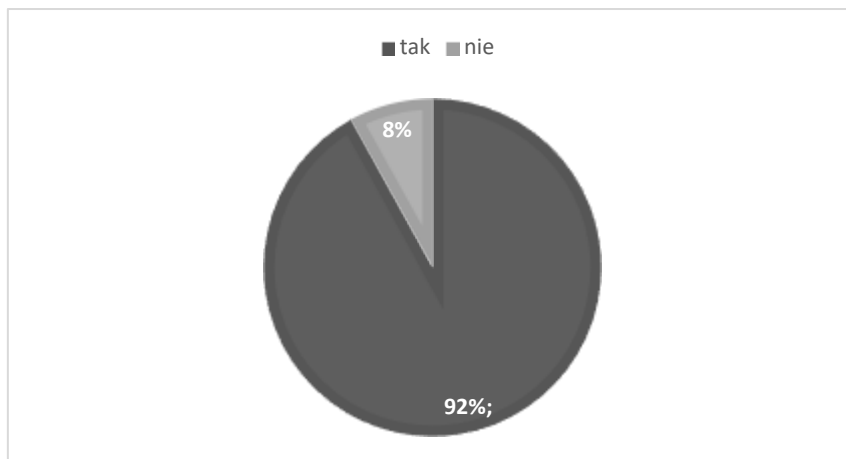


Źródło: Opracowanie własne.

Wszyscy, biorący udział w badaniu, potwierdzili, że mają świadomość niedostosowania klatek schodowych do potrzeb osób poruszających się z trudem. Niemal wszyscy (98%) wyraziliby zgodę na dostosowanie ciągów komunikacyjnych dla potrzeb osób z niepełnosprawnością, nawet jeśli wiązałoby się to z pogorszeniem walorów estetycznych budynku. Oznacza to, że ograniczeń w zakresie likwidacji barier, należy poszukiwać w obszarach innych niż wola i świadomość mieszkańców budynków wielorodzinnych.

Także wnętrza mieszkań, w opinii zdecydowanej większości (92%) badanych, nie są przystosowane do użytkowania przez osoby niepełnosprawne (Rys. 2). Domyślać się można, że uwagę zwrócono na rozkład pomieszczeń, szerokość przejść, dostęp do okien i balkonu czy możliwość korzystania z urządzeń sanitarnych. Pokazuje to, jak głębokie są problemy związane z życiem osób z niepełnosprawnością na osiedlu budynków wielorodzinnych. Dotyczą one bowiem zarówno możliwości dostosowanie przestrzeni wewnątrz, jak i w otoczeniu mieszkania takiej osoby.

Rysunek 2. Czy mieszkania dostosowane do potrzeb osób niepełnosprawnych?



Źródło: Opracowanie własne.

Podczas wizji lokalnej na osiedlu Mieszka I w Szczecinie, można wyodrębnić bariery, z którymi osoby niepełnosprawne mogą sobie nie poradzić. Kompleks osiedla składa się z trzech wieżowców, sześciu niskich budynków z lat 60. i 70. XX wieku, dwóch budynków z lat 20. XX wieku, oraz jeden współczesny budynek oddany do użytkowania w roku 2000. Budynki zlokalizowane są przy ulicy Mieszka I oraz Powstańców Wielkopolskich. Do analizowanego osiedla prowadzą trzy drogi, w których wyodrębnia się dwie „ślepe uliczki” wyłożone nierównymi płytami betonowymi, a pozostała kostką brukową (Rys. 3).

Rysunek 3. Droga dojazdowa niedostosowana dla osób z niepełnosprawnością



Źródło: Opracowanie własne.

Na osiedlu wyznaczonych zostało około 20 miejsc postojowych. Jest to zdecydowanie za mało, jak na taką ilość mieszkańców. Z tego powodu, reszta aut zaparkowanych jest

w sposób niezorganizowany i ingerujący w swobodne przemieszczanie się pomiędzy budynkami (Rys. 4). Żadne z tych dwudziestu zorganizowanych miejsc postojowych, nie było oznaczone znakiem drogowym dla osób niepełnosprawnych.

Rysunek 4. Problem nawierzchni niedostosowanej dla osób z niepełnosprawnością w otoczeniu budynków



Źródło: Opracowanie własne.

Ciągi piesze, należące do zespołu zabudowy, nie są przystosowane dla osób mających trudności z poruszaniem się. Dotyczy to zarówno bezpośredniego otoczenia budynku (Rys. 5), jak i ciągów pieszych między budynkami (Rys. 6).

Rysunek 5. Organizacja nawierzchni w otoczeniu budynków mieszkalnych



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 6. Schody i chodniki nie nadające się do użytkowania przez osoby z ograniczonymi zdolnościami poruszania się.



Źródło: Opracowanie własne.

Jedynym zauważonym działaniem na rzecz osób niepełnosprawnych, jest pochylnia doprowadzona do lokalu osób mieszkających na parterze (Rys.7). Jest to działanie ułatwiające dostęp do mieszkania. Jednak zauważyć można, że stan techniczny nie gwarantuje bezpiecznego użytkowania pochylni. Szczególnie naprawy wymagają skorodowane podesty oraz uszkodzona barierka. Zainstalowane urządzenie wymaga reakcji administratora budynku.

Rysunek 7. Metody przełamywania barier przez mieszkańców z niepełnosprawnością. Pochylnia dla wózka inwalidzkiego



Źródło: Opracowanie własne.

Osiedle Mieszka I, chociaż niewielkie, może być traktowane jako reprezentant miejsc nieprzystosowanych do życia osób z niepełnosprawnością. Nawet osoby, które zdolne byłyby do samodzielnego funkcjonowania, napotykają bariery architektoniczne, przez które zdane są na pomoc rodziny lub osób trzecich.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych ankiet i wizji lokalnej, można stwierdzić iż budownictwo z okresu prefabrykacji wielkowymiarowej, nie jest przystosowane do potrzeb osób niepełnosprawnych. Konstrukcja budynków z pewnością nie daje dużych możliwości w zakresie przebudowy, choćby ze względu na szerokość klatek schodowych.

W wieżowcach dostęp osobom niepełnosprawnym ułatwia dźwig. (niekiedy zainstalowano więcej niż jedną windę). Niestety, aby do nich dojść, należy pokonać od kilku do kilkunastu stopni, co doprowadza do braku samodzielności pewnej grupy osób niepełnosprawnych.

Zagospodarowanie przestrzenne osiedla nie zawsze odpowiada humanitaryzm standardom. Dostatecznie często brak w nich zastosowania elementów ergonomicznych oraz pomocniczych, które ułatwiłyby wykonywanie codziennych czynności przez osoby niepełnosprawne. Na domiar tego, przestrzenie publiczne towarzyszące zabudowie wielorodzinnej, nie spełniają obowiązujących norm. Warto byłoby z tego wszystkiego wyciągnąć wnioski.

Literatura

- Budny J. 2003. *Jak dostosować budynek*. INTEGRACJA, Warszawa.
- Grzonkowska A., Grzonkowski J., Karpowicz I., Rusiecka - Bojarska M., Wojsyk K. 1991. *Vademecum projektanta- problemy osób niepełnosprawnych cz.3 Mieszkanie i jego wyposażenie*. Instytut Wzornictwa Przemysłowego, Warszawa.
- Jasiak A., Swereda D. 2009. *Ergonomia osób niepełnosprawnych*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Jaranowska K. 1996. *Osoby niepełnosprawne w środowisku miejskim*. COBO-PROFIL, Warszawa.
- Meyer-Bohe W. 1998. *Budownictwo dla osób starszych i niepełnosprawnych*, ARKADY, Warszawa.
- Zrałek M. 1999. *Bariery życiowe niepełnosprawnych ze szczególnym uwzględnieniem barier architektonicznych, Niepełnosprawni w środowisku społecznym*. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Katowice.

Rondo Kaponiera w Poznaniu z perspektywy Poznańskiej Mapy Barrier

The Kaponiera Roundabout - the perspective of the Poznan's Map of Barriers

Zuzanna Nowak
Patrik Kaczmarek
Krystian Koliński

Uniwersytet im. Adam Mickiewicza w Poznaniu
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych
Akademickie Koło Naukowe Gospodarki Przestrzennej
Opiekun: dr inż. Przemysław Ciesiółka

Abstract

With the aging society, it is becoming increasingly difficult to adapt the space to users with different mobility restrictions. Unfortunately, there is still little talk about it, but further investments are unavailable.

The main purpose of the work was to study the spatial availability of the Kaponiera Rondo in Poznań. The Kaponiera Roundabout is the most important transport hub in the city. This space was modernized in connection with EURO 2012. For the purpose of the study, methods from the Poznan's Barrier Map project were used. The project consists in the inventory of spatial barriers using the adopted categories. As a result of the research, it can be concluded that the roundabout space is partially inaccessible and may cause problems in moving users. Many of these restrictions cannot be missed.

Keywords: availability of space, disability, public space

Wstęp

Problematyka dostępności przestrzeni, jest istotna ze względu na różnorodność grup jej użytkowników, gdzie każda z nich ma inne wymagania i stopień tolerancji wobec ograniczeń. Przestrzeń, aby była komfortowa i przynosiła radość wszystkim jej użytkownikom, musi być pozbawiona barier (Gehl 2014).

Należy się jednak liczyć, że coraz częściej w obliczu współczesnych problemów rozwojowych miast europejskich, wymienia się niekorzystną sytuację demograficzną, objawiającą się starzeniem społeczeństwa (Parysek 2012). Coraz częściej będziemy się spotykać z problemami niedostępnych przestrzeni, co będzie mogło skutkować wykluczeniem niektórych użytkowników.

Odpowiedzią na to jest projektowanie uniwersalne, które zgodnie z definicją konwencji o prawach osób niepełnosprawnych, ma być takim projektowaniem, które tworzy produkty, środowisko, programy oraz usługi użyteczne dla wszystkich, bez potrzeby specjalnych

rozwiązań (Dz.U. 2012 poz. 1169). Jednak problem dostępności przestrzeni wciąż nie jest popularny, dlatego niezwykle ważne jest poruszanie tego tematu w dyskusji publicznej i naukowej. Wychodząc temu naprzeciw, Akademickie Koło Naukowe Gospodarki Przestrzennej w 2014 roku nawiązało współpracę z Stowarzyszeniem “Inwestycje dla Poznania” i wzorując się na projekcie “Warszawska Mapa Barrier”, stworzyło jej poznański odpowiednik. W początkowym etapie projektu odbyły się również konsultacje z osobami z niepełnosprawnościami, spacerowały badawcze czy dyskusje, które doprowadziły do powstania systemu kategorii pozwalających inwentaryzować bariery w przestrzeni miasta. Projekt oprócz charakteru badawczego, ma za zadanie zwrócić społeczną uwagę na problem dostępności przestrzeni i wykluczania z jej użytkowania niektórych grup społecznych (Donderowicz i Kaczmarek 2018).

Cel i metoda badań

Głównym celem pracy jest przedstawienie poziomu dostępności obszaru Rondo Kaponiera w Poznaniu dla wszystkich użytkowników przestrzeni miejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem osób z niepełnosprawnościami. Rondo Kaponiera jest najważniejszym węzłem komunikacyjnym miasta Poznania, w związku z tym poruszanie się po nim, nie powinno sprawiać nikomu trudności. Aby zbadać ten aspekt, postanowiono wykorzystać metody pochodzące z projektu Poznańska Mapa Barrier. Przez Rondo Kaponiera przebiega duża część dziennych linii tramwajowych, aż 7 z 18, sześć dziennych linii autobusowych oraz 15 z 19 nocnych linii autobusowych. Przepustowość węzła komunikacyjnego w cyklu dobowym, wynosi ponad 44 tys. ludzi (Model ruchu... 2015), a w godzinach szczytu częściej, niż co pół minuty odjeżdża środek transportu publicznego (Kaponiera po przebudowie... 2017). Wybrany obszar opracowania został zmodernizowany podczas przygotowań do finałów UEFA EURO 2012. Pierwsze prace rozpoczęto w sierpniu 2011 roku a ukończono we wrześniu 2016 roku. Całkowity koszt przebudowy wyniósł 335 milionów złotych (Przebudowa węzła... 2016). Już po otwarciu okazało się, że dopiero co przebudowana przestrzeń, jest niedostępna dla osób z niepełnosprawnościami (Niepełnosprawny rozczarowany... 2016). Warto również wspomnieć, że jest to przestrzeń w bliskim sąsiedztwie Międzynarodowych Targów Poznańskich, które są znaczącym ośrodkiem targowym w Polsce i jednym z większych w Europie.

Obszar opracowania znajduje się w centrum miasta Poznania i ma powierzchnię około 0,07 km² (Rys.1.). Zawiera się w obszarze ulic Roosevelta, Zwierzynieckiej, Święty Marcin (Most Uniwersytecki), Bukowskiej oraz na krótkim odcinku Dworcowej.

Rysunek 1. Lokalizacja Ronda Kaponiera w Poznaniu



Źródło: Opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org.

Podczas badania wykorzystano metody badawcze i narzędzia wykorzystywane w projekcie Poznańska Mapa Barrier, na które składają się: inwentaryzacja badanego obszaru w celu identyfikacji wyszczególnionych barier architektoniczno-urbanistycznych oraz cyfryzację informacji, poprzez rejestrację zbadanych miejsc w google.maps z uwzględnieniem wypracowanych schematów (tj. podział barier na odpowiednie kategorie, sposób dodawania punktów na mapę oraz dodawania zdjęć). W badaniu wykorzystano podział barier stosowany w projekcie, który dokładnie obrazuje różnorodność problematyki niedostępności do przestrzeni miejskiej. Są to (Poznańska Mapa Barrier, Raport...):

- niedostosowane schody – są to schody, pozbawione poręczy, wypustek ostrzegawczych przy krawędzi oraz odpowiednich podjazdów przeznaczonych dla osób z niepełnosprawnościami, czy rodziców z wózkami dziecięcymi, których stan techniczny nie pozwala na bezpieczne użytkowanie;
- nieodpowiedni przystanek – to taki przystanek, który nie posiada wypustek ostrzegawczych wzdłuż krawędzi platformy lub wypustki te są w złym stanie

technicznym oraz utrudniony jest dostęp do informacji (np. zbyt wysoko zawieszony rozkład jazdy);

- nieodpowiednia kładka – pochylnia, której zły stan techniczny bądź parametry takie jak: kąt nachylenia czy nieodpowiednia długość, utrudniają/uniemożliwiają poruszanie się w przestrzeni publicznej lub wejście do budynku użyteczności publicznej;
- nieodpowiednia nawierzchnia – to taki chodnik, który jest nierówny, niejednolity, posiadający liczne ubytki w nawierzchni;
- nieodpowiednie przejście dla pieszych – przejście dla pieszych, które jest w złym stanie technicznym, nie posiada sygnalizacji dźwiękowej, mimo występowania sygnalizacji świetlnej oraz wypustek ostrzegawczych przy krawędzi chodnika;
- przeszkoda na drodze – to elementy infrastruktury technicznej, których umieszczenie utrudnia bądź uniemożliwia przejście chodnikiem. Do najczęstszych elementów występujących w tej kategorii bariery należą: latarnia, hydrant, znak drogowy, słupki ostrzegawcze oraz źle zorganizowany remont lub budowa;
- inne – do tej kategorii należą wszystkie bariery, które nie spełniają kryteriów barier wyżej wymienionych. Są to najczęściej nieodpowiednie miejsca parkingowe dla osób z niepełnosprawnościami bądź brak przejścia dla pieszych.

W systemie badań Poznańskiej Mapy Barrier istnieją dwa etapy: “inwentaryzacja” i “aktualizacja”. Obszar opracowania podlegał w tym przypadku pierwszemu etapowi - inwentaryzacji, który przeprowadzono w lutym 2019 roku. W przeciągu roku od badania, badacze pojawią się ponownie, sprawdzając powtórnie dostępność oraz porównując stan zastany podczas pierwszej inwentaryzacji z tym, jak wygląda to podczas ponownego badania.

Tabela 1. Zestawienie zinwentaryzowanych barier występujących na obszarze Ronda Kaponiera

kategoria	liczba	udział (%)
przeszkoda na drodze	23	46,9
nieodpowiednie przejście dla pieszych	13	26,5
nieodpowiednie schody	6	12,2
nieodpowiedni przystanek	4	8,2
inne	3	6,1
suma	49	100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie inwentaryzacji.

Wyniki badań

Na obszarze opracowania zinwentaryzowano 49 barier (Tab.1.), które zostały zakwalifikowane do 5 z 7 przyjętych w projekcie kategorii, są to: przeszkoda na drodze, nieodpowiednie przejście dla pieszych, nieodpowiednie schody, nieodpowiedni przystanek oraz inne.

Najczęściej występującą barierą jest przeszkoda na drodze. W czasie inwentaryzacji zidentyfikowano 23 miejsca należące do tej kategorii, które wynoszą 46% wszystkich barier. Elementy, które zostały zakwalifikowane do tego rodzaju bariery to: słupy, ubytki w nawierzchni chodnika, wystające studzienki, rzeźby plenerowe oraz dylatacje, których było najwięcej i miały charakter liniowy.

Drugą najczęściej spotykaną przeszkodą utrudniającą poruszanie się różnych użytkowników, są nieodpowiednie przejścia dla pieszych. Stwierdzono trzynaście przejść dla pieszych, których pokonanie może powodować problemy wynikające z braku wypustek ostrzegawczych, ich nieciągłości lub złego stanu technicznego wzdłuż krawędzi chodnika oraz braku sygnalizacji dźwiękowej przy współwystępowaniu sygnalizacji świetlnej.

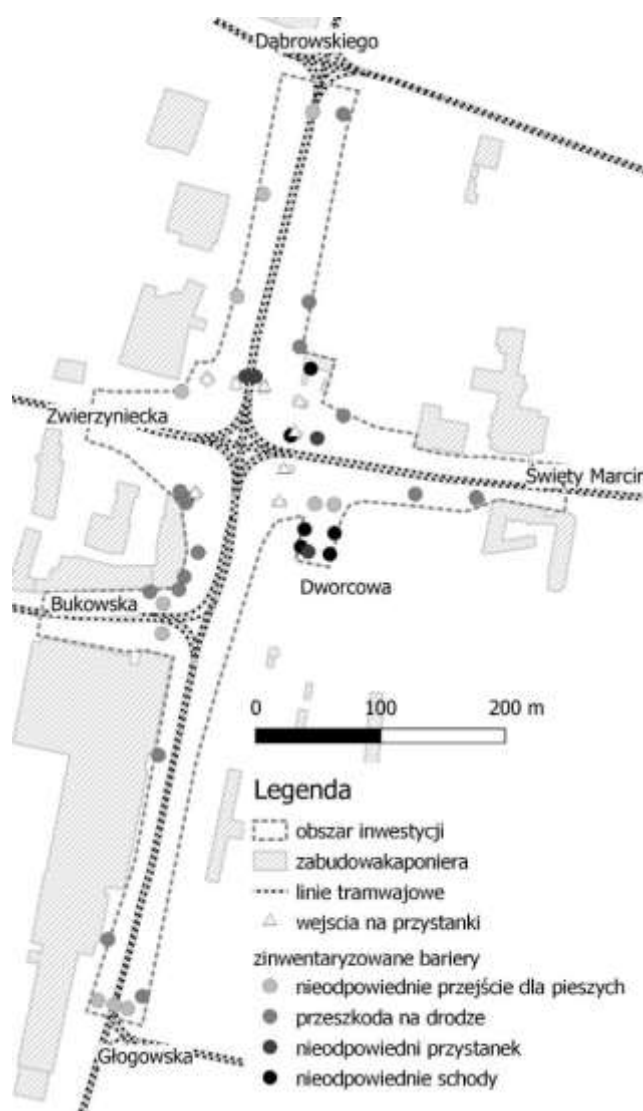
Odnotowano istnienie sześć ciągów schodowych, które posiadały defekty, mogące stwarzać zagrożenie. W tej kategorii znalazły się schody w złym stanie technicznym, nieposiadające barierki bądź podjazdu, wyraźnego oznaczenia barwnego pierwszego i ostatniego stopnia oraz wypustek ostrzegawczych przy krawędzi schodów.

Wśród barier należących do kategorii nieodpowiedni przystanek, przypisano do niej cztery przystanki komunikacji publicznej, których cechy utrudniają bądź uniemożliwiają bezpieczne poruszanie się po przestrzeni miejskiej oraz korzystanie z transportu zbiorowego. Główne problemy, które zostały uwidocznione, związane są z brakiem zachowania ciągłości wypustek ostrzegawczych wzdłuż całej krawędzi przystanku oraz zbyt wysoko umieszczonymi rozkładami jazdy, które nie są dostępne dla wszystkich użytkowników.

Na obszarze opracowania zostały zinwentaryzowane trzy miejsca stanowiące przeszkody, których charakter nie mógł być dobrany do wyróżnionych wcześniej grup barier, dlatego badający postanowili umieścić je w kategorii inne. Bariery architektoniczno-urbanistyczne dotyczyły linii naprowadzających znajdujących się w podziemnej części Ronda Kaponiera, które na całej swojej długości posiadały trzy odstępy, mogące stanowić przeszkodę w swobodnym przemieszczaniu się (zwłaszcza dla osób niewidomych bądź niedowidzących).

Widoczne jest nagromadzenie barier w okolicach przejść dla pieszych, zarówno tych nadziemnych i podziemnych.

Rysunek 2. Zinwentaryzowane bariery na obszarze opracowania



Źródło: Opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org i wyników inwentaryzacji.

Dyskusja

W myśl Krajowej Polityki Miejskiej 2023, kształtowanie przestrzeni powinno odbywać się zgodnie z zasadą projektowania uniwersalnego, w wyniku czego powstaje przestrzeń publiczna dostępna, bezpieczna i dedykowana wszystkim użytkownikom. Co więcej, wiele obiektów budowlanych nie jest budowanych lub przebudowywanych w zakresie dostępności dla osób niepełnosprawnych (Krajowa Polityka.... 2015).

Jako najważniejsze z aspektów, niezbędnych do podjęcia prac nad mapą, określono aspekt projektowania uniwersalnego, sposób delimitacji bariery przestrzennej oraz ujęcie i zakres partycypacji społecznej w ramach działań służących poprawie sposobu zagospodarowania miasta (Karczewicz 2016). Jednym z dwunastu kryteriów jakościowych

krajobrazu pieszego, zaproponowanych przez Jana Gehla, w kategorii komfortu jest możliwość chodzenia. Zaproponowane również zostały wskaźniki takie jak: przestrzeń do chodzenia, brak przeszkód, dobre powierzchnie i dostępność dla każdego oraz ciekawe fasady (Gehl 2014). W tym kontekście, analizowany obszar nie wywołuje wspomnianego komfortu chodzenia (przemieszczania się), poprzez częste zmiany poziomów - podziemne przejście uliczne, a także zejście do Poznańskiego Szybkiego Tramwaju (PST), które znajduje się dwa poziomy niż niż poziom ulic, co znacznie utrudnia korzystanie z najważniejszego ciągu komunikacji publicznej w Poznaniu, który pozwala, w krótkim czasie przemieścić się z centrum miasta na jego północ. Samochody i rozwój układu komunikacyjnego, były jednym z wielu elementów urbanizacji, ale można stwierdzić, że najbardziej bezpośrednio wpłynęły na jakość życia mieszkańców miast (Kusińska 2017). Stawianie w projektowaniu na rozwój układu komunikacyjnego, uważając transport kołowy jako najważniejszy, powoduje zabieranie przestrzeni pieszym, którzy mają trudności w przemieszczaniu się, poprzez tworzenie barier. Barrierami takimi są właśnie wielopoziomowe przejścia drogowe, które znacząco utrudniają przejście z jednej strony ulicy na drugą.

Kategorią, mającą największy udział barier w całości, są przeszkody na drodze. Spowodowane jest to występowaniem wielu dylatacji, które utrudniają swobodne poruszanie się osobom, które są zobowiązane korzystać np. z wózków (dla dzieci, inwalidzkich). Mając na uwadze problemy, z jakimi muszą się mierzyć osoby chcące pokonać rondo na poziomie jezdni, rekomenduje się wykonanie dylatacji w sposób znacznie ułatwiający poruszanie się, a nawet, o ile jest to technicznie wykonalne, usunięcie tych szczelin z powierzchni chodników. Takie postępowanie znacznie ułatwi osobom z niepełnosprawnościami poruszanie się po terenie ronda.

Drugą najliczniejszą kategorią barier, występującą na obszarze opracowania, jest nieodpowiednie przejście dla pieszych. Wszystkie przejścia dla pieszych występujące na badanym obszarze, zostały zaznaczone jako miejsca utrudniające swobodne poruszanie się w przestrzeni miejskiej, ze względu na brak występowania sygnalizacji dźwiękowej oraz niezachowania ciągłości wypustek ostrzegawczych wzdłuż krawędzi chodnika, które w poszczególnych przypadkach były rozdzielone studzienką. Należy wziąć pod uwagę, że przejście dla pieszych jest jednym z bardziej niebezpiecznych miejsc w przestrzeni miasta, ponieważ droga pieszego i pojazdów kołowych, przecina się. Powinno dążyć się do zabezpieczenia takich miejsc w możliwie najefektywniejszy sposób, stosując wszystkie znane metody ostrzegawcze, których sygnały są odbierane również przez osoby z niepełnosprawnościami.

W kategorii niedostosowane schody znalazło się tylko sześć przypadków. Jest to stosunkowo niski wynik, biorąc pod uwagę charakter obszaru opracowania, którego dużą część stanowi dwupoziomowe Rondo Kaponiera. Aż cztery miejsca stanowiące bariery, są częścią rzadko używanego przejścia podziemnego. Najczęściej powtarzającym się powodem, który zdecydował o uznaniu poszczególnych schodów za barierę był brak bądź słabe oznaczenie barwne pierwszego i ostatniego stopnia. Za powód powstania wymienionych wyżej przeszkód, można uznać nadmierną eksploatację oraz brak podjęcia czynności, mających na celu przywrócenie oznaczenia barwnego. Regularne działania, mające na celu utrzymanie kontrastowego ostrzeżenia sprawiłyby, że poruszanie się między wieloma poziomami węzła komunikacyjnego byłoby znacznie łatwiejsze.

Ze względu na charakter obszaru opracowania, liczba przystanków stanowiących bariery jest stosunkowo niewielka. Tylko cztery przystanki zostały uznane za przeszkodę z uwagi na niezachowanie ciągłości wypustek wzdłuż krawędzi bądź ich brak oraz wysokość zawieszonego rozkładu jazdy. Mając na uwadze fakt, że z komunikacji publicznej korzysta wiele osób z niepełnosprawnościami, powinno dążyć się do rozwiązań, które sprawią, że osoby te będą mogły samodzielnie się przemieszczać. Powinno dążyć się do zawieszania rozkładów jazdy na takiej wysokości, aby m.in. osoba poruszająca się na wózku inwalidzkim była w stanie bez czyjejś pomocy sprawdzić godziny odjazdów. Zachowanie ciągłości wypustek jest ważne biorąc pod uwagę bezpieczeństwo korzystających z danego przystanku osób niewidomych. W miarę możliwości powinno dążyć się do zmiany lokalizacji studzienek w inne miejsce tak, aby nie dzieliły wypustek ostrzegawczych. Kategoria nieodpowiednich przystanków oraz pozostałe stwierdzone w badaniu, składają w całość w postaci wykluczenia części społeczeństwa z bezpiecznego korzystania z transportu publicznego. Dzieje się tak w skali nie tylko Ronda Kaponiera, ale i całego miasta (Ciesiółka i in. 2018).

Porównując liczbę barier występujących na obszarze opracowania do wyniku kilkuletnich badań prowadzonych w ramach projektu Poznańska Mapa Barrier, można stwierdzić że w czasie modernizacji Ronda Kaponiera i jego najbliższego otoczenia, wiele elementów potencjalnie mających ułatwić poruszanie się osobom z niepełnosprawnościami zostało pominięte lub zastosowane rozwiązanie nie było zadowalające, co skutkowało powstaniem wielu nowych barier. W fazie projektowej brak uwzględnienia wszystkich potencjalnych grup użytkowników oraz ich potrzeb, skutkowało początkowym wykluczeniem z użytkowania części osób oraz koniecznością wprowadzenia zmian po oddaniu obiektu do użytku.

Duże nagromadzenie barier można zaobserwować przy nowo wybudowanym wieżowcu Bałtyk. Atrakcyjna prezentacja budynku oraz jego najbliższego otoczenia stała się ważniejsza od dostępności dla wszystkich użytkowników przestrzeni miejskiej. Przykładem tego działania są pojedyncze nieoznakowane w jakikolwiek sposób stopnie, których obecność pozytywnie wpływając na odbiór przestrzeni, jednocześnie stanowi przeszkodę na drodze, która może stanowić niebezpieczeństwo zwłaszcza dla osób niewidomych bądź niedowidzących. Jest to w pobliżu jednego z wejść do podziemnej części ronda, która de facto łączy budynek, jak i przystanki “Bałtyk” z wszystkimi przystankami znajdującymi się na Rondzie Kaponiera oraz z główną ulicą Poznania - Św. Marcin. Zwraca uwagę nagromadzenie barier w okolicach miejsc najbardziej newralgicznych, takich jak przejścia dla pieszych, które powinny być szczególnie bezpieczne dla użytkowników.

Podsumowanie

Zgodnie z zasadą projektowania uniwersalnego, przestrzeń należy projektować w taki sposób, aby wszyscy jej użytkownicy bez względu na stopień sprawności, mogli z tej przestrzeni korzystać w taki sam sposób. Obecnie taki rodzaj projektowania jest dużym wyzwaniem, a patrząc na badane studium przypadku, widać jego niezrozumienie, które doprowadziło do trudności w swobodnym korzystaniu z Ronda. Rondo Kaponiera nie pozwala na równe korzystanie z badanej przestrzeni, przez co wydaje się odizolowana i przeznaczona dla określonej grupy uczestników. Fakt, że z ronda nie każdy może korzystać w równy sposób, podkreśla liczba barier, które wystąpiły na zinwentaryzowanym obszarze. Bariery przestrzenne, które ograniczają możliwości przemieszczania się, występują z różnym natężeniem w przeważającej części przestrzeni publicznych polskich miast (Karczewicz 2016). Tak jest również na badanym obszarze, na którym występujące bariery są spotęgowane. Jako, że Rondo było modernizowane przed kilkoma latami, trudno jest zrozumieć tak wielką liczbę barier występującą na jednym z kluczowych węzłów komunikacyjnych Poznania. Wdrażane rozwiązania powinny cechować się dostosowywaniem do każdego rodzaju uczestnika, przyjmując projektowanie uniwersalne, jako podstawę działań projektowych.

Projekt dostarcza dużej ilości cennych informacji na temat dostępności poznańskich przestrzeni publicznych oraz występujących w nich barier architektoniczno-przestrzennych, co pozwala na dostosowywanie przestrzeni publicznych Poznania do potrzeb wszystkich grup użytkowników.

Literatura

- Ciesiołka P., Donderowicz M., Głowczyński M., Wronkowski A., 2018, *Zastosowanie Poznańskiej Mapy Barrier do badania dostępności przestrzennej przystanków komunikacji publicznej*. [w:] Tomaszuk T. (red.) *Bezpieczeństwo w lokalnym transporcie publicznym na przykładzie Aglomeracji Poznańskiej – podejście interdyscyplinarne*. Wydawnictwo Naukowe Wydziału Nauk Politycznych i Dziennikarstwa Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań: 253-268.
- Donderowicz M., Kaczmarek P., 2018, *Poznańska Mapa Barrier – dobre praktyki w badaniu dostępności przestrzeni*. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna* 42: 103-113.
- Donderowicz M., Kaczmarek P., 2017, *Poznańska Mapa Barrier, Raport z badań grudzień 2014 - maj 2016* <http://obserwatorium.miasta.pl/wp-content/uploads/2017/05/Poznańska-Mapa-Barrier-Raport-AKNGP-1.pdf> (dostęp 05.03.2019 r.).
- Gehl J., 2014, *Miasta dla ludzi*. Wydawnictwo RAM, Kraków.
- <http://idp.org.pl/akcje/bank-dokumentow> (dostęp 07.03.2019 r.).
- Kaponiera po przebudowie: niefunkcjonalnego bubla ciągle trzeba poprawiać* <http://poznan.wyborcza.pl/poznan/kaponiera-niefunkcjonalnego-bubla-ciagle-trzeba-poprawiac.html> (dostęp 07.03.2019 r.).
- Rondo Kaponiera - powrót do normalności (wizualizacje, foto)* <http://www.pozim.pl/aktualnosci/archiwalne/rondo-kaponiera-powrot-do-normalnosci-wizualizacje-foto> (dostęp 07.03.2019 r.).
- Karczewicz M., 2016, *Poznańska Mapa Barrier – w poszukiwaniu przestrzeni dostępnej dla wszystkich*. [w:] J. Leśny, J. Nyckowiak (red.), *Badania i rozwój młodych naukowców w Polsce – architektura w przestrzeni*. Młodzi Naukowcy, Poznań.
- Konwencja o prawach osób niepełnosprawnych, sporządzona w Nowym Jorku dnia 13 grudnia 2006 r.* (Dz.U. 2012 poz. 1169) <http://prawo.sejm.gov.pl/1169> (dostęp 02.03.2019 r.).
- Krajowa Polityka Miejska 2023*, 2015, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju Departament Polityki Przestrzennej https://www.mii.gov.pl/media/11579/Krajowa_Polityka_Miejska_2023.pdf (dostęp 07.03.2019 r.).
- Kusińska E., 2017, *Przestrzeń-Urbanistyka-Architektura*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Poznaniu*, www.mpk.poznan.pl (dostęp 07.03.2019 r.).
- Model ruchu komunikacji miejskiej 2014*, 2015, Zarząd Transportu Miejskiego, Poznań.
- Niepełnosprawny rozczarowany nową Kaponierą. A miało być tak pięknie (WIDEO + ZDJĘCIA)* <http://poznan.wyborcza.pl/poznan/1,36001,20670306,niepelnosprawny-rozczarowany-nowa-kaponiera.html> (dostęp 02.03.2019 r.).
- Parysek J.J., 2012, *Współczesne miasta i problemy ich funkcjonowania oraz rozwoju* [w:] *Kształtowanie przestrzeni miejskiej. Aspekty teoretyczne i praktyczne*. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu Wydział Pedagogiczno Artystyczny, Poznań: 9-57.
- Przebudowa węzła komunikacyjnego rondo Kaponiera*. <https://zdm.poznan.pl/pl/przebudowa-wezla-komunikacyjnego-rondo-kaponiera> (dostęp 02.03.2019 r.).

Rozdział V

Doskonalenie procesów kształtowania środowiska

Zarządzanie odpadami kompozytowymi

Management of waste composites

Dawid Wcisł

Uniwersytet Morski w Gdyni
Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa
Naukowe Koło Towaroznawstwa „CARGO”
Opiekun: dr hab inż. Mariola Jastrzębska, prof nadzw.

Abstract

Composites are very popular due to their high resistance to fatigue strength, resistance to extreme temperature and UV radiation and the possibility. They have been used as structural materials in construction, in aviation technology (eg. elements of airplanes, missiles, artificial satellites), in the production of parts of sport equipment (eg. boats, skis, poles, javelins). In 2017 1118 thousand were produced in the world tons of fiberglass reinforced composites and 70 tons of composites reinforced with fibers carbon. Poland belongs to the leading producers reinforced with fiberglass. According to the Polish Chamber of Yacht Industry and Water Sports - in Poland, about 22 000 yacht are produced annually. It is estimated that in the production of composite products, 10-30% of the mass of unhardened and hardened wastes is generated. Post-production composite waste according to the European Waste List (2000/532/ECC), from the foundry, is classified in Chapter 07 “waste from the organic processes” of subcategory 07 02 “wastes from the manufacture, preparation, supply and use of materials“ and further subcategories 07 02 12, i.e. plastic waste. The requirements of the European Union (Directives; 75/442/EEC, 91/156/EEC and 91/689/EC), concerning the control of waste recycling, force producers and consumers to properly process and segregate waste. The work will discuss the current state of composite waste management in Poland.

Keywords: polymer composites, composite, recycling, waste,

Wstęp

W pracy przedstawiona została problematyka zagospodarowania odpadów kompozytowych wzmocnionych włóknami szklanymi i węglowymi. Omówiono gałęzie przemysłu, w jakich są produkowane oraz ilości wytwarzane podczas procesów produkcyjnych. Opisano metody recyklingu odpadów kompozytowych.

Celem pracy jest przedstawienie ilości produkowanych odpadów kompozytowych poprodukcyjnych, skali problemu jaki stanowi ten odpad, przegląd dostępnych metod zagospodarowania odpadów oraz możliwości wykorzystania ich w Polsce.

Materiały kompozytowe

Kompozyty to materiały wytworzone w sposób sztuczny lub naturalny, złożone z co najmniej dwóch komponentów (faz) o różnych właściwościach, tworzących strukturę

jednorodną materiałowo. Kompozyty dobrane są w taki sposób, że ich składniki nie rozpuszczają się, a jedynie oddziałują na siebie. Najczęściej jeden z komponentów to lepiszcze (osnowa), które gwarantuje spójność, twardość i elastyczność, a drugi komponent zapewnia odporność na ściskanie lub rozciąganie (Rajczyk i Stachecki 2011). W wielu dziedzinach stosuje się kompozyty o osnowie: polimerowej, metalowej oraz ceramicznej. W kompozytach polimerowych najczęściej używa się żywic poliestrowych, epoksydowych i poliuretanów, a rzadziej silikonów, furanów czy melaminy. Żywice poliestrowe charakteryzują się łatwością stosowania, niskimi cenami oraz łatwością przesycania włókien. Do ich mankamentów natomiast możemy zaliczyć: palność, duży skurcz przy utwardzaniu oraz stosunkowo małą odporność na pękanie. Do zalet żywic epoksydowych należą bardzo dobre właściwości mechaniczne i termiczne, duża wodoodporność, odporność korozyjna a także dobra adhezja do włókien wzmacniających. Ich wadami są jednak wysokie ceny, duża lepkość oraz potrzeba stosowania dodatkowych modyfikatorów w postaci rozcieńczalników i plastyfikatorów (Oczkoś 2008).

Kompozyty zbrojone włóknami dominują na rynku materiałów ze względu na najlepsze cechy wytrzymałościowe przy niewielkiej wadze. Ich działanie opiera się na przenoszeniu obciążeń przez różnego rodzaju włókna. Matryca jest wykorzystywana jako spoiwo dla włókien oraz jest ochroną przed czynnikami zewnętrznymi. Włókna stosowane do ich produkcji, mogą mieć charakter ciągły lub nieciągły. Jako zbrojenie można wykorzystać także liczne wyroby powstające z włókien: maty czy tkaniny. Wśród włókien stosowanych w zbrojeniu kompozytów wyróżnia się włókna: szklane, węglowe, aramidowe, organiczne, stalowe i mineralne. Cechują się dużą sztywnością i wytrzymałością na wielokrotne rozciąganie (Błędzki i in. 2012).

Obecnie około 60% produkowanych włókien szklanych, stosuje się do wytwarzania kompozytów na osnowach polimerowych. Włókna szklane, w porównaniu do włókien węglowych, charakteryzują się małym wydłużeniem i wysokimi wartościami modułu sprężystości oraz większą gęstością (Tab.1). Posiadają dobre właściwości dielektryczne, niską wartość przenikalności elektrycznej oraz niski współczynnik strat dielektrycznych. Cenną zaletą włókien szklanych jest ich dobra zwilżalność przez polimery, co umożliwia powstawanie mocnego połączenia na granicach międzyfazowych polimer/szkło (Mayer i Kaczmar 2008). Właściwości mechaniczne kompozytów wzmacnianych włóknami polepszają się wraz ze zwiększaniem długości włókien wzmacniających, natomiast wytrzymałość pojedynczego włókna szklanego, zależy od jego średnicy. Maleje ona wraz ze wzrostem ich średnicy, co należy uwzględnić przy projektowaniu wyrobów kompozytowych narażonych głównie na

rozciąganie. W wyrobach ściskanych (odkształcenie materiałów za pomocą dwóch równych i działających w kierunku do siebie sił) wykorzystuje się większe moduły sztywności przypisane włóknom z większymi średnicami. Kolejnym argumentem za stosowaniem włókien szklanych, jest ich nie przewodzenie prądu, nie pylenie się, łatwość formowania wyrobów łącznie z tkaniem użytecznych tkanin. Możliwość formowania różnych wyrobów wynika z większej wytrzymałości na rozciąganie włókien szklanych od włókien węglowych. W 2017 roku rynek kompozytów polimerowych, wzmocnionych włóknem szklanym wzrósł o 2% w stosunku do roku poprzedniego, osiągając wielkość produkcji 1,141 mln ton.

Tabela 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne włókien szklanych i węglowych

Włókna	Gęstość [g/cm ³]	Średnica [μm]	Porowatość [cm ³ /g]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł Younga [GPa]	Temperatura topnienia [°C]	Cena [zł/kg]
Węglowe	1,6–2,0	8	0,05–0,1	2800–5000	230	3600	100
Szklane	2,5–2,6	10-15	0,005-0,01	1500–2700	80-90	700-900	10

Źródło: Mayer P., Kaczmar J. 2008.

Głównymi zaletami włókien węglowych, stosowanych do wzmacniania osnów polimerowych, jest mała gęstość, mały współczynnik tarcia oraz dobra przewodność cieplna i elektryczna. Włókna te posiadają też zdolność tłumienia drgań oraz niską absorpcję promieniowania rentgenowskiego (Tab. 1). Technologia produkcji włókien węglowych ulega ciągłej poprawie i doprowadziła do uzyskania włókien o znakomitych właściwościach (Mayer i Kaczmar 2008). W szczególności zwraca się uwagę na jednoczesne podwyższanie wytrzymałości i sztywności nowoczesnych włókien. Tak wysokie parametry spełnia nieliczna ilość producentów. Skutkuje to utrzymywaniem się stałych wysokich cen włókien węglowych. W atmosferach nieutleniających, włókna węglowe nie tracą swych właściwości w temperaturach ponad 2500°C, co odróżnia je od włókien szklanych i aramidowych. W wybranych kompozytach z włóknami węglowymi, uzyskuje się właściwości nieosiągalne również w innych materiałach konstrukcyjnych, np. kompozyt wzmacniany włóknami aramidowymi, posiada wytrzymałość na rozciąganie tylko 2,0 GPa zaś włókna węglowe aż 4,5 GPa, co sprawia, że jest ponad dwukrotnie bardziej wytrzymały.

Włókna szklane i węglowe posiadają właściwe cechy, pozwalające na ich racjonalne wykorzystanie w projektowaniu wyrobów kompozytowych przeznaczonych do pracy w zróżnicowanych warunkach. Włókna szklane mają znacznie większe szanse na zastosowanie, aniżeli włókna węglowe. Do takich zastosowań należą tyczki do skoków. Aby spełniły swe zadania, tyczki muszą się silnie wygiąć i następnie wynieść sportowca na odpowiednią do jego

możliwości i ciężaru wysokość. W tym przypadku większy ciężar wyrobu z włóknami szklanymi, nie jest przeszkodą w ich zastosowaniu, gdyż wysiłek przy dobiegu do stanowiska jest adekwatny do możliwości wytrenowanego sportowca. Znając dobre właściwości włókien węglowych i tak częściej, ze względu na ich niską cenę, stosuje się włókna szklane. Obecnie za kilogram włókien szklanych, trzeba zapłacić dziesięciokrotnie mniej niż w przypadku standardowych włókien węglowych. Wysokie koszty włókien węglowych, są częściowo rekompensowane przez niskie koszty wytwarzania gotowych produktów. „Jedną z najważniejszych cech wyróżniających kompozyty z włóknami węglowymi jest zachowanie 20% wytrzymałości resztkowej po trudnej próbie zmęczeniowej w wilgoci. W tej samej próbie kompozyty z włóknami szklanymi zachowują tylko 9% wytrzymałości. Również inne próby zmęczeniowo-wilgotnościowe stawiają wyroby z włóknami węglowymi ponad podobne wyroby z włóknami szklanymi (Leda 2003)”.

Według źródeł, w latach 1985-1986 światowa produkcja włókien szklanych wynosiła 128 tys. ton, włókien węglowych 3300 ton, włókien organicznych 3600 ton oraz włókien ceramicznych kilka ton. W latach 1985-1986 powstało łącznie 720 tys. ton odpadów kompozytowych (GUS 2017). W 2017 roku na świecie wyprodukowano 1 118 tys. ton kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym oraz 70 tys. ton kompozytów wzmacnianych włóknami węglowymi. Wzrost produkcji kompozytów do lat obecnych od lat dziewięćdziesiątych wynosi 40%. Tak szybki rozwój kompozytów zależy od kilku głównych czynników. Pierwszy to przede wszystkim niska gęstość, zaś kolejny to doskonała odporność na: rozciąganie, rozpraszanie energii oraz odporność ogniowa. Laminaty są jednym z rodzajów kompozytów, złożone z osnowy polimerowej i kilku lub kilkunastu warstw zbrojenia. Produkowane warstwowo, osiągają pożądane przez konsumentów cechy, jak np.: odporność na ścieranie, higieniczność oraz odporność na wilgoć i łatwość w czyszczeniu (Leda 2003). Z uwagi na swoje niezwykle właściwości, z laminatu można wykonać praktycznie wszystko. Świetnym przykładem wykorzystania tych możliwości jest produkcja takich elementów jak: kadłuby oraz pokłady łodzi i jachtów żaglowych, wiatraków z turbinami prądowymi, elementów karoserii pojazdów, armatury sanitarnej czy basenów.

Zastosowanie

Bieżący rozwój materiałów kompozytowych zaczął się upowszechniać dopiero po opanowaniu procesu produkcji żywic syntetycznych, stanowiących podstawę produkcji laminatów. Okres II wojny światowej, pociągnął za sobą dynamiczny rozwój oraz odkrycie włókien szklanych i pierwsze próby ich łączenia z żywicą. Był też związany z rosnącym

zapotrzebowaniem przemysłu lotniczego, kosmicznego i motoryzacyjnego na lekkie i wytrzymałe materiały, którymi dałoby się zastąpić stal i inne materiały (Rajczyk i Stachecki 2011). Rozwój włókien sztucznych spowodował zainteresowanie kompozytami, które są bardzo korzystne ze względu na możliwości łatwego formowania kształtu i unikalne właściwości fizyko-chemiczne.

Kompozyty mają szerokie zastosowanie, jako materiały konstrukcyjne w wielu dziedzinach techniki, m.in. w budownictwie, w technice lotniczej i astronautyce (np. elementy samolotów, rakiety, sztucznych satelitów), w produkcji części maszyn, urządzeń i sprzętu sportowego (np. łodzie, narty, tyczki, oszczepy). Sam transport samochodowy posiada $\frac{1}{4}\%$ udziału w rynku materiałów kompozytowych. Wytwarzane są takie elementy jak; nadwozia ciężarówek, autobusów oraz samochodów osobowych, zderzaki, drążki skrętne czy kontenery chłodniowe, przyczepy kempingowe oraz cysterny samochodowe i kolejowe do przewozu cieczy, które coraz częściej wykonywane są z tego materiału (Oczkoś 2008).

Przemysł jachtowy na świecie, wraz z postępem dostępnych technologii, bardzo szybko się rozwija, co wpływa na unowocześnienie materiałów i ich procesów produkcji. Polskie stocznie jachtowe produkują jedne z najnowocześniejszych jednostek pływających. W Europie Polska jest aktualnie liderem w produkcji jachtów o długości do 9 metrów, a na świecie druga po Stanach Zjednoczonych. Nasze produkty charakteryzują się bardzo dobrą jakością wykonania i niezawodnością sprzętów. Polska Izba Przemysłu Jachtowego i Sportów Wodnych (Federation Nautical Industries) podaje, że w Polsce produkuje się ok. 22 000 jachtów rocznie, z czego 90% przeznaczonych jest na eksport. Szacuje się, że przy wytwarzaniu produktów kompozytowych, powstaje 10–30% masy odpadów poprodukcyjnych zarówno nieutwardzonych, jak i utwardzonych. W roku 2017 wartość rynku jachtów wynosiła 135 mln zł i osiągnęła 9% udział wśród wszystkich polskich firm produkujących dobra luksusowe. Obecnie funkcjonuje u nas ok. 800 przedsiębiorstw produkujących luksusowe jachty, które zatrudniają 13 tys. osób. Podczas procesu produkcji jachtów, łodzi, kajaków bądź łódek powstają odpady laminatów poliestrowo-szklanych o różnym stopniu utwardzenia. Odpady kompozytowe poprodukcyjne, zgodnie z Europejską Listą Odpadów (2000/532/ECC), pochodzące z formiarni, klasyfikuje się w rozdziale 07 „odpady z organicznych procesów”, podkategorii 07 02 „odpady pochodzące z wytwarzania, przygotowania, dostawy i stosowania tworzyw” i dalszej podkategorii 07 02 13, czyli odpady z tworzyw sztucznych. Wymagania Unii Europejskiej (dyrektywy: 75/442/EEC, 91/156/EEC oraz 91/689/EC), dotyczące kontroli i recyklingu odpadów, zmuszają tak producentów, jak i konsumentów do odpowiedniego

przetwarzania oraz segregowania odpadów. Odpady o kodzie 07 02 13 są odbierane przez firmy trudniące się recyklingiem, a następnie składowane. Znane są liczne metody przetwarzania tego odpadu, aczkolwiek nie posiadają praktycznego zastosowania.

Problematyka zagospodarowania odpadów

Badane odpady kompozytowe o kodzie 07 02 13, stają się problemem, ponieważ jak wynika z regulacji UE (dyrektywa 91/156/EEC, 91/689/EC), powinno się je poddać recyklingowi. Obecnie istnieje wiele metod przetwarzania odpadów poliestrowo-szkłanych, które nie zanieczyszczałyby środowiska i pozwalały w 100% wykorzystać ponownie powstały odpad, ale nie znalazły swojego praktycznego zastosowania. Środowisko jest zanieczyszczane, poprzez zajmowanie dużej ilości miejsca na składowiskach, co zmniejsza dostęp terenu dla roślinności, oraz zwiększa się koszty produkcji nowych wyrobów. Odpady stanowią średnio od 10 do 30% kosztów całej produkcji, co niesie za sobą straty rzędu 9 mld \$ w skali światowej w roku 2018. I tu pojawia się problem dotyczący tego, jak postępować z powstałymi odpadami kompozytowymi. Przeglądając literaturę można znaleźć konkretne działania w celu jego przetworzenia.

Recykling materiałów inżynierskich przyczynia się do zrównoważonego rozwoju i optymalizacji procesów przemysłowych. W dzisiejszych czasach metale, szkło, tworzywa sztuczne i wiele innych materiałów inżynierskich są w dużym stopniu poddawane recyklingowi. Jednak materiały kompozytowe, jako materiały inżynierskie, nie zostały jeszcze odpowiednio poddane recyklingowi (zarówno dla osnowy, jak i dla materiałów wzmacniających). Wynika to z braku możliwych do wdrożenia rozwiązań lub z ich zbyt wysokich kosztów.

Recykling doprowadza do oszczędności zasobów i energii w produkcji materiałów do ponownego wykorzystania. Obecnie istnieją bardzo ograniczone komercyjne metody recyklingu materiałów kompozytowych, ze względu na ograniczenia technologiczne i ekonomiczne. Podstawowym problemem jest trudność wyzwolenia jednorodnych cząstek z materiału kompozytowego. Z powodu tych wyzwań, większość działań związanych z recyklingiem materiałów kompozytowych, ogranicza się do odzyskiwania energii lub paliwa przy niewielkim wykorzystaniu materiałów, takich jak włókna wzmacniające.

Zidentyfikowano dużą liczbę chemikaliów, które są absorbowane na cząstkach stałych podczas spopielenia materiału. Dokładny skład produktów chemicznych jest charakterystyczny dla palącego się materiału, spektrum związków organicznych obejmuje azotowe związki aromatyczne i związki fenolowe. Chemikalia wytwarzane podczas spalania żywicy organicznej

z kompozytów, mogą być absorbowane na włóknach respirabilnych (włókna o długości powyżej 5 μm o maksymalnej średnicy poniżej 3 μm i o stosunku długości do średnicy > 3) i wchodzić do układu oddechowego. Szczegółowe badania toksykologiczne są potrzebne do oceny długoterminowych skutków zdrowotnych, związanych z narażeniem na pojedynczą wysoką dawkę włóknistych cząstek stałych.

Recykling kompozytów na bazie włókna węglowego, jest bardzo wymagający, ze względu na ich złożoną budowę (osnowa, włókna, wypełniacze), usieciowany charakter żywic termoutwardzalnych oraz stosowanie dodatków (metaliczne dodatki, plaster miodu, itp.). Obecnie większość odpadów jest składowana. Dla przykładu, kadłuby samolotów wycofanych z użytkowania, składowane są na tzw. cmentarzach pustynnych, na lotniskach lub składowiskach (Błędzik i in. 2012). Zauważalna jest potrzeba recyklingu materiałów i zamknięcie ich tzw. cyklu życia. Ma to ogromne znaczenie dla dalszego stosowania materiału w niektórych przemysłach np. motoryzacyjnym. Wyróżnia się trzy podstawowe metody recyklingu: mechaniczny, termiczny oraz chemiczny.

Recykling mechaniczny polega na rozdrobnieniu odpadów kompozytów w procesie kruszenia, mielenia lub poddaniu innym podobnym procesom mechanicznym do postaci regranulatu (recyklatu). Uzyskane pocięte elementy segreguje się na bogate w żywicę i włókna materiały. Mechaniczny recykling nie odzyskuje pojedynczych włókien. Typowym zastosowaniem odpadów kompozytów na bazie włókna węglowego, jest dodanie ich jako wypełniaczy lub zbrojenia kompozytów, w przemyśle budowlanym np. do produkcji sztucznego drewna, asfaltu lub cementu. Kompozyty z odpadów charakteryzują się niską jakością i słabymi właściwościami mechanicznymi. Recyklingowi mechanicznemu można poddać wszystkie rodzaje tworzyw termoplastycznych bez pogorszenia właściwości materiału. Obecnie jest to główna metoda recyklingu w Europie, pozwalająca na zagospodarowanie ponad 99% tych odpadów. Niestety proces recyklingu mechanicznego jest bardzo energochłonny.

Recykling termiczny wykorzystuje wysokie temperatury w przedziale między 300-1000°C. W procesie termicznym żywica ulega rozkładowi i wyparowaniu, separując włókna wzmacniające i wypełniacze. Przykładem takiego recyklingu jest piroliza. Proces ten opiera się na termicznym rozkładzie cząstek organicznych w atmosferze gazu obojętnego. W procesie pirolizy, wcześniej pocięte elementy, podgrzewane są do temperatury 450-700°C w środowisku prawie beztlenowym. Osnowa polimerowa ulega ulotnieniu, a włókna węglowe zostają odzyskane. W celu zaoszczędzenia energii, powstałe w trakcie procesu gazy są spalane i przekształcane na energię termiczną, podtrzymującą pirolizę. Ciągłość procesu zapewnia utrzymanie niskiego nakładu dodatkowej energii z zewnątrz.

Recykling chemiczny to sposoby oparte na środowisku reaktywnym. Żywica polimeryczna ulega rozkładowi na stosunkowo duże oligomery, natomiast włókna węglowe pozostają obojętne na działanie środowiska chemicznego. Chemiczny recykling ma na celu depolimeryzację chemiczną lub usunięcie osnowy i uwolnienie włókien do dalszego odzysku. Uzyskuje się to poprzez zastosowanie rozpuszczalnika organicznego lub nieorganicznego (Błądzik i in. 2012). Proces ten aktualnie nie jest rozwijany na świecie ze względu na duży wpływ użytych rozpuszczalników w środowisku. Po procesie włókno węglowe zostaje zebrane i osuszone.

Przykładem próby rozwiązania problemów recyklingu kompozytów wzmocnionych włóknem szklanym, był francuski projekt EOL Pleasure Boat, dotyczący rozbiórki i recyklingu użytkowych łodzi rekreacyjnych, będący efektem prac prowadzonych od 2002 roku przez French Nautical Industries Federation. Federacja, przy poparciu Francuskiej Agencji Ochrony Środowiska i Zarządzania Energią, założyła w Normandii pierwsze na świecie centrum rozbiórki i recyklingu łodzi rekreacyjnych — EOL Pleasure Boat Center, odpowiadające profesjonalnym standardom i przetwarzające siedem jednostek pływających o długości 6-10 m dziennie (1500 łodzi rocznie o łącznej masie 2000 ton). Jednak projekt zakończono z powodów trudności finansowych oraz małej wydajności procesu przetwórstwa odpadów (Federation Nautical Industries).

W roku 2010 powstał pierwszy na świecie system odbioru i recyklingu kompozytów polimerowych, pod nazwą „CompoCycle”. Firmy biorące udział w tym systemie gwarantują 100% recykling energetyczny. Rozdrabniane kompozyty są stosowane w charakterze substytutu surowców w cementowni (firmy Holcim). Koszt takiej utylizacji to ok. 114 EUR/t. Zastosowanie systemu CompoCycle w cementowniach, pozwala na oszczędzanie surowców do 67 % i energii do 33 %, a produkt końcowy uzyskuje się w sposób bezpyłowy i bezodpadowy, spełniając przy tym wymogi legislacyjne UE (Błądzik, Gorący, Urbaniak 2012). Od początku działania systemu (czerwiec 2010 – październik 2011 r. recyklingowi poddano ok. 3000 t odpadów produkcyjnych, rotorów elektrowni wiatrowych, a także wyrobów przemysłu ośrodków transportu (samochodowego, lotniczego, wodnego) oraz elementów elektrycznych i elektronicznych. Obecnie firma ta przetwarza rocznie 60 tys. ton odpadów kompozytowych rocznie. Produkcja cementu zależy od dużych ilości piasku - a piasek jest głównym składnikiem szkła i włókna szklanego. Termoutwardzalna osnowa z odpadów kompozytowych może być również wykorzystywany jako źródło energii do produkcji cementu, zastępując w ten sposób wykorzystanie paliw kopalnych.

Etapy przetwarzania kompozytów: firma Fiberline wysyła odpady z włókna szklanego do firmy Zajons. W firmie Zajons włókno szklane wchodzi do młynka, gdzie jego struktura zostaje rozdrobiona oraz dodaje się innych rodzajów materiałów do recyklingu w opatentowanym procesie. Gotowa mieszanka do recyklingu jest wysyłana do Holcim. Firma ta dostarcza mieszankę do swoich pieców produkcyjnych w północnych Niemczech, które produkują gotowy cement. Oznacza to, że recykling 1000 ton kompozytów w produkcji cementu pozwala zaoszczędzić około 450 ton węgla, 200 ton kredy, 200 ton piasku i 150 ton tlenku glinu. W procesie tym nie powstają pyły, popiół ani inne produkty uboczne (Kompozyty fiberline).

Według raportu wojewódzkiego dotyczącego wytwarzania i gospodarowania odpadami, w województwie pomorskim w roku 2017 wytworzono 5 141,06 ton odpadów kompozytowych o kodzie odpadu 070213. Łącznie zebrano 1 233,84 ton opadu, zaś z sumy wytworzonych odpadów, odzyskano 1 956,48 ton materiału. Ponownie przetworzono 921,73 tony odpadu kompozytowego a 804,00 ton składowano. Porównując sumę wytworzonego odpadu do sumy zbierania, przetwórstwa, składowania oraz odzysku, otrzymano różnicę wynoszącą 224,75 ton. Zwracając uwagę dużą ilość powstających odpadów, warto zainteresować się jego recyklingiem (Raport wojewódzki dotyczący...). Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być recykling mechaniczny. Po rozdrobieniu odpadów kompozytowych do regranulatu, można go dodać do powstających nowych materiałów z tworzyw sztucznych, silikonów czy asfaltu. Powstający strumień odpadu kompozytowego w województwie pomorskim jest stały. Ułatwia to możliwości planowania i zagospodarowania tego rodzaju odpadu.

Podsumowanie

Kompozyty posiadają unikalne właściwości, co wyróżnia je w sposób znaczny spośród innych grup materiałowych. Włókna zarówno szklane, jak i węglowe, posiadają odpowiednie właściwości na ich racjonalne wykorzystanie w zróżnicowanych gałęziach przemysłu. Stale rosnąca produkcja kompozytów przyczynia się w sposób znaczny do problemów ekologicznych.

Firmy powinny segregować powstałe odpady, w celu łatwiejszej identyfikacji odpadów. W dostępnej literaturze przybývá sposobów przetwarzania odpadów kompozytowych, aczkolwiek brak jest w pełni wydajnej metody recyklingu. Spośród dostępnych metod recyklingu brak jest praktycznego zastosowania. Celowe jest utworzenie firmy w województwie pomorskim, która przetwarzałaby odpady kompozytowe.

Literatura

- Błędzki A.K., Gorący K., Urbaniak M. 2012. *Możliwości recyklingu i utylizacji materiałów polimerowych i wyrobów kompozytowych*, Polimery, 57, 9: 620-626.
- Federation Nautical Industries, <https://www.fin.fr/> (dostęp 02.03.2019).
- Główny Urząd Statystyczny. 2017. *Rocznik Statystyczny Przemysłu*.
- Kompozyty fiberline , <https://fiberline.com/> (dostęp 05.03.2019).
- Leda H. 2003, *Szklane czy węglowe włókna w kompozytach polimerowych*, Kompozyty r.3 nr 7: 209-215.
- Mayer P., Kaczmar J. 2008. *Właściwości i zastosowanie włókien węglowych i szklanych* Tworzywa sztuczne i chemia, 6: 52-26.
- Oczos K.E. 2008. *Kompozyty włókniste – właściwości, zastosowanie, obróbka użytkowa* Mechanik, 7: 579-592.
- Rajczyk M., Stachecki B. 2011. *Współczesne materiały kompozytowe wybrane kierunki rozwoju nowych technologii*, Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym.8: 202-211.
- Raport wojewódzki dotyczący wytwarzania i gospodarowania odpadami w województwie pomorskim za rok 2017, <https://www.bip.pomorskie.eu/m,134,odpady.html>

Fermentacja metanowa metodą utylizacji odpadów organicznych

Methane fermentation as method for utilization organic waste

Małgorzata Czatzkowska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk o Środowisku
Naukowe Koło Mikrobiologów Molekularnych „COCCUS”
Opiekun: dr hab. inż. Monika Harnisz, prof. UWM

Abstract

Global consumption and demand for energy are constantly growing. However, most of the resources, such as coal, natural gas and oil, are not a sustainable source of energy. During the currently critical population growth phase, more energy expenditure is required. For this reason, there is an increase in interest in renewable energy.

Biometanization is an attractive waste treatment practice in which both pollution control and energy recovery can be achieved. The aim of this review is familiarize the reader with the characteristics of the biogas production process and the microorganisms involved in the various stages of methane fermentation.

Many biodegradable organic waste can be used as a substrate for methane fermentation, and thus for the production of biogas, which reduces pressure on the environment and also reduces the amount of land used for landfilling. These are mostly waste from agricultural production (including crop residues, excess biomass, roots and leaves), waste from the agro-food industry (fruit pomace, decoctions, pulp and sludge, filtration and extraction residues) and from the slaughterhouse and meat processing.

Keywords: methane fermentation, methanogens, biogas

Biometanizacja źródłem energii odnawialnej

Energia odnawialna zyskała w ostatnich latach na znaczeniu, przede wszystkim ze względu na wciąż wzrastające ceny źródeł energii (węgiel, olej), jak również widoczne oznaki spowodowanych przez człowieka zmian klimatycznych. Biometanizacja umożliwia wytwarzanie z odpadów nośnika energii w postaci biogazu, który łatwo można przetworzyć na innego rodzaju użytkowe formy energii (Lebiocka i Pawłowski 2009). Biogaz, otrzymywany w wyniku fermentacji metanowej, może zostać wykorzystany do pozyskiwania energii cieplnej (dostarczanie ciepłej wody użytkowej na potrzeby produkcyjne i gospodarskie, ogrzewanie pomieszczeń), a także w celu produkcji energii elektrycznej, zasilania silników spalinowych oraz wytwarzania biowodoru z przeznaczeniem do ogniw paliwowych (Guo i in. 2010). Oznacza to również realizację celów, takich jak spowolnienie wyczerpywania paliw kopalnych, a także zmniejszenie powierzchni ziemi, przeznaczanej jest na składowanie odpadów (Lebiocka i Pawłowski 2009).

Miejsce i metoda produkcji biogazu ma istotny wpływ na jego jakość i ilość. Biogaz, pochodzący z różnych źródeł, może charakteryzować się różną zawartością metanu, a co za tym idzie - różną wartością parametrów energetycznych oraz zawartością zanieczyszczeń. Wykazano, że biogaz pochodzący ze składowisk odpadów, charakteryzuje się dużą zmiennością zawartości metanu, natomiast biogaz produkowany w komorach fermentacyjnych, zlokalizowanych w oczyszczalni ścieków, jak i biogaz rolniczy, charakteryzuje się większą stabilnością (Holewa i in. 2013).

Biogaz może być alternatywą dla jednego z najbardziej popularnych obecnie paliw kopalnych - gazu ziemnego. Gaz ziemny znajduje szerokie zastosowanie jako paliwo, a metan w nim zawarty, jest bardzo cennym substratem. Gaz ziemny wykorzystywany jest do generowania energii elektrycznej oraz ciepłej. Ponadto, sprężony gaz ziemny może być wykorzystywany jako paliwo samochodowe. Zastąpienie naturalnego paliwa kopalnego odnawialnym, może korzystnie wpłynąć na środowisko. Może również stanowić istotny element dywersyfikacji źródeł energii (Holewa i in. 2013).

Podstawowa korzyść, wynikająca z zastosowania biometanu jako paliwa, to przede wszystkim walory środowiskowe. Spalaniu biometanu towarzyszy ograniczona emisja zanieczyszczeń, w tym tlenków azotu, tlenku węgla, a przede wszystkim stałych cząstek. Pojazdy zasilane biometanem bez problemu spełniają wymagania w zakresie zanieczyszczeń. Jest to szczególnie znaczące w przypadku ruchu w miastach, w których istnieje zagrożenie powstawania smogu. Ponadto, biogaz jest paliwem odnawialnym: emitowany dwutlenek węgla został wcześniej pobrany ze środowiska. Kolejnym istotnym aspektem dotyczącym wykorzystania biometanu, jest możliwość jego produkcji z różnego rodzaju substratów. Są to przede wszystkim odpady, także te trudne do zagospodarowania (Pomykała i Łyko 2013). Do korzyści natury ekologicznej, wynikających z fermentacji metanowej, zalicza się także możliwość wykorzystania przefermentowanego substratu do nawożenia terenów uprawnych, zmniejszenie zanieczyszczeń wód związkami azotu, wynikające z przemiany w azotu organicznego obecnego w substracie w formy nieorganiczne, lepiej przyswajalne przez rośliny uprawne, a także zmniejszenie emisji odorów oraz potencjału do denitryfikacji na terenach stosowania uzyskanego nawozu (Thomsen i in. 2010). Uzyskany w procesie fermentacji metanowej nawóz organiczny, jest wolny od zdolnych do kiełkowania nasion chwastów oraz mikroorganizmów chorobotwórczych (Pawlak 2013).

Substraty fermentacji metanowej

Proces fermentacji metanowej rozpatrywany jest jako technika efektywnego zagospodarowania różnego typu odpadów. Są to najczęściej odpady pochodzące z produkcji rolniczej (m. in. pozostałości po zbiorze, nadmiar biomasy, korzenie i liście), odpady przemysłu rolno-spożywczego (wytloki owocowe, wywary, pulpy i osady, pozostałości po filtracji i ekstrakcji) oraz z ubojni i przetwórstwa mięsnego (Ledakowicz i Krzystek 2005). Innymi substratami nadającymi się do procesu fermentacji metanowej, są osady ściekowe i odpady komunalne, a także celowo hodowane rośliny energetyczne (kukurydza, amarantus, sorgo, rzepak, burak cukrowy i pastewny i inne) (Marszałek in. 2011). Substratem do fermentacji metanowej może być też frakcja glicerynowa, powstająca w trakcie produkcji biodiesla z olejów roślinnych (Szewczyk i Nowakowski 2009).

Hodowla zwierząt gospodarskich wiąże się z powstawaniem produktów ubocznych, które oddziałują na środowisko naturalne w różnym stopniu. Produkty te również mogą stanowić substrat do fermentacji metanowej. W zależności od tego, czy system hodowli jest ściółkowy czy bezściółkowy, powstawać mogą różnego rodzaju produkty. W systemie ściółkowym powstaje obornik, czyli stały produkt uboczny, a także płynna gnojówka. Z kolei w systemie bezściółkowym powstaje natomiast gnojowica, płynna lub półpłynna, która stanowi mieszaninę wody, kału, moczu oraz resztek paszy (Bohdziewicz i Kuglarz 2009). Główny surowiec do produkcji metanu, dostępny na świecie w dużej ilości, niewątpliwie stanowi właśnie gnojowica. Jednak w przeciwieństwie do większości organicznych odpadów sortowanych z gospodarstw domowych lub odpadów przemysłowych, w przypadku których ok. 80% masy organicznej ulega przemianie w biogaz, w gnojowicy i osadach ściekowych jest to już tylko 50%. Dlatego też łączenie różnego rodzaju odpadów umożliwia otrzymanie większej wydajności produkcji biogazu (Hartman i in. 2001). Kontrolowana fermentacja metanowa jest rozsądnym rozwiązaniem dla zagospodarowania odpadów, ze względu na ochronę gleby, wód oraz powietrza atmosferycznego. Pozwala również na ustabilizowanego nawozu organicznego oraz uzyskanie energii odnawialnej (Bohdziewicz i Kuglarz 2009).

Biogazownie

Fermentacja metanowa jest procesem, którego rozwiązania techniczne muszą uwzględniać fakt, że: (a) degradacji może ulegać jedynie frakcja organiczna, (b) z natury procesu biologicznego wynikają ograniczenia: temperatury procesu, pH, składu substratu, obecności substancji toksycznych, (c) proces beztlenowy wymaga zamkniętego zbiornika

(reaktora), (d) produkt (biogaz) obok metanu i ditlenku węgla, zawiera inne składniki (Ledakowicz i Krzystek 2005).

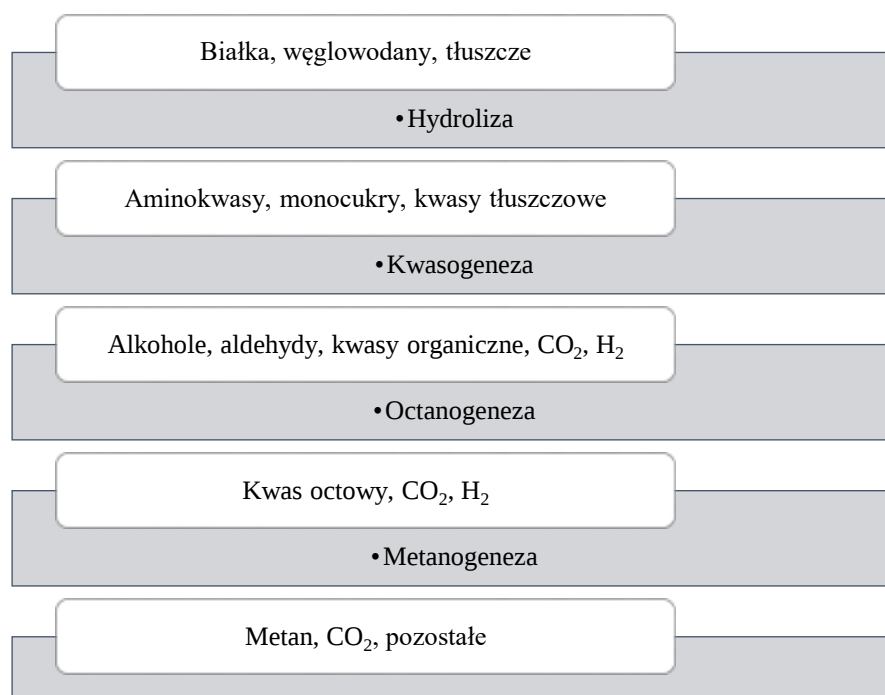
Najwięcej istniejących obecnie na świecie instalacji (ponad 10 000) dotyczy przerobu osadów ściekowych przy oczyszczalniach ścieków. W tych rozwiązaniach główny cel stanowi stabilizacja osadów, a produkowany biogaz jest zwykle mniej ważny. W niektórych dużych oczyszczalniach ścieków, biogaz jest wykorzystywany do produkcji elektryczności. Tradycyjne, małe biogazownie, poddające przeróbce gnojowicę pochodzącą z gospodarstw rolnych, stosowane są od wielu lat przede wszystkim w Indiach i Chinach. Ich liczba jest szacowana na ok. 8 mln, jednak wysokosprawne i nowoczesne instalacje to około 800 obiektów. Instalacje fermentacji metanowej stosowane do oczyszczania ścieków przemysłu spożywczego to ok. 1000 nowoczesnych obiektów na świecie (44% w Europie, 14% w Północnej Ameryce) (Wheeler 2001).

Instalacje i urządzenia do składowania, przetwarzania i dozowania substratów fermentacji metanowej, odgrywają w biogazowniach bardzo istotną rolę. Ich odpowiednia eksploatacja i właściwy dobór umożliwiają: (I) zminimalizowanie strat produkcji biogazu z zastosowanych substratów, (II) przyspieszenie reakcji fermentacji zachodzącej w komorach, (III) uniknięcie emisji odorów, (IV) zminimalizowanie przestojów technologicznych (m. in. na skutek zapchania rurociągów, uszkodzenia pomp, problemów z wymieszaniem substratu w komorach fermentacji), (V) bardziej efektywne wykorzystanie pojemności komór fermentacji, (VI) nieprzerwaną, stałą i wysokojakościową produkcję biogazu, (VII) zachowanie wysokich standardów bezpieczeństwa przy stosowaniu substratów podwyższonego ryzyka (Kujawski 2009).

Proces fermentacji metanowej

Fermentacja metanowa wymaga aktywności różnorodnych populacji mikroorganizmów, odpowiedzialnych za przebieg jej poszczególnych faz (Angelidaki i Sanders 2004). W kontekście przemian substancji organicznej wyróżnia się następujące fazy biodegradacji (Rys. 1): (I) hydroliza, podczas której złożone związki organiczne, takie jak węglowodory, białka i tłuszcze, ulegają przemianom hydrolitycznym przy katalitycznym udziale enzymów.

Rysunek 1. Przebieg fermentacji metanowej



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Czerwińska, Kalinowska 2012.

W wyniku tych procesów otrzymywane są głównie cukry proste, wyższe kwasy tłuszczowe, glicerol oraz aminokwasy; (II) fermentacja kwaśna, w której bakterie acidogenne przetwarzają produkty hydrolizy do kwasów organicznych (mrówkowego, octowego, propionowego, masłowego), alkoholi (metanolu, etanolu), wodoru i dwutlenku węgla (Lebiocka i Pawłowski 2009). Dwa pierwsze etapy prowadzone są przez bakterie z rodzaju *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Clostridium* sp., *Bifidobacterium* sp., a w mniejszym stopniu również *Streptococcus* sp. oraz *Enterobacterium* sp.; (III) acetogeneza, w wyniku której bakterie acetogenne (tj. *Syntrophomonas* sp., *Syntrophobacter* sp.), produkują m.in. kwas octowy. W fazie tej następuje dalszy rozkład kwasów organicznych, kwasów tłuszczowych i alkoholi, co skutkuje uwalnianiem wodoru. Podczas octanogenezy zachodzi rozkład wyższych kwasów do kwasu octowego, dwutlenku węgla i wodoru. Pod względem termodynamicznym jest to jeden z najtrudniejszych etapów. Wymagana jest tu bowiem syntrofia octanogenów z metanogenami, czyli współżycie organizmów, podczas gdy jeden produkuje, a drugi konsumuje wodór (Czerwińska i Kalinowska 2012); (IV) metanogeneza, w której mikroorganizmy metanogenne przetwarzają w warunkach beztlenowych produkty poprzednich faz, z wydzieleniem metanu, ditlenku węgla i wody (Lebiocka i Pawłowski 2009).

Istotą biometanizacji są mikroorganizmy syntetyzujące metan, aktywne w ostatniej, IV fazie procesu. Metanogeny zalicza się do odrębnego królestwa organizmów żywych-

Archaea. Drobnoustroje z domeny Archaea (archeony), tworzą odrębną grupę organizmów żywych, które charakteryzuje odmienna droga ewolucyjna w porównaniu do bakterii właściwych (Graham i in. 2000). Mikroorganizmy te izolowane są z różnorodnych środowisk, przy czym bardzo często są to środowiska wyjątkowo ekstremalne. Archeony wchodzą w skład typowej mikrobioty oceanów, mórz, jezior oraz gleb. Królestwo to charakteryzuje się dużym udziałem termofilów i hipertermofilów, izolowanych z gorących źródeł i położonych na dnie oceanów kominów hydrotermalnych. Inne archeony, to przedstawiciele typowych psychrofili i psychrotrofów, izolowanych z wód i gleb w temperaturach bliskich 0°C. Wśród archeonów wyróżnić można również mikroorganizmy halofilne, rozwijające się w warunkach wyjątkowo dużego zasolenia, a także w środowiskach o ekstremalnie wysokim lub niskim pH (alkalofile i acidofile). Archeony metanogenne izolowane są głównie z osadów dennych zbiorników wodnych, torfowisk, bagien i z kopalni (Chabani in. 2006). Są one także składnikiem mikrobiomu wielu zwierząt i człowieka. Metanogeny kolonizują szczególnie przewód pokarmowy, w tym jelito grube (Dridi i in. 2011).

Archebakterie mogą produkować metan trzema drogami, różniącymi się rodzajem substratu węglowego i źródłem potencjału redukcyjnego. Wśród metanogennych Archaea najbardziej rozpowszechniony jest szlak hydrogenotrofowy, polegający na redukcji ditlenku węgla, przy udziale wodoru jako donora elektronów. Obejmuje on siedem etapów, które prowadzą do powstania metanu. Również mrówczan może zostać wykorzystany na tym szlaku, stanowiąc jednocześnie źródło węgla i elektronów. Dwie pozostałe drogi metanogenezy to szlak octanowy i metylotrofowy, które obecne są wśród przedstawicieli rzędu *Methanosarcinales*. Uważa się, że ewolucyjnie pierwotną grupę Archaea stanowią hydrogenotrofowe metanogeny. Świadczy o tym występowanie genów, które odpowiadają za produkcję metanu u wszystkich gatunków, w prawie niezmienionej formie (Baptiste i in. 2005). Archebakterie stanowią niezwykle złożoną, a przez to wyjątkowo interesującą grupę mikroorganizmów, zarówno ze względu na ich zdolność do zasiedlania rozmaitych środowisk (także ekstremalnych), jak również z powodu specyficznej budowy i metabolizmu (Wojtatowicz i in. 2014).

Podsumowanie

Fermentacja metanowa stanowi wydajną metodę przetwarzania odpadów organicznych, która umożliwia nie tylko zmniejszenie ich objętości, ale także generowanie energii odnawialnej w postaci biogazu. Proces fermentacji metanowej ma korzystny wpływ na stan środowiska naturalnego. Produkcja biogazu jest z kolei korzystna z punktu widzenia gospodarki energetycznej. Z odnawialnego źródła, zostaje bowiem wytworzony nośnik energii,

stanowiący substytut dla paliw pochodzących z zasobów kopalnych. Produkcja biogazu umożliwia także lepsze wykorzystanie produktów ubocznych rolnictwa oraz uzyskanie nawozu wolnego od zdolnych do kiełkowania nasion chwastów i mikroorganizmów chorobotwórczych. Obecny poziom możliwości technicznych, umożliwia najbardziej racjonalny sposób ich przetworzenia - na drodze fermentacji metanowej.

Literatura

- Angelidaki I., Sanders W. 2004. *Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants*. Rev Environ Sci Bio 3 (2): 117-129.
- Baptiste E., Brochier C., Boucher A.Y. 2005. *Higher-level classification of the Archaea: evolution of methanogenesis and methanogens*. Archaea, 1: 353-363.
- Bohdziewicz J., Kuglarz M. 2009. *Produkty uboczne produkcji zwierzęcej jako źródło energii odnawialnej*. Proceedings of ECOpole, 3 (2): 421-425.
- Chaban B., Ng S.Y., Jarrell K.F. 2006. *Archaeal habitats - from the extreme to the ordinary*. Can. J. Microbiol., 206 (52): 73-116.
- Czerwińska E., Kalinowska K. 2012. *Warunki prowadzenia procesu fermentacji metanowej w biogazowni*. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2: 12-14.
- Dridi B., Raoult D., Drancourt M. 2011. *Archaea as emerging organisms in complex human microbiomes*. Anaerobe, 17: 56-63.
- Kujawski O. 2009. *Przegląd technologii produkcji biogazu, cz. I*. Czysta Energia, 12.
- Lebiocka M., Pawłowski A. 2009. *Biometanizacja metodą zrównoważonej utylizacji odpadów*. Rocznik Ochrony Środowiska, 11 (2): 1257-1266.
- Ledakowicz S., Krzystek L. 2005. *Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego*. Biotechnologia, 3 (70): 165-183.
- Graham D.E., Overbeek R., Olsen G.J., Woese C.R. 2000. *An archaeal genomic signature*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 97: 3304-3308.
- Guo X., Trably E., Latrille E., Carrère H., Steyer J.-F. 2010. *Hydrogen production from agricultural waste by dark fermentation: A review*. Int. J. Hydrog. Energy, 35 (19): 10660-10673.
- Hartmann H., Angelidaki I., Ahring B. K. 2001. *Proceedings from 9th World Congress of Anaerobic Digestion (2-6.09.), Antwerpen – Belgium*: 301-309.
- Holewa J., Król A., Kukulska-Zajac E. 2013. *Biogas as an alternative to natural gas*. Chemik, 67 (11): 1073-1078.
- Marszałek M., Banach M., Kowalski Z. 2011. *Utylizacja gnojowicy na drodze fermentacji metanowej i tlenowej - produkcja biogazu i kompostu*. Czasopismo Techniczne. Chemia., 108 (2-Ch): 143-158.
- Pawlak J. 2013. *Biogaz z rolnictwa – korzyści i bariery*. Problemy inżynierii rolniczej, 3 (81): 99-108.
- Pomykała R., Łyko P. 2013. *Biogaz z odpadów (bio)paliwem dla transportu – bariery i perspektywy*. Chemik, 67 (5): 454-461.

- Szewczyk K. W., Nowakowski T. 2009. *Mikrobiologiczne wytwarzanie wodoru z glicerolu*. Inż. Ap. Chem., 48 (3): 113-114.
- Thomsen I., Pedersen A., Nyord T., Petersen S. 2010. *Effects of slurry pre-treatment and application on short-term N₂O emissions as determined by a new non-linear Approach*. Agr Ecosyst Environ, 136 (3-4): 227–235.
- Wheeler P. 2001. *Commercial and strategic perspectives for anaerobic digestion*. Project finance, International Directory of Solid Waste Management, The ISWA Yearbook.
- Wojtatowicz M., Żarowska B., Połomska X., Milewska M. 2014. *Osobliwe cechy budowy i metabolizmu archebakterii*. Acta Sci. Pol. Biotechnol., 13 (1): 21-40.

Wpływ warunków technologicznych oczyszczania odcieków składowiskowych w reaktorach SBR na mikroorganizmy osadu czynnego

The impact of technological conditions for the treatment of landfill leachate in SBR reactors on activated sludge microorganisms

Paulina Setlak
Klaudia Brak

Uniwersytet Rzeszowski,
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Studenckie Koło Naukowe Zrównoważonego Rozwoju
Koło Naukowe Przyrodników
Opiekun: dr inż. Łukasz Jurczyk

Abstract

Landfilling is still the dominant form of disposal, but it is associated with numerous threats to the surrounding environment. One of them is leachate, which creates when rainwater infiltrates a deposit of stored waste and washes out dissolved organic and mineral substances. This type of sewage, in accordance with the Polish law, should be recognized and purified. Among the many methods of neutralizing leachate, modified biological methods of household wastewater treatment are economically justified. The effluents, however, have a high concentration of ammonium nitrogen and a low content of organic substances, as well as a content of a number of toxic substances.

The aim of the work is to present the influence of technological conditions for the treatment of landfill leachate in SBR reactors on activated sludge microorganisms.

The biological method, which is purification with the help of activated sludge, consists in the cultivation of microorganism assemblies in biological reactors under changing oxygen conditions. The literature review shows that nitrification and denitrification can be carried out in a single reactor under anaerobic-oxygen conditions, which is called simultaneous nitrification and denitrification (SND). During leaching of biological effluents in activated sludge there are representatives of three groups (or a combination of them) of nitrifying bacteria: Amino Acid Oxidation (AOB), Nitrogen (III) Nitrogen (NOB) and Anaerobic Oxidation of Ammonium Nitrogen (ANAMMOX or AnAOB). The microorganisms of the activated sludge are influenced first of all by the temperature of the process, the pH prevailing in the reactor, and above all the concentration of free ammonia (FAN), which inhibits the development of both phase I and II nitrification bacteria.

The method of this study is a literature review of popular and available technologies for the disposal of landfill leachates using biological reactors working with activated sludge.

Keywords: activated sludge, landfill leachate, nitrification, denitrification, biological methods.

Wstęp

Ilość odpadów produkowanych w Polsce rośnie z każdym rokiem. Wg danych GUS (2018) w 2017 r. zebranych zostało 11 968,7 tys. ton odpadów komunalnych i odnotowano

wzrost o 2,7% (w porównaniu z 2016 r.). W przeliczeniu na jednego mieszkańca Polski, przypadało więc średnio 312 kg zebranych odpadów komunalnych. W porównaniu z rokiem 2016, ilość odpadów komunalnych wytworzonych przypadających na jednego mieszkańca wzrosła o 9 kg. W roku 2017 na składowiska skierowanych zostało 4999,7 tys. ton odpadów, a więc 41,8% wszystkich wytworzonych odpadów komunalnych (GUS 2018). Taka ilość odpadów, nawet na prawidłowo zaprojektowanych i prowadzonych składowiskach, stwarza ryzyko dla środowiska. Głównym problemem na składowiskach generującym największe zagrożenie dla środowiska są odcieki. Odcieki składowiskowe to ścieki, które powstały podczas przesiąkania wód pochodzących z opadów atmosferycznych w głąb składowanych odpadów. Jest to mieszanina zawieszin i związków chemicznych, które charakteryzują się właściwościami redukcyjnymi i wysokim zapotrzebowaniem fizycznym i chemicznym na tlen (BZT_5 i $ChZT$) (Surmacz-Górska 2000).

Oczyszczanie odcieków składowiskowych jest istotnym procesem warunkującym ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powierzchniowych i podziemnych wód gruntowych. Są najdłużej „produkowanym” przez składowisko zanieczyszczeniem, ponieważ podczas pracy, jak również po jego zamknięciu i w okresie rekultywacji, odcieki cały czas są wytwarzane (Surmacz-Górska 2000). Unieszkodliwianie odcieków jest procesem trudnym, ponieważ ich ilość i skład waha się w ciągu roku. Czas eksploatacji składowiska również ma duże znaczenie na jakość i skład powstającego odcieku. Wraz z upływem czasu, w odciekach można zanotować spadek zawartości substancji organicznych łatwo rozkładalnych (BZT_5) i trudno rozkładalnych ($ChZT$) oraz zmniejsza się ich stosunek ilościowy ($BZT_5/ChZT$), co wiąże się ze zmniejszeniem udziału kwasów lotnych i innych małowczątkowych związków organicznych w ogólnej puli związków organicznych (Kulikowska 2009). Istotnym składnikiem odcieku jest zawarty w nim azot, który ma negatywny wpływ na wody powierzchniowe i podziemne. Zbyt duża ilość azotu amonowego, może wywoływać obniżenie się stężenia rozpuszczonego tlenu w wodach powierzchniowych poprzez wysokie zużycie tlenu w czasie jego utleniania a to w następstwie powoduje zaburzenie biocenozy wód oraz zatrzymanie się procesów tlenowych. Wprowadzenie zbyt wysokiego stężenia azotu amonowego, może powodować eutrofizację oraz zakwaszanie wód. Zakwaszone zbiorniki to bardzo dobre siedlisko dla rozwoju glonów, co może wpływać na zdrowie ludzi, którzy korzystają z zasobów wody tego zbiornika (Majtacz 2016). Stosunek N/C w odcieku również jest istotny ponieważ, aby proces denitryfikacji zachodził prawidłowo, wymagana jest obecność węgla organicznego w odcieku.

Metodyka

Ponieważ gospodarowanie odpadami w Polsce polega na unieszkodliwianiu ich poprzez składowanie, poznanie metod i warunków technologicznych oczyszczania odcieków składowiskowych jest bardzo ważne. Celem tego opracowania jest przegląd popularnych i dostępnych technologii unieszkodliwiania odcieków składowiskowych, przy użyciu reaktorów biologicznych pracujących z osadem czynnym. Praca ma charakter teoretyczny, a metodyka opierała się na studium literatury przedmiotowej dotyczącej problematyki oczyszczania metodami biologicznymi specyficznych ścieków, jakimi są odcieki ze składowisk odpadów komunalnych.

Dyskusja

Ze względu na złożoność i zmienny skład odcieków (Tab. 1), nie ma jednego, unikatowego sposobu ich oczyszczania. Odcieki pochodzące z młodych składowisk, możemy oczyszczać metodami biologicznymi, do odcieków pochodzących ze składowisk eksploatowanych 10 i więcej lat, stosuje się metody fizyko-chemiczne. Jednak z powodów ekonomicznych i eksploatacyjnych, podejmuje się próby oczyszczania odcieków w reaktorach biologicznych, niezależnie od wieku hałdy z której pochodzą.

Tabela 1. Zakres stężeń zanieczyszczeń w mg/dm³ w typowych odciekach starego i nowego składowiska

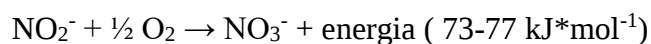
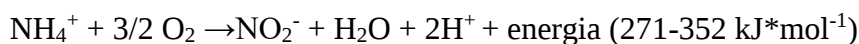
Parametr	Składowiska odpadów komunalnych (stare)	Składowiska odpadów komunalnych (nowe)	Wybrane najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń
BZT ₅ [mgO ₂ /dm ³]	100 - 200	2000 - 30000	25
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	100 – 500	3000 – 60000	250
Azot amonowy [mgN _{NH⁺4} /dm ³]	20 -40	10-800	10
Fosfor ogólny [mgP/dm ³]	5-10	5-100	10
pH	6,6-7,5	4,5-7,5	6,5-9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Oleszkiewicz 1999.

Tradycyjnie, azot z odcieków możemy usunąć w procesie nitryfikacji i denitryfikacji. Jednak w ostatnich latach, ze względu na niekorzystny skład odcieków, prowadzone są badania nad oczyszczaniem ich w reaktorach pracujących w różnych warunkach technologicznych. Pozwala to na uaktywnienie poszczególnych grup mikroorganizmów w osadzie czynnym, a co za tym idzie, sterowanie procesem oczyszczania w celu jak najskuteczniejszego oczyszczenia

odcieków. Do metod najszerzej opisywanych w literaturze, możemy zaliczyć ANAMMOX, SHARON, CANON oraz OLAND.

Nitryfikacja jest procesem utleniania amoniaku do azotanów (V), co jest głównym procesem usuwania amoniaku z odcieku (Park i Clowley 2005). Jest to dwuetapowy proces, w którym NH_3 zmienia się w NO_3^- poprzez NO_2^- . Proces ten jest wywołany przez bakterie utleniające amoniak (AOB) oraz azotyny (NOB). Do bakterii należących do AOB możemy zaliczyć rodzaje: *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, natomiast NOB to: *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospina*. (Park i Clowley 2005). Proces nitryfikacji zachodzi dwuetapowo: Pierwsza faza to utlenianie amoniaku do azotynów, druga – azotynów do azotanów, co przedstawiają równania reakcji (Majczak 2016).



Wzrost bakterii nitryfikacyjnych może być ograniczony przez czynniki takie jak: temperatura, pH, ilość tlenu w odcieku czy substancje toksyczne. Bakterie nitryfikacyjne najlepsze warunki do wzrostu posiadają w temperaturze 15- 40°C. (Makuch 2009). Obniżenie temperatury już do 12°C, może spowodować spowolnienie procesów metabolicznych oraz dzielenia się bakterii, co przy temperaturze 5°C ustaje zupełnie (Beńko 2004). Równie istotnym czynnikiem jest odczyn pH.. Proces nitryfikacji ma związek ze stężeniem azotu amonowego i jego optimum wynosi 7,5 – 8,5, jednak jeżeli odczyn jest niższy, ale utrzymuje się na stałym poziomie, mikroorganizmy mogą się do niego zaadaptować a proces nitryfikacji będzie przebiegał z taką samą prędkością, jak przy optymalnym pH. pH i temperatura mają znaczenie w przypadku wykorzystania tlenu. Rozpuszczenie tlenu w komorze napowietrzania jest optymalne, gdy wynosi 2mg/dm³. Spadek stężenia tlenu do wartości niższych, niż 0,8 mg/dm³ powoduje spowolnienie procesu, a przy osiągnięciu wartości 0,2 mg/dm³ proces nitryfikacji zanika (Schegel 1996).

Denitryfikacja jest procesem redukującym utlenione związki azotu (azotany (III) i (V)) do gazowych związków azotu (Schmidt i in. 2003). Podczas oczyszczania odcieków, istotne jest to, by zachodziła denitryfikacja całkowita, ponieważ prowadzi ona do powstania azotu gazowego, który zważając na fakt, że skład powietrza to w 78% azot, nie jest szkodliwe. Jeżeli proces denitryfikacji zachodzi częściowo, prowadzi on do powstawania produktów pośrednich, co przedstawiono w równaniu (Bąk 2012).



Denitryfikacja przeprowadzana jest przez bakterie chemoorganotroficzne, ligoautotroficzne i fototroficzne, czyli fakultatywne beztlenowce, posiadające zdolność syntezy odpowiednich enzymów i pobierania tlenu a gdy tych czynników zabraknie, także azotany i azotyny (Schmidt 2003, Kowal 1997).

Czynnikiem wpływającym na denitryfikację jest temperatura. Proces denitryfikacji przebiega najszybciej w temperaturze 20°C, a jej wzrost nie przyspiesza procesu. Przy temperaturze 5°C, szybkość zachodzenia procesu jest o 20% wolniejszy od szybkości procesu przy 20°C (Sadecka 2010). Optymalne pH dla procesu denitryfikacji wynosi od 6,5 do 7,5 a każda wartość poniżej 6 oraz powyżej 8, powoduje znaczne zahamowanie procesu (Sadecka 2011). Z podanych wcześniej danych na temat bakterii przeprowadzających proces wynika, że tlen jest istotnym czynnikiem w procesie denitryfikacji. Natlenienie odcieku wpływa na szybkość procesu denitryfikacji, a zbyt duża jego ilość, działa na nie inhibicyjnie, spadek szybkości denitryfikacji o 50, co jest 10% prędkością wartości początkowej i występuje przy wzroście stężenia tlenu z 0,2g O₂/m³ do 2g O₂/m³ (Beńko 2004).

Szczególnym przypadkiem denitryfikacji jest tzw. denitryfikacja symultaniczna, która zachodzi w dwóch przypadkach. Pierwszą możliwością zachodzenia procesu denitryfikacji symultanicznej, jest okresowe lub ciągle występowanie stref niedotlenienia w komorach napowietrzających, co wynika z konstrukcji lub prowadzonej metody oczyszczania.

Innym przypadkiem występowania tego procesu jest sytuacja, w której to kłaczki osadu czynnego, mają odpowiednią budowę i strukturę, przez co część bakterii ma utrudniony dostęp do wolnego tlenu, co powoduje że muszą wykorzystywać tlen zawarty w azotanach, by przeprowadzać metabolizm związków organicznych i jednocześnie przeprowadzać rozkład azotanów. W ten sposób można uzyskać redukcję azotu ogólnego na poziomie 50%. Czynnikiem warunkującym prędkość zachodzenia procesu jest rodzaj źródła węgla dostępnego dla bakterii denitryfikacyjnych. Węgiel endogeny, pochodzący z komórek bakterii osadu czynnego powoduje, że proces ten zachodzi najwolniej, natomiast jego prędkość jest znacznie większa, gdy wykorzystuje się metanol. Wg Gozdka (2005), minimalny stosunek azotu ogólnego do BZT₅ zawartego w ściekach, powinien wynosić 0,2.

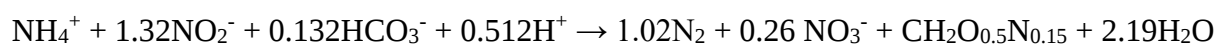
Proces nazywany SHARON (Single reactor system for High Removal Over Nitrite process) jest modyfikacją nitryfikacji (nitryfikacja autotroficzna) i denitryfikacji (denitryfikacja heterotroficzna). Proces ten pełni istotną rolę w oczyszczaniu odcieków o wysokiej zawartości ChZT oraz o wysokich stężeniach azotu amonowego. Dzięki zastosowaniu przerywanego napowietrzania, zarówno denitryfikacja, jak i nitryfikacja, zachodzą w jednym reaktorze (Miksch i Sikora 2010). W procesie nitryfikacji wykorzystano bakterie z rodzaju *Nitrosomonas*,

by przekształcić jony amonowe w azotyny. Następnym etapem procesu jest ich zredukowanie do azotu gazowego w warunkach anoksycznych (Makuch 2009). Aby usunąć cały azot, proces ten łączony jest z procesem denitryfikacji, jednak w tym przypadku konieczne jest dozowanie dodatkowego węgla organicznego. Skuteczność usunięcia azotu sięga 90% przy obciążeniu substratowym reaktora na poziomie 0,5-1,5 kg N/m³ (Janosz-Rajczyk 2004).

Czynniki wpływające na proces SHARON, odpowiadają warunkom nitryfikacji i denitryfikacji, ale najważniejszym jest temperatura. Proces zachodzi w temperaturze 30-40°C. W tej temperaturze wzrastają tylko bakterie I fazy nitryfikacji. Szybkość wzrostu bakterii utleniających azot amonowy, jest większa niż bakterii utleniających azotyny, czyli bakterii II fazy nitryfikacji (Miksch i Sikora 2010). W układzie SHARON, stabilność procesu jest zazwyczaj osiągana poprzez utrzymywanie wysokiej temperatury 35°C przy odczynie (pH) powyżej 7. W takich warunkach, bakterie utleniające azot azotanowy (III), wykazują niższe tempo wzrostu, w porównaniu z utleniającymi azot amonowy (Hellinga i in. 1998).

Obecnie uważa się, że w reaktorach z pełnym wymieszaniem, utrzymanie krótkiego czasu zatrzymania (np. jeden dzień) i wysokiej temperatury (30 – 40°C), sprzyja częściowej nitryfikacji, ponieważ prowadzi do wymywania populacji *Nitrospira sp.* z reaktora. Z punktu widzenia rozwoju *Nitrospira sp.*, niekorzystnie działa małe stężenie rozpuszczonego tlenu (niższe niż 0,4 mg/dm³) i wysokie – azotu amonowego (Schmidt i in. 2003). Modyfikacje procesu SHARON, w kierunku zwiększenia stabilności procesu, polegają na zaniechaniu recyrkulacji osadu. Dzięki temu, zamiast czasu zatrzymania ścieków, kontrolowany jest wiek osadu, który powinien być wystarczająco długi, aby zapewnić właściwe namnażanie *Nitrosomonas sp.* w komorze osadu czynnego, ale wystarczająco krótki, ażeby uzyskać całkowite wymycie populacji *Nitrospira sp.* z reaktora (Schmidt i in. 2000).

ANAMMOX (Anaerobic Ammonia Oxidation) jest procesem utleniania amoniaku w warunkach beztlenowych. Proces ten jest przeprowadzany przez samożywne bakterie, dzięki czemu nie jest konieczne dostarczanie źródła węgla. (Ankua i Guoping 2008). ANAMMOX jest uważany za wysoko efektywny proces przy wykorzystaniu niewielkich kosztów. W warunkach beztlenowych, amoniak zostaje utleniony przez azotyny do gazowego azotu i niewielkiej ilości azotanu, co przedstawiono w równaniu (Miao i in. 2019).



Mikroorganizmy prowadzące ANAMMOX zidentyfikowano jako grupę *Planctomyceatales* (Sadecka 2010). Możemy do niej zaliczyć *Brocadia anammoxidans* i *Kuenenia stuttgartiensis*. Bakterie ANAMMOX w oczyszczalniach ścieków wykazują

aktywność w temperaturze 20-43°C, jednak optymalną temperaturą dla procesu jest 37°C (Miksch i Sikora 2010). Odczyn pH pełni ważną rolę dla całego procesu ANAMMOX. Zakres odczynu pH procesu, to 6,7-8,3. Odczyn determinuje stężenie wolnego amoniaku (FAN), co ma znaczenie dla całego procesu, gdyż FAN działa hamująco na ANAMMOX. Niskie pH obniża poziom FAN, co zwiększa szybkość zachodzenia procesu (Miao i in. 2019). Jednakże, istnieje sugestia, że FAN nie ma wpływu na proces, w porównaniu do odczynu pH, gdyż wysokie pH może wpływać na ruch protonów oraz inne metaboliczne procesy, zależne od różnych pH, takich jak produkcja energii (Carvajal-Arroyo 2014). Proces ANAMMOX zachodzi w warunkach beztlenowych, dlatego zawartość tlenu w roztworze powinna wynosić mniej niż 1 mM. Istotne jest również stężenie amonu i azotynów. Mikroorganizmy z grupy *Planctomycetales*, wykazują największy wzrost na podłożach lub ściekach, gdzie stężenie amonu wynosi 5-30 mM a azotynu 5-35 mM. Ponieważ końcowym produktem procesu SHARON jest w 90% azot azotanowy (III) i 10% azot azotanowy (V), do całkowitego usunięcia azotu ze ścieków, jako drugi stopień poleca się metodę ANAMMOX.

Proces ANAMMOX odkryli Mulder i in. (1995). Autorzy badali beztlenowe utlenianie azotu amonowego, w obecności azotu azotanowego (V) w skali laboratoryjnej w beztlenowym reaktorze fluidalnym. Późniejsze badania van de Graaf i in. (1995) oraz Bock i in. (1995) dowiodły, że raczej azot azotanowy (III), a nie azotanowy (V) jest preferencyjnie wykorzystywany jako akceptor elektronów. Obecnie przyjmuje się, że ANAMMOX polega na denitryfikacji azotanów (V) lub (III) z azotem amonowym, jako donorem elektronów (Khin i Annachharte 2004). Obecnie uważa się, że *Nitrosomonas sp.* w warunkach tlenowych, może wykorzystywać ditlenek azotu jako akceptor elektronów.

Powstający tlenek azotu (NO), w warunkach tlenowych jest utleniany do NO₂ (N₂O₄), co umożliwia jego ponowne wchodzenie w szlaki metaboliczne. Schmidt i in. (2003) podają, że stechiometryczny stosunek pomiędzy stężeniem amoniaku i tlenków azotu, nie jest stały i waha się w zakresie od 1000:1 do 500:1, co oznacza, że tlenki azotu pełnią wyraźnie regulacyjną funkcję w metabolizmie *Nitrosomonas sp.*

Opisany mechanizm wyraźnie wskazuje, że *Nitrosomonas sp.* może przeprowadzać nie tylko nitryfikację (do azotanów III), ale również denitryfikację w warunkach tlenowych w obecności NO₂ i NO (Zart, Bock 1998). Zdaniem Poth i Focht (1985), przy stężeniu tlenu poniżej 0,8 mg O₂/dm³, *Nitrosomonas sp.* wykorzystuje azot azotanowy (III) jako akceptor elektronów do produkcji NO, N₂O oraz N₂. Dzięki temu, straty azotu amonowego mogą wynosić nawet 15%. Zart, Bock (1998) podają, że po wprowadzeniu tlenku azotu, bakterie utleniające azot amonowy mogą go przekształcać w gazowy N₂ ze znacznie większą (około

60%) wydajnością, a także azotany (III) w proporcji odpowiadającej około 40% utlenianego azotu amonowego. Zarówno proces ANAMMOX, jak i SHARON, mogą zachodzić w tym samym reaktorze. Na tej zasadzie opracowano procesy OLAND oraz CANON, skracające proces nityfikacji, poprzez kontrole intensywności napowietrzania (Majtach 2016).

Nazwa CANON to skrót od „Completely Autotrophic Nitrogen removal Over Nitrite”, co oznacza całkowicie autotroficzne usuwanie azotu przez azotyny. Jest to połączenie częściowej nityfikacji i procesu ANAMMOX w jednym natlenionym reaktorze (Schmidt i in. 2003). Poziom stężenia tlenu jest kontrolowany na podstawie aktywności bakterii utleniających amoniak. Usuwanie azotu sięga w tym procesie 92%, a jego szybkość $0,12 \text{ kg N/dm}^3$ dziennie (Majtach 2016). CANON znajduje zastosowanie do oczyszczania odcieków po beztlenowej fermentacji osadu.

Proces OLAND (Oxygen Limited Autothropic Nityfication – Denityfication) jest podobny do procesu CANON. Polega na stworzeniu technologii, w której w warunkach ograniczonego dostępu tlenu, zachodzi proces nityfikacji i denityfikacji, bez zasilania węglem organicznym. (Beńko 2004). Proces ten nie produkuje jonów azotanowych. Produktem końcowym procesu jest jedynie N_2 . W porównaniu z procesami nityfikacji i denityfikacji, zużycie tlenu jest mniejsze o ok 62% (Makuch 2009), ponieważ w pojedynczym reaktorze, w którym prowadzony jest OLAND, stężenie tlenu utrzymywane jest na stosunkowo niskim poziomie, by doszło do utleniania azotu amonowego do azotynów (Janosz-Rajczyk 2009). Procesy CANON oraz OLAND potrzebują warunków zbliżonych do tych, występujących w procesach nityfikacji i denityfikacji, gdyż działają na podobnej zasadzie.

Podsumowanie

Ocieki składowiskowe są ściekami trudnymi do oczyszczania. Do unieszkodliwiania odcieków pochodzących z młodych składowisk, proponuje się metody biologiczne, natomiast do oczyszczania odcieków ze składowisk eksploatowanych 10 i więcej lat – metody fizykochemiczne. Jednak, często na składowiskach odpadów, istnieją już instalacje do biologicznego oczyszczania odcieków. Dodatkowo, często ocieki są kierowane do gminnych oczyszczalni ścieków komunalnych, gdzie mogą zakłócać pracę reaktorów biologicznych. Dlatego tak ważne jest poznanie warunków technologicznych, wpływających na pracę osadu czynnego, takich jak stężenie tlenu rozpuszczonego czy temperatura. Pozwoli to na uzyskanie stabilniejszej pracy reaktorów biologicznych, a następnie przyczyni się do skuteczniejszego oczyszczania odcieków składowiskowych.

Literatura

- Bąk A. 2012. *Dynamika liczebności bakterii AOB w procesie oczyszczania odcieków składowiskowych z użyciem wybranych złóż*. Ochrona Środowiska. Uniwersytet Rzeszowski. Rzeszów.
- Beńko P. 2004. *Zwiększenie efektywności procesu denitryfikacji w wielofazowych reaktorach biologicznych z osadem czynnym*. Biblioteka cyfrowa Politechniki Krakowskiej. Kraków.
- Gozdek K. 2005. *Wpływ denitryfikacji symultanicznej na efektywność procesów usuwania azotu*. Gazeta Cukrownicza 10/2005: 289-293.
- GUS. 2018. *Odpady komunalne i utrzymanie czystości i porządku w gminach w 2017 roku*.
- Kowal A.L. 1997. *Odnowa wody – postawy teoretyczne procesów*. Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław.
- Kulikowska D. 2009. *Charakterystyka oraz metody usuwania zanieczyszczeń organicznych z odcieków pochodzących z ustabilizowanych składowisk odpadów komunalnych*. Ecological chemistry and engineerings Vol. 16, No.3.
- Majtacz J. 2016. *Ocena badań kinetycznych procesu usuwania azotu z odcieków w procesie nityfikacji – denitryfikacji w reaktorze typu SBR*. Seria Ochrona i Inżynieria Środowiska. Gdańsk.
- Makuch A. 2009. *Biologiczne usuwanie związków azotu az ścieków zawierających sulfonamidy*. Praca doktorska. Gdańsk.
- Oleszkiewicz J. 1999. *Eksploatacja składowisk odpadów. Poradnik decydena*. Lem Projekt, Kraków.
- Park J., Crowley D.E. 2005. *Normalization of soil DNA extraction for accurate quantification of target genes by real-time PCR and DGGE*. Bio Techniques. 38: 579-586.
- Sadecka Z. 2010. *Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków*. Wyd. Seidel-Przywecki Sp.. z o.o. Wydanie I. Warszawa.
- Sadecka Z. 2011. *Warunki procesu denitryfikacji na przykładzie oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą*. Zeszyty Naukowe nr 142 Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra.
- Schegel H.G. 1996. *Mikrobiologia ogólna*. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa. 1996: 435-440.
- Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Bock E., Fuerst J., Kuenen J.G., Jetten M.S.M., Strous M. 2003. *New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater*. FEMS Microbiology Reviews 27: 481-492.
- Surmacz-Górska J. 2000. *Usuwanie zanieczyszczeń organicznych oraz azotu z odcieków powstających w wysypiskach odpadów komunalnych*. Politechnika Śląska. Gliwice. 9-13.

Wykorzystanie UPLC do oznaczania związków bioaktywnych w materiale roślinnym

The use of UPLC for the determination of bioactive compounds in a plant material

Anna Przybylska-Balcerek

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Technologii DREWNA
Studenckie Koło Miłośników Chemii Stosowanej
Opiekun: dr hab. Kinga Drzewiecka

Abstract

The aim of this work was to present the possibility of using UPLC for qualitative and quantitative analysis of various bioactive compounds present in vegetable raw materials.

The test material consisted of cereal grain (wheat, oats, barley, rye, triticale), maize grain (yellow, pink, blue) and oilseeds (camel, oilseed rape, flax) grown under the same agrotechnical conditions in 2018.

During this study, 11 phenolic acids were identified. Analyzed compounds were extracted from plant raw materials after prior acid and alkaline hydrolysis. Qualitative and quantitative analysis was carried out with UPLC (Water Acquity) liquid chromatography with a PDA (Photodiode Array Detector) detector. For comparison, selected samples were also analyzed using HPLC with a PDA.

As a result of the conducted research, it was found that with UPLC-PDA a perfect separation of the tested compounds can be achieved, and the precision and repeatability of the method is higher compared to the results obtained by means of HPLC.

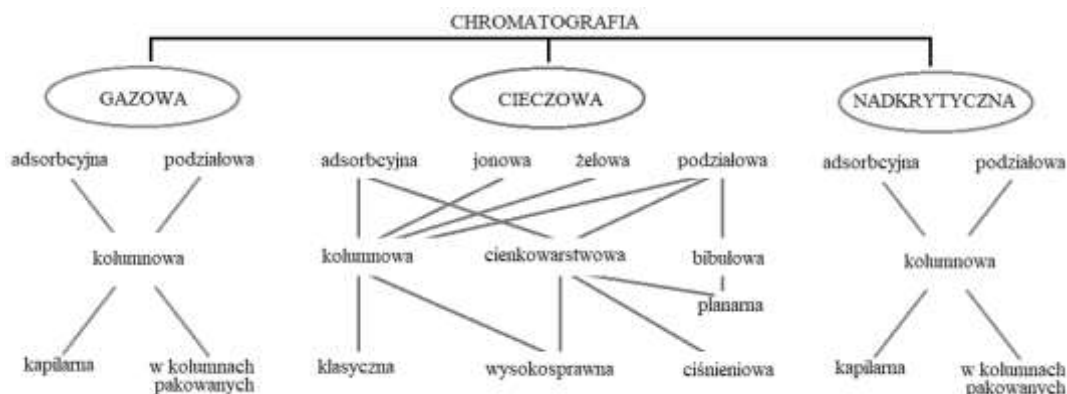
Keywords: liquid chromatography, UPLC, phenolic acids

Wstęp

Chromatografia według definicji jest techniką rozdzielania składników mieszaniny jednorodnej, w której wykorzystuje się różnice sił oddziaływania tych składników z fazą ruchomą i stacjonarną (Gazda i in. 2004).

Chromatografia należy obecnie do najbardziej rozpowszechnionych metod instrumentalnych w chemii analitycznej. Klasyfikacji metod chromatograficznych można dokonać według kilku kryteriów (Rys. 1). Jednym z nich jest podział w zależności od rodzaju fazy ruchomej i stacjonarnej. Wówczas znane są trzy techniki tj.: chromatografia cieczowa, chromatografia gazowa oraz chromatografia nadkrytyczna. Innym kryterium podziału technik chromatograficznych, może być natura zjawisk będących podstawą procesu chromatograficznego, a wśród nich są to metody adsorpcyjna, jonowymienna, podziałowa oraz sitowa (Kocjan 2002; Głód i Piszcz 2007).

Rysunek 1. Podział metod chromatograficznych



Źródło: Kocjan 2002, Głód i Piszcz 2007.

Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod identyfikacji, jest chromatografia cieczowa (LC, ang. *Liquid Chromatography*), która umożliwia rozdzielanie składników mieszanin wieloskładnikowych. Jest uniwersalna, ponieważ umożliwia rozdział cząsteczek o różnych rozmiarach (Kocjan 2002; Głód i Piszcz 2007).

Dobór odpowiednich parametrów rozdzielania substancji jest procesem trudnym i pracochłonnym. Ze względu na stosowane parametry rozdziału chromatograficznego, takie jak ciśnienie, rodzaj eluenta i kolumny chromatograficznej, metodę chromatografii cieczowej zróżnicowano m.in. na wysokosprawną chromatografię cieczową (HPLC, ang. *High-Performance Liquid Chromatography*) oraz jej wysokociśnieniową odmianę (UPLC, ang. *Ultra-Performance Liquid Chromatography*), pozwalającą uzyskać znacznie lepszy i szybszy rozdział chromatograficzny.

Skład fazy ciekłej i rodzaj fazy stacjonarnej jest uzależniony od składu badanych próbek oraz typu oddziaływań wykorzystywanych do rozdzielania analitów (Gumustas i in. 2013; Saul 2018). Ze względu na bogaty i złożony skład matrycy roślinnej uważa się, że nie ma uniwersalnej metody analizowania wszystkich związków. Zastosowanie elucji gradientowej pozwala polepszyć rozdział oraz skraca czas analizy. UPLC jest stosowana głównie do analiz prób zawierających nielotne, wielkocząsteczkowe związki chemiczne (przede wszystkim związki organiczne). Metoda ta wykorzystuje znacznie wyższe ciśnienie, gdyż niewielkie rozmiary wypełnienia kolumn, wymusiły zastosowanie wysokiego ciśnienia około 15000 psi (funt na cal kwadratowy), podczas gdy w technice HPLC, wykorzystuje się wielokrotnie niższe ciśnienie (500-6000 psi). Istotną różnicą między HPLC a UPLC, za którą idzie zmiana ciśnienia, jest zmniejszenie średnicy kolumny chromatograficznej do rozmiaru $<2\mu\text{m}$, przy zachowaniu jej długości zwiększa się rozdzielczość. Zwiększenie ciśnienia, skraca czas analizy próby, a tym samym zużycie rozpuszczalnika jest niższe. W procesie analitycznym UPLC

uzyskuje się również dokładniejszy rozdział analitu. Na potrzeby analiz, kolumny UPLC podgrzewa się do ok. 40°C, dzięki czemu lepkość analitu i eluenta jest zmniejszona, co pozwala na zwiększenie prędkości przepływu fazy ruchomej przez układ i jednocześnie skraca czas analizy (Gumustas i in. 2013; Saul 2018).

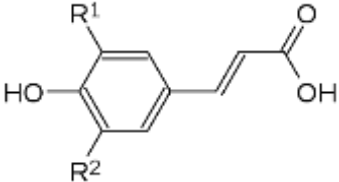
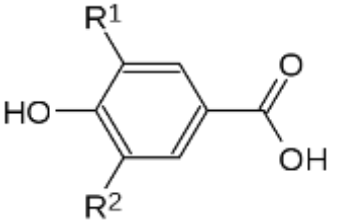
Wyżej wymienione zalety spowodowały, że metoda UPLC jest odpowiednia do oznaczeń dodatków używanych m.in. w galwanotechnice, żywności oraz produktach leczniczych. Ponadto, metoda chromatografii cieczerwowej UPLC znalazła zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu ciężkiego, medycynie, a nawet kryminalistyce. Metody chromatograficzne są wykorzystywane do analizy składu różnych roztworów mieszanin organicznych, nieorganicznych a nawet do oznaczania śladowych ilości związków, gdyż pozwalają na wykrywanie substancji w stężeniach na poziomie pikogramów (10^{-12} gram). Ze względu na możliwość szybkiego i selektywnego rozdziału, chromatografia UPLC jest obecnie jedną z podstawowych metod analitycznych (Mróz i in. 2012; Przybylska i in. 2018).

Z uwagi na wysoką selektywność, dokładność i precyzję metody UPLC, można ją wykorzystać do oznaczania profilu związków organicznych w zróżnicowanym materiale roślinnym. Profil związków organicznych, wśród których wyróżnia się metabolity bioaktywne, jest różny w zależności od rodzaju i gatunku rośliny. Wśród związków bioaktywnych znajdują się te o charakterze polifenoli, m.in. kwasy fenolowe. Kwasy fenolowe są wtórnymi metabolitami o zróżnicowanej strukturze i właściwościach. W materiale roślinnym występują w postaci estrów lub glikozydów. Z uwagi na budowę chemiczną, można wyróżnić pochodne kwasu cynamonowego i benzoowego, różniące się między sobą liczbą, a także miejscem podstawienia grup hydroksylowych i metoksyłowych (Tab. 1.). Najczęściej spotykanymi w materiale roślinnym pochodnymi kwasu cynamonowego są kwasy m.in.: kawowy, ferulowy, p-kumarowy, synapinowy. Natomiast w przypadku pochodnych kwasu benzoowego są to kwasy m.in.: p-hydroksybenzoowy, salicyłowy, galusowy, a także kwas protokatechowy (Mróz i in. 2012; Przybylska i in. 2018).

Wśród podstawowych cech kwasów fenolowych, są właściwości antyoksydacyjne. Aktywność przeciwutleniająca uzależniona jest od liczby grup hydroksylowych i metoksyłowych, przyłączonych do pierścienia fenyłowego. Dzięki tym właściwościom, kwasy fenolowe stanowią grupę roślinnych związków hamujących lub opóźniających skutki steru oksydacyjnego (Sreejayan i Rao 1997; Lamer-Zarawska i Oszmiański 1998; Slavin i in. 2000; Mróz i in. 2012). Stwierdzono również ich istotną funkcję w przeciwdziałaniu chorobom neurodegradacyjnym oraz o podłożu infekcyjnym, dzięki właściwościom przeciwzapalnym,

przeciwgorączkowym, przeciwrumatycznym, przeciwbakteryjnym, przeciwwirusowym oraz przeciwgrzybiczym.

Tabela.1. Wybrane kwasy fenolowe występujące naturalnie w materiale roślinnym

Kwas fenolowy		Materiał roślinny	Struktura kwasów fenolowych	
Pochodne kwasu cynamonowego	kawowy	jabłka, gruszka, śliwka, kapusta, szpinak, sałata, ziemniak, kawa, liście tytoniu, wino, oliwa z oliwek		
	ferulowy	ziarno zbóż (pszenica, owies, żyto, jęczmień)	R1	R2
	p-kumarowy	owoce i zboża	-OH	-OH
	synapinowy	brokuł, kalafior, brukselka, jarmuż, soki z owoców cytrusowych	-OCH ₃	-H
Pochodne kwasu benzoowego	p-hydroksybenzoesowy	czarna porzeczka, malina, jeżyna, truskawka		
	salicylowy	kora wierzby, wiązówka błotna, pomidor, rzodkiewka, cykoria, morele, jeżyna, jagoda, migdały, orzechy ziemne, oregano, curry, rozmaryn	R1	R2
	protokatechowy	cebula, rzodkiewka	-H	-OCH ₃
	galusowy	herbata, malina, truskawka, cebula	-OH	-OH

Źródło: Wawrzyniak i in. 2011; Mróz i in. 2012; Pieszek i Zaremba 2013; Przybylska i in. 2018.

Z uwagi na szerokie spektrum działania kwasów fenolowych, zainteresowanie nimi wzrosło. Obecnie poszukuje się przeciwutleniaczy naturalnego pochodzenia. W literaturze przedmiotu podjęto wielokrotnie próby identyfikacji fenolokwasów znajdujących się w materiale roślinnym. Jednak analiza związków bioaktywnych nie jest łatwa, gdyż zawierają one połączenia glikozydowe. Dotychczas opracowano kilka metod izolacji kwasów fenolowych, które zależą w znacznej mierze od rodzaju matrycy. Można je wyizolować z: surowców roślinnych (suszone zioła, owoce, warzywa, zboża) lub z formy płynnej, np. soków owocowych, napojów alkoholowych (wina, piwo), oliwy z oliwek a także z leczniczych nalewek ziołowych (Robbins 2003; Mróz i in. 2012). Do tego celu wykorzystuje się szereg metod ekstrakcji, m.in.: ekstrakcję prostą, ekstrakcję połączoną z hydrolizą, a także ekstrakcję ciągłą z użyciem aparatu Soxhleta. Poprzedzony etapem oczyszczania ekstraktów, rozdział i identyfikacja kwasów fenolowych, prowadzona jest metodą HPLC, a coraz częściej UPLC. Zastosowanie więc szybkiej metody chromatograficznej UPLC, zużywającej niewielkie ilości

eluentów, jest w przypadku analizy zarówno jakościowej jak i ilościowej związków bioaktywnych, korzystnym rozwiązaniem.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie możliwości wykorzystania UPLC do analizy jakościowej i ilościowej kwasów fenolowych obecnych w roślinnych surowcach spożywczych.

Materiał i metoda badań

Materiał badany stanowiło ziarno zbóż drobnoziarnistych (pszenica, owies, jęczmień, żyto, pszenżyto), ziarno kukurydzy (żółtej, różowej, niebieskiej) oraz nasiona roślin oleistych (lnianka, rzepak, len), uprawianych w takich samych warunkach agrotechnicznych w 2018 roku.

Tabela 2. Materiał roślinny wykorzystany do badań

Rodzaj	Gatunek / Odmiana	Liczba prób
Ziarno zbóż	pszenica	10
	owies	10
	jęczmień	10
	żyto	10
	pszenżyto	10
Ziarno kukurydzy	żółtej	10
	różowej	2
	niebieskiej	2
Rośliny olejowe / oleiste	lnianka	30
	rzepak	10
	len	2

Źródło: Opracowanie własne.

Do analizy związków bioaktywnych pobrano próby o masie 100 g a następnie rozdrobniono je za pomocą młynka laboratoryjnego (WŻ-1). Do analizy kwasów fenolowych pobrano 0,20 g próby. Następnie próby umieszczano w probówkach, gdzie przeprowadzono w pierwszej kolejności hydrolizę zasadową, a następnie kwasową. W celu przeprowadzenia hydrolizy zasadowej, do probówek dodawano wodę destylowaną oraz wodny roztwór wodorotlenku sodu. Szczelnie zamknięte próbówki ogrzewano w łaźni wodnej w temp. 95°C przez 30 min. Po schłodzeniu próby poddawano neutralizacji za pomocą wodnego roztworu kwasu solnego. Kwasy fenolowe ekstrahowano z fazy nieorganicznej za pomocą eteru dietylowego. Uzyskane ekstrakty eterowe na bieżąco przenoszono do fiolek. Następnie przeprowadzono hydrolizę kwasową. W tym celu, do fazy wodnej, dodawano wodny roztwór kwasu solnego. Szczelnie zamknięte próbówki, ogrzewano w łaźni wodnej w temp. 95°C przez 30 min.. Uzyskane ekstrakty eterowe na bieżąco przenoszono do fiolek, po czym

odparowywano do sucha w strumieniu azotu. Przed rozpoczęciem analizy chromatograficznej, próby rozpuszczono w metanolu.

Analizę przeprowadzono za pomocą wysokosprawnego chromatografu cieczowego (Waters SDS 501) z detektorem absorbcyjometrycznym (Waters 486 Tunable Absorbance Detector). Rozdział chromatograficzny odbywał się na kolumnie RP C-18, 250 x 4mm x 5µm a jako fazę wymywającą, stosowano mieszaninę acetonitrylu : 2% kwas octowy w wodzie (pH=2) (gradient) (Tab. 3.). Pomiar stężenia kwasów fenolowych następował przy użyciu wzorca zewnętrznego, przy długości fali $\lambda=320$ nm. Identyfikacja związku odbywała się na podstawie porównania czasu retencji badanego piku z czasem retencji wzorca oraz poprzez dodanie do badanej próbki określonej ilości wzorca i powtórna analizę. Odzysk kwasu ferulowego wynosił 98%, natomiast poziom wykrywalności 1µg/g (Stuper-Szablewska i in. 2014).

Tabela 3. Zmiany składu fazy ruchomej (gradient) podczas analizy kwasu ferulowego za pomocą HPLC, A) acetonitryl, B) 2% roztwór kwasu octowego w wodzie

Czas [min]	Przepływ [ml/min]	% A	% B
0,00	1	10	90
2,00	1	10	90
15,00	1	28	72
22,00	1	55	45
22,10	1	95	5
24,00	1	95	5
24,10	1	10	90
26,00	1	10	90

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza chromatograficzna kwasów fenolowych była przeprowadzona za pomocą ultrasprawnego chromatografu cieczowego (Aquity UPLC, Waters) z detektorem absorbcyjometrycznym (FotodiodeArray, PAD Waters). Rozdział chromatograficzny odbywał się w kolumnie UPLC®BEH C18 (100 mm x 2,1 mm, 1,7µm). Jako faza wymywająca, zastosowana została mieszanina 0,1% roztwór kwasu mrówkowego w acetonitrylu oraz 0,1% wodny roztwór kwasu mrówkowego. Zastosowano elucję gradientową (Tab. 4). Pomiar stężenia kwasu ferulowego następował przy użyciu wzorca zewnętrznego, przy długości fali $\lambda=320$ i 280 nm. Identyfikacja związków odbywała się na podstawie porównania czasu retencji badanego piku z czasem retencji wzorca oraz poprzez dodanie do badanej próbki określonej ilości standardu i powtórna analizę. Poziom wykrywalności wynosił 1µg/g (Stuper-Szablewska i in. 2017).

Tabela 4. Zmiany składu fazy ruchomej (gradient) podczas analizy kwasu ferulowego za pomocą UPLC z detektorem PDA, C) 0,1% roztwór kwasu mrówkowego w acetonitrylu, D) 0,1% wodny roztwór kwasu mrówkowego

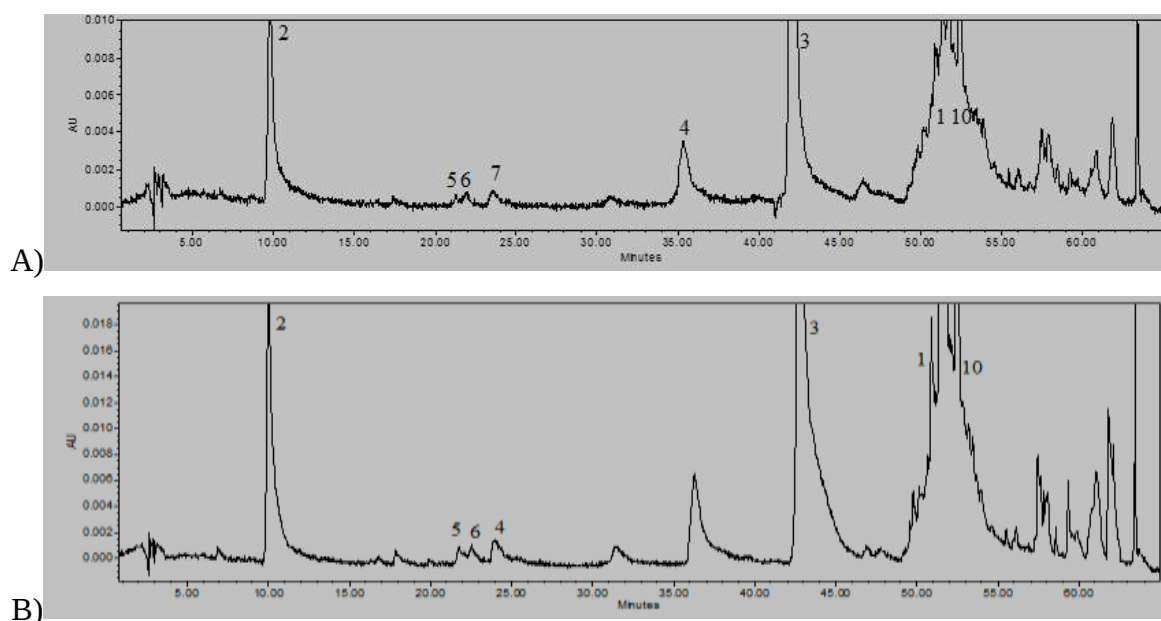
Czas [min]	Przepływ [ml/min]	% C	% D
0,00	0,40	5	95
2,00	0,40	5	95
7,00	0,40	10	90
10,00	0,40	10	90
17,00	0,40	20	80
25,00	0,45	28	72
26,00	0,50	95	5
28,10	0,50	95	5
28,00	0,40	5	95
30,00	0,40	5	95

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki badań i dyskusja

W ramach niniejszych badań, przeprowadzono analizę chromatograficzną kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy metodą HPLC. Na podstawie załączonych chromatogramów (Rys. 2), stwierdzono obecność 6 z 11 badanych kwasów fenolowych. Pozostałe 5 kwasów nie zostało zidentyfikowane ze względu na niedokładny rozdział mieszaniny. Przyczyną takiego rozdziału pików i tym samym utrudnionej identyfikacji związków bioaktywnych, może być zbyt złożona matryca w stosunku do parametrów metody.

Rysunek 2. Chromatogram profilu kwasów fenolowych w ziarnie A) pszenicy, B) pszenżyta



Kwasy fenolowe: 1 – ferulowy; 2 – galusowy; 3 – protokatechowy; 4 – wanilinowy; 5 – 4-hydroksybenzoesowy; 6 – chlorogenowy; 7 – kawowy; 8 – syringowy; 9 – p-kumarowy; 10 – synapowy; 11 – t-cynamonowy

Źródło: Opracowanie własne

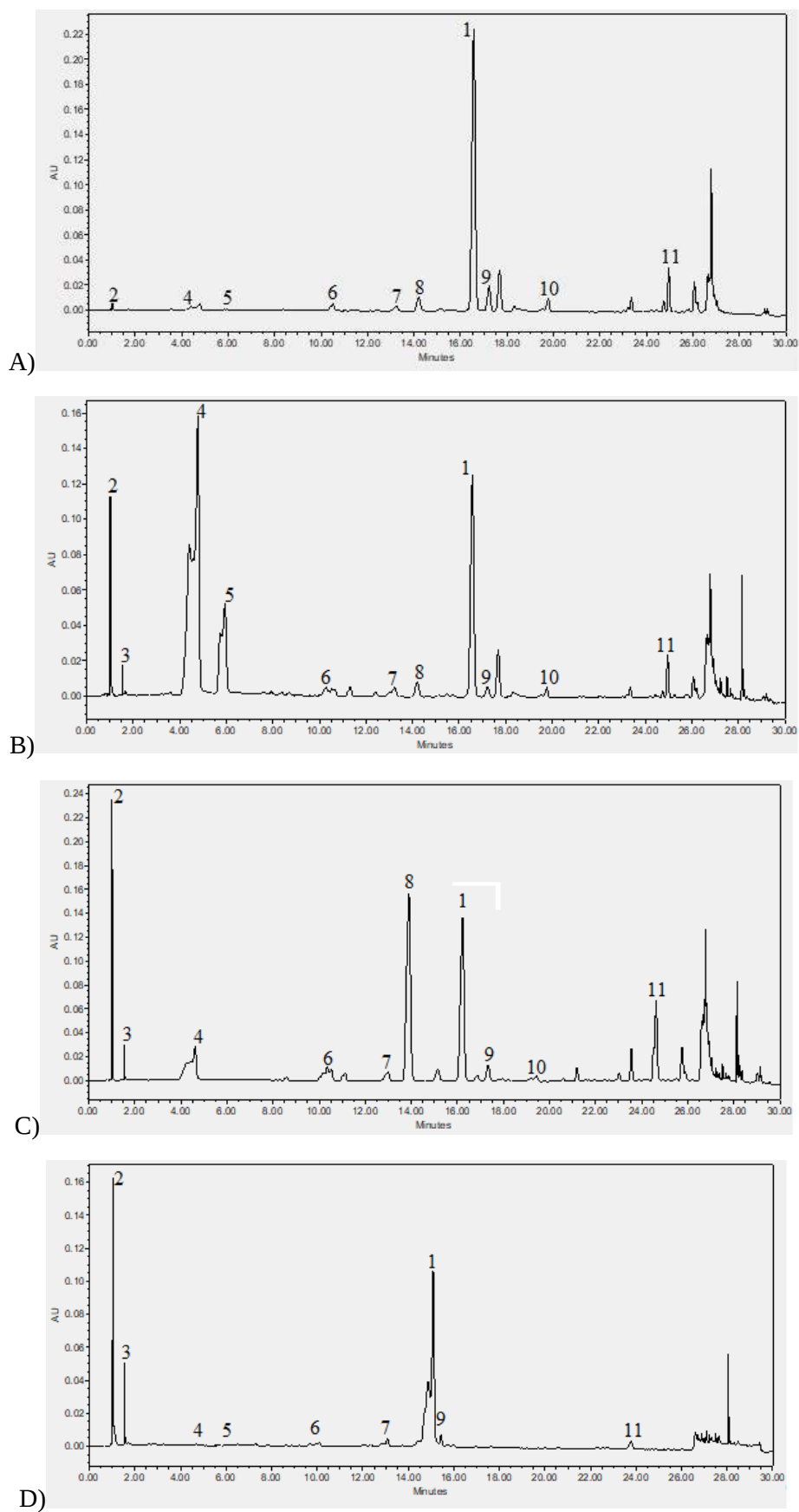
Stosując tę samą metodę ekstrakcji, połączoną z hydrolizą kwasową i zasadową, przeprowadzono analizę wykorzystując wysoką selektywność i precyzję metody UPLC. W ramach niniejszych badań, przeprowadzono analizę chromatograficzną identyfikując 11 kwasów fenolowych, znajdujących się w 5 gatunkach ziarna zbóż, 3 odmianach kukurydzy oraz 3 rodzajach roślin oleistych. Na podstawie uzyskanych wyników, stwierdzono istotną różnicę w zawartości kwasów fenolowych obecnych w wybranym materiale roślinnym. Zauważono, że wybrany do badań materiał, różnił się profilem kwasów fenolowych zarówno między rodzajem roślin, jak również wykazywał zmienność międzygatunkową.

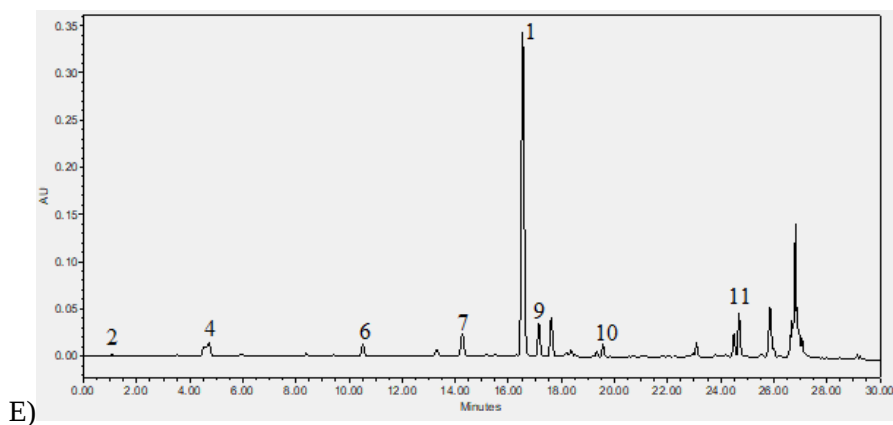
Dla analizowanych 5 gatunków ziarna zbóż (Rys. 3) stwierdzono, iż profil zidentyfikowanych kwasów fenolowych, różnicuje w istotny sposób wszystkie badane zboża. Na podstawie przedstawionych chromatogramów kwasów fenolowych, w przypadku pszenicy stwierdzono obecność 10 kwasów fenolowych, tj.: ferulowy, protokatechowy, wanilinowy, 4-hydroksybenzoesowy, chlorogenowy, kawowy, syringowy, p-kumarowy, synapowy oraz t-cynamonowy. W ziarnie żyta oznaczono podobny profil jakościowy, z taką różnicą, że dodatkowo zidentyfikowano kwas protokatechowy, podczas gdy nie stwierdzono obecności kwasu synapowego. Z kolei w ziarnie pszenżyta zidentyfikowano 8 fenolokwasów, tj.: ferulowy, galusowy, wanilinowy, chlorogenowy, kawowy, p-kumarowy, synapowy oraz t-cynamonowy. Na podstawie przedstawionych chromatogramów stwierdzono, że kwas ferulowy był dominujący w ziarnie pszenicy, pszenżyta i żyta. W porównaniu z nim, zauważono również wielokrotnie niższą zawartość pozostałych kwasów fenolowych.

Kolejnym analizowanym zbożem było ziarno owsa. W oparciu o przedstawione chromatogramy stwierdzono, że profil ilościowy kwasów fenolowych jest różny w porównaniu z innymi badanymi zbożami. Spośród 11 zidentyfikowanych fenolokwasów najbardziej charakterystycznymi dla ziarna owsa były: wanilinowy, ferulowy, galusowy oraz 4-hydroksybenzoesowy.

Ostatnim z badanych zbóż było ziarno jęczmienia. Podczas analizy chromatograficznej zidentyfikowano w nim wszystkie kwasy fenolowe, z wyjątkiem jednego (kwasu 4-hydroksybenzoesowego). Na podstawie wyników badań stwierdzono, że najbardziej charakterystycznymi dla ziarna jęczmienia były kwasy: galusowy, syringowy oraz ferulowy.

Rysunek 3. Chromatogramy profilu kwasów fenolowych w ziarnie: A) pszenicy, B) owsa, C) jęczmienia, D) żyta, E) pszenżyta



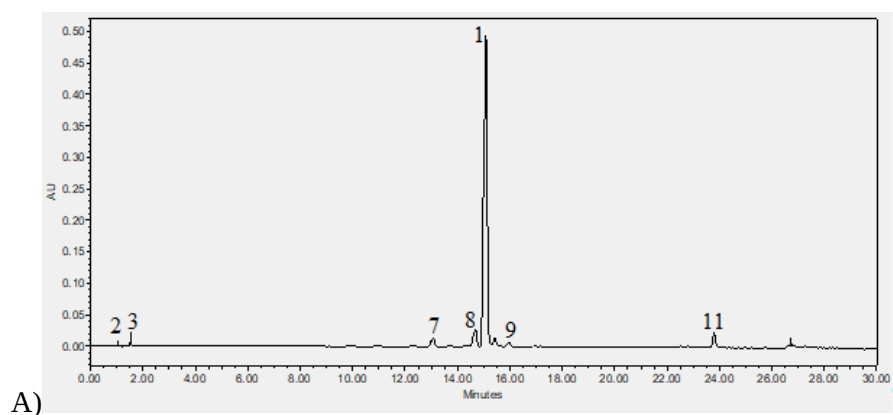


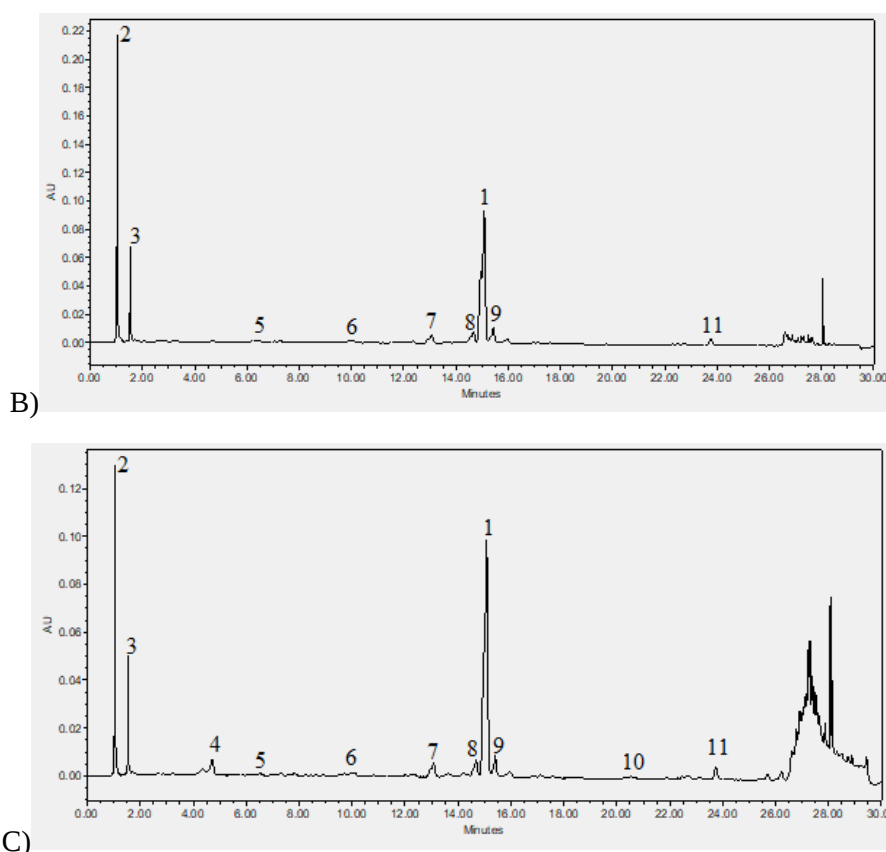
Kwasy fenolowe: 1 – ferulowy; 2 – galusowy; 3 – protokatechowy; 4 – wanilinowy; 5 – 4-hydroksybenzoesowy; 6 – chlorogenowy; 7 – kawowy; 8 – syryngowy; 9 – p-kumarowy; 10 – synapowy; 11 – t-cynamonowy

Źródło: Opracowanie własne

Drugą grupą spośród wybranego materiału badanego, było ziarno kukurydzy. Na podstawie przedstawionych chromatogramów, stwierdzono istotne różnice międzyodmianowe (Rys. 4). W przypadku ziarna kukurydzy żółtej, stwierdzono obecność 7 kwasów fenolowych tj: ferulowy, galusowy, protokatechowy, kawowy, syryngowy, p-kumarowy oraz t-cynamonowy. W ziarnie kukurydzy różowej dodatkowo zidentyfikowano kwasy tj.: 4-hydroksybenzoesowy i chlorogenowy. Natomiast w ziarnie kukurydzy niebieskiej, zidentyfikowano wszystkie analizowane związki. W ziarnie kukurydzy różowej i niebieskiej dominowały kwasy tj.: ferulowy, galusowy i protokatechowy, podczas gdy w ziarnie kukurydzy żółtej najwyższą zawartością charakteryzował się kwas ferulowy.

Rysunek 4. Chromatogram profilu kwasów fenolowych w ziarnie kukurydzy: A) żółtej, B) różowej, C) niebieskiej





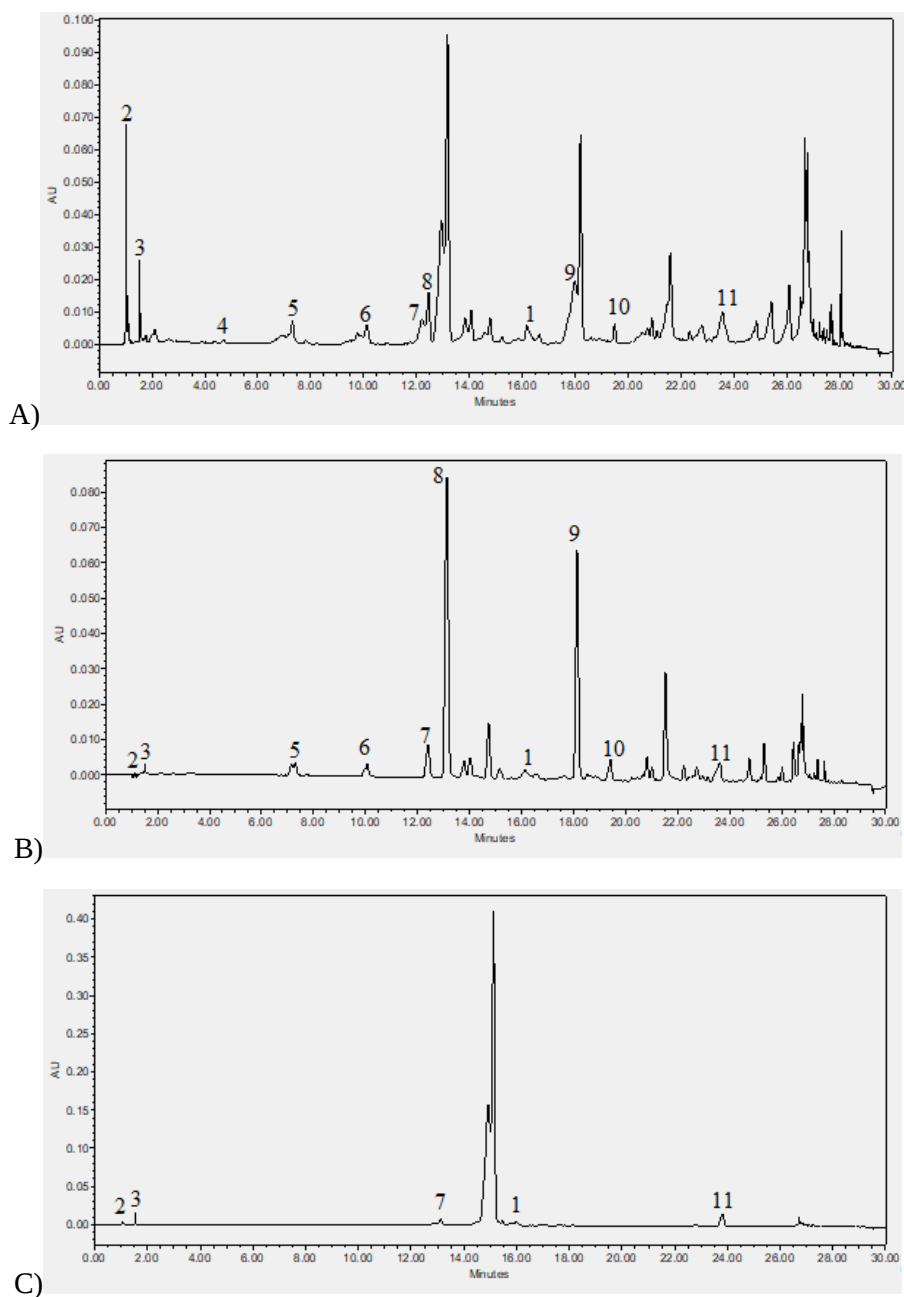
Kwasy fenolowe: 1 – ferulowy; 2 – galusowy; 3 – protokatechowy; 4 – wanilinowy; 5 – 4-hydroksybenzoesowy; 6 – chlorogenowy; 7 – kawowy; 8 – syringowy; 9 – p-kumarowy; 10 – synapowy; 11 – t-cynamonowy

Źródło: Opracowanie własne

Ostatnią grupą spośród badanego materiału były rośliny oleiste. Do niniejszych badań wybrano nasiona lnianki, rzepaku i lnu. Na podstawie uzyskanych wyników, stwierdzono istotną różnicę w zawartości kwasów fenolowych w analizowanej grupie materiału badanego (Rys. 5.). W oparciu o załączony chromatogram stwierdzono, że spośród analizowanych prób, nasiona lnianki były najbogatszym źródłem kwasów fenolowych, gdyż zidentyfikowano w nich 11 fenolokwasów, wśród których dominowały kwasy: galusowy i protokatechowy. Z kolei profil kwasów fenolowych w nasionach lnu, różnił się istotnie ilościowo.

Najwyższą zawartość spośród oznaczonych związków w nasionach lnu stwierdzono dla kwasów: syringowego, a także p-kumarowego. Najbardziej ubogim pod względem zawartości fenolokwasów, okazały się być nasiona rzepaku. Na podstawie przedstawionego chromatogramu, stwierdzono obecność 5 kwasów tj: galusowego, protokatechowego, kawowego, ferulowego oraz t-cynamonowego.

Rysunek 5. Chromatogramy profilu kwasów fenolowych w nasionach: A) lnianki, B) lnu, C) rzepaku



Kwasy fenolowe: 1 – ferulowy; 2 – galusowy; 3 – protokatechowy; 4 – wanilinowy; 5 – 4-hydroksybenzoesowy; 6 – chlorogenowy; 7 – kawowy; 8 – syringowy; 9 – p-kumarowy; 10 – synapowy; 11 – t-cynamonowy

Źródło: Opracowanie własne

Analiza związków bioaktywnych o właściwościach przeciwutleniających w próbach pochodzenia roślinnego, jest trudne i każda matryca wymaga indywidualnych parametrów (Mróz i in. 2012). Dlatego podczas niniejszych badań, opracowano dokładną, czułą i szybką metodę identyfikacji kwasów fenolowych za pomocą UPLC. W przeciwieństwie do HPLC, technika ta ma lepszą rozdzielczość chromatograficzną, zwiększoną czułość i krótsze

analityczne czasy działania. Stwierdzono, że analiza UPLC, zużywa mniej czasu i mniej rozpuszczalnika, zmniejszając w ten sposób koszt analizy (Stuper-Szablewska i in. 2017).

Wnioski

Niniejsze badania dotyczyły możliwości wykorzystania UPLC do oznaczania związków bioaktywnych w materiale roślinnym. Badania potwierdzają możliwości analizy nawet śladowych ilości pojedynczych związków w złożonej matrycy, którą są rośliny. Profil kwasów fenolowych w materiale roślinnym zależy od wielu czynników, takich jak: gatunek, odmiana, warunki uprawy (czas siewu, technologia uprawy, sposób nawożenia, strategia ochrony roślin, miejsce uprawy oraz warunki klimatyczne) oraz część morfologiczna ziarna lub nasion.

Precyzja oznaczeń zależy od stosowanej metody chromatograficznej. Technika UPLC istotnie zyskuje na znaczeniu, z uwagi na sprawniejsze rozdziały badanych związków, wysoką czułość, jak i niższe zużycie odczynników.

Literatura

- Gazda K., Jastrzębski D., Kamiński M., Kandybowicz B., Kartonowicz R., Makuch B., Śliwka Kaszyńska M. 2014. *Chromatografia cieczowa*. Praca zbiorowa. CEEAM, Gdańsk.
- Głód B.K., Piszcz P. 2007. *Wysokosprawna Chromatografia Cieczowa: Podstawy Teoretyczne*. Wyd. AP, Siedlce.
- Gumustas M., Kurbanoglu S., Uslu B., Ozkan S.A. 2013. *UPLC versus HPLC on Drug Analysis: Advantageous, Applications and Their Validation Parameters*. *Chromatographia*, 76: 1365-1427.
- Kocjan R. 2002. *Chemia analityczna. Podręcznik dla studentów. Analiza instrumentalna*. Tom 2, PZWL, Warszawa.
- Lamer-Zarawska E., Oszmiański J. 1998. *Rola niektórych substancji roślinnych w profilaktyce przeciwnowotworowej*. *Wiad. Ziel.*, 5: 1-4.
- Mróz P., Wilczek K., Żak M., Zielińska-Pisklak M. 2012. *Chromatograficzne metody izolacji i identyfikacji fenolokwasów*, *Biul. Wydz. Farm. WUM*, 6: 40-48.
- Pieszko C., Zaremba A. 2013. *Zawartość związków fenolowych w ekstraktach z próbek materiału roślinnego*, *Bromat. Chem. Toksykol.* – XLVI, 4: 434 – 439.
- Przybylska A., Stuper-Szablewska K., Matysiak A., Perkowski J. 2018. *Optymalizacja warunków ekstrakcji związków fenolowych ogółem i aktywności przeciwutleniającej z ziarna pszenicy*. *ABID*, 1/2018: 1-12.
- Robbins R.J. 2003. *Phenolic acids in food: an overview of analytical methodology*. *J.Agric.Food Chem.* 51: 2866-2877.

- Saul L. 2018. *High-Performance Liquid Chromatography vs. Ultra-High Performance Liquid Chromatography*. AZO Materials, <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=15555> (dostęp 04.03.2019r.).
- Slavin J., Marquart L., Jacobs D.Jr. 2000. *Consumption of whole-grain food and decreased risk of cancer: proposed mechanisms*. Cereal Foods World, 45: 54 – 58.
- Sreejayan N., Rao M.N.A. 1997. *Nitric oxide scavenging by curcuminoids*. J. Pharm. Pharmacol., 49: 105-107.
- Stuper-Szablewska K., Kurasiak-Popowska D., Nawracała J., Perkowski J. 2014. *Comparison of phenolic acids contents in various wheat genotypes*. Przem. Chem., 12: 2274-2278.
- Stuper-Szablewska K., Przybylska A., Kurasiak-Popowska D., Perkowski J. 2017. *Kwas ferulowy. Właściwości, oznaczanie i zastosowanie w przemyśle kosmetycznym*. Przem. Chem. 10: 2070-2076.
- Wawrzyniak A., Krotki M., Stoparczyk B. 2011. *Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw*. Medycyna Rodzinna, 1: 19-23.

Stability FDM analysis of the landslide with a complex geometry based on laser scanning

Analiza MRS stateczności osuwiska o złożonej geometrii bazującej na skaningu laserowym

Milena Kucharska
Izabela Wrona

University of Science and Technology in Cracow
Faculty of Mining and Geoinforming
Science Club of Construction and Geomechanics
Supervisor: Daniel Wałach PhD

Abstract

Referat podejmuje temat numerycznej analizy stateczności zbocza wraz z koncepcją jego zabezpieczenia. Obliczenia wykonano dla rzeczywistego zbocza aktywnego osuwiska, znajdującego się w miejscowości Regulice w województwie małopolskim. Geometrię numerycznego modelu trójwymiarowego odwzorowano, bazując na chmurze punktów pochodzącej z naziemnego skaningu laserowego. Z uwagi na wystąpienie osuwiska wskutek ulewnych deszczy, wyznaczone laboratoryjnie parametry wytrzymałościowe gruntu nie odzwierciedlały rzeczywistego stanu awaryjnego. Wobec tego, aby odwzorować panujące podczas zsuwu warunki gruntowe, zastosowano analizę odwrotną przy kalibracji modelu. Zapewnienie stateczności przedmiotowego zbocza i brak dalszej propagacji osuwiska jest szczególnie istotne ze względu na bliską lokalizację miejsca składowania ładunków wybuchowych. Z tego powodu przedstawiono zalecenia dotyczące wdrożenia wariantowego programu zabezpieczenia zbocza przed postępowaniem osuwiska.

Keywords: landslide, slope stability, laser scanning, FEM analysis, back analysis

Introduction

Landslides are one of the destructive geodynamic processes in the form of surface movements of earth masses occurring on slopes. They result from the heterogeneity of soil and rock masses, variable values of strength parameters in particular soil layers, occurrence of aquifers and increased soil moisture as a result of intensive and prolonged precipitation.

The issue of slope stability of complex geometry and complicated geotechnical structure has long been the focus of interests of multiple researchers in the fields of soil and rock mechanics as well as geotechnics. Despite many studies, it is believed (Cała, Flisiak 2000; Abramson et al. 1996) that a large number of factors influencing the conditions and difficulties in determining the state of stress, strain and displacement for slopes are the reason for insufficient recognition of the issue of stability and the lack of an unambiguous way of solving it.

On the slope surface, there are the forces of gravity that cause the loss of stability. In addition, inertial forces can occur when activated by shocks or earthquakes. The gravity causes stresses in the slope, which lead to landslides when the shear strength of the soil is exceeded. The loss of stability of slopes and scarps results from the occurrence of gravitational forces, for which the weight of the ground and additional structures are responsible, as well as hydrodynamic forces. These are caused by the water flow through the ground medium, surface erosion occurring on surfaces deprived from vegetation after heavy rainfall, rising ground water table and significant slope soil's saturation as well as external forces generated by the structures being constructed (Jermolowicz 2014). The occurrence of a landslide is influenced by a number of factors, such as slope geometry, geological structure, that is the shape and dimensions of the slope, in particular the existence of discontinuities in the form of contact surfaces, tectonic disturbances, folds and cracks. What is more, it may be caused by dynamic loads occurring as a result of vehicle traffic, machine operation, blasting and earthquakes, hydrostatic and runoff pressure, as well as weather conditions and chemical and biological corrosion.

Landslide stabilization techniques are mainly based on reducing sliding forces, increasing ground resistance or using these two methods. These sliding forces can be minimalised by the replacement of materials or the drainage of water to reduce hydrostatic action in zones with insufficient stability. Soil resistance can be increased by using methods such as drainage, which increase the shear strength of the soil, elimination of weak layers or other potential failure zones, construction of retaining structures, provision of in situ strengthening in the substrate and chemical processes such as stabilisation the soil to enhance the shear strength of the soil.

The actual or potential causes of slope instability must be identified before the most appropriate method is selected. The non-identification of the causes of stability loss may result in ineffectiveness of stabilization work and the recurrence of failures (Sharma 2001).

The usage of numerical methods to solve problems of escarpment and slope stability is more and more popular every year. This is the result of significant IT development, easier access to computers with higher computing power and programmes that allow building more sophisticated and detailed models (Cała 2007).

The most commonly used calculation methods are Limit Equilibrium Methods. These methods use plane cross-sections in which the landslide block is divided into vertical blocks. The practical application of these approaches to the analysis of escarpments and slopes of simple geological structure and geometry has been already proven. However, the application of the Limit Equilibrium Method in the analysis of slopes of more complex geometry, despite their

uncomplicated geological structure, no longer gives sufficient results (Kowalski 2014). Therefore, tools in the form of programmes using the Finite Element Method – FEM – and the Finite Difference Method – FDM – are becoming more frequently used to build a numerical model. With such software, it is possible to determine the factor of safety using, among others, the Shear Strength Reduction Method – SSR – or the Modified Shear Strength Reduction Method – MSSR.

The complex geometry of the model can be recreated using laser scanning technology, which is a modern non-destructive measurement method. Laser scanning can also be useful for the inventory and archiving of buildings and structures (Martínez et al. 2012) as well as for the structure's monitoring during different stages of the life cycle (Bitelli et al. 2004; Park et al. 2007; Riveiro et al. 2016; Suchocki, Katzer 2018). The result of the measurements is a point cloud, which after appropriate processing can be further used to generate a geometric model (Dunning et al. 2009; Xu et al. 2019).

Scope of research

This paper focuses on the real object located in Regulice, Poland. Taking into account the complexity of the issue, this study includes the problem of developing numerical models on the basis of laser scanning and the calibration of shear strength parameters. Two variants of securing the landslide were prepared on the base of numerical analysis in FLAC 3D software, together with numerical verification of the proposed strengthening methods. Soil shear strength parameters were determined from field and laboratory tests. Due to the differences in soil properties during the occurrence of the landslide, the back analysis was used to adjust the parameters. This method is generally recommended among scientists.

Description of the problem

On May 30th, 2017, the landslide located in Regulice, Poland in the area of the Central Laboratory of Shooting Technology and Explosives became active. It occurred as a result of intense precipitation and hail storming. In addition to the ground mass slip, destructions in the form of local washouts and slope damage occurred. For the safety reasons, it was necessary to strengthen the landslide to prevent further loss of stability, as the Laboratory contains the storage of explosive materials. As a result of medium washout and a slide, the displacement of the material occurred causing the access to the storage to be blocked. During the landslide movements slight damage occurred on the Laboratory wall. The fence located in the upper part of the escarpment was also displaced and defected (Fig.1).

Figure 1. A general view of the landslide in Regulice



Source: Own work.

The area where the Laboratory is situated can be compared to the shape of a sinkhole. This type of landform is particularly vulnerable to stability loss. The subject region is characterised by shape, in which elements indicating the historical occurrence of landslide movements can be distinguished. These movements are activated periodically in a time of unfavourable conditions.

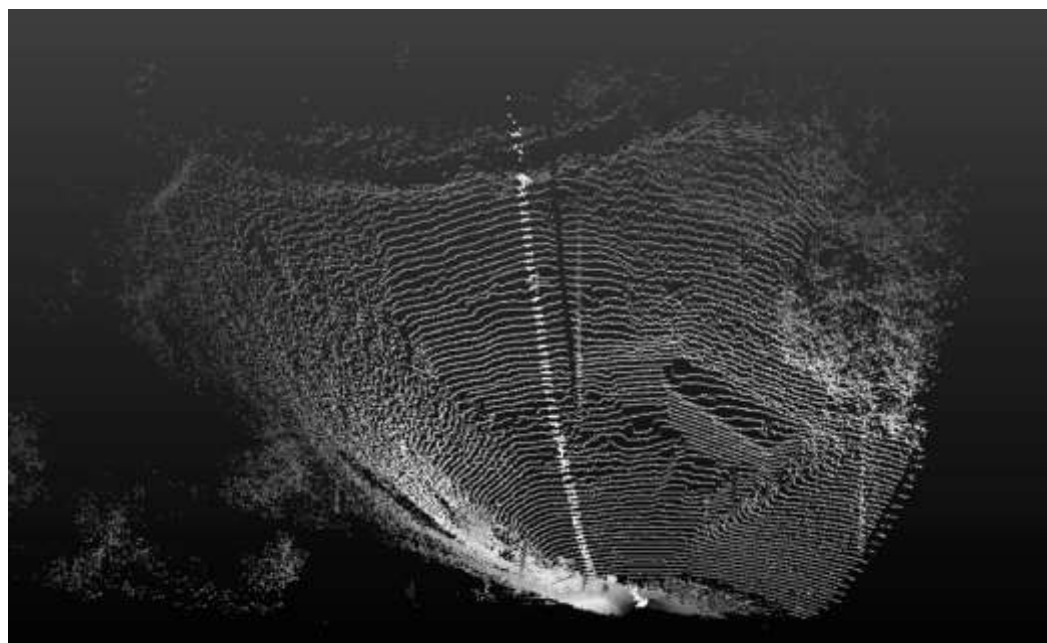
The landform features made it difficult to carry out the stability analysis using traditional methods of flat cross-sections. Thus, it was necessary to perform laser scanning and build a 3D model that was used for a spatial landslide analysis and a proposal of its protection.

Materials and methods

In the last several years, there has been a dynamic development of modern measuring methods. One of such techniques is laser scanning. It allows obtaining a tremendous amount of spatial data in a short time. The result of such laser scanning is a point cloud which, after appropriate processing, can be transformed into a three-dimensional model of the terrain used for further analysis. The method was applied in numerous studies (Syahmi et al. 2011; Cebulski 2015). The point cloud from the terrestrial laser scanning corresponds to the actual situation in the area of the Central Laboratory of Shooting Technology and Explosives. For this reason, it

also contains objects such as trees, columns and the fence of the object, which impedes the generation of the surface. The obtained point cloud is shown in figure 2. The coordinates of the points are used to construct the geometrical model.

Figure 2. The cluttered point cloud of the landslide



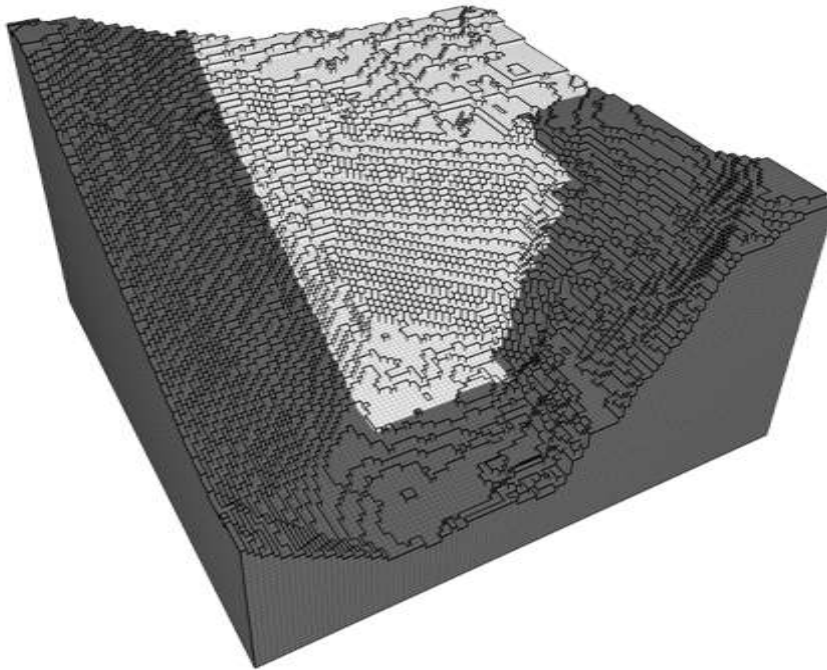
Source: Own work.

When the surface is created, point data, corresponding to elements not belonging to the terrain, are also loaded. Therefore, in order to properly prepare a point cloud, it is necessary to clear it from data that cluttered the actual terrain. The software used for this purpose was CloudCompare.

The next stage of the analysis was the formation of a surface that would simulate the state of the slope before the landslide, as the scanning was performed after the occurrence of the slip. For this purpose, the relevant scan points, which were located on the edges of the landslide, were united. The lines constituting the pre-slide area were divided into sections and transformed into points so that their coordinates could be processed. Unnecessary points representing the situation after loss of stability have been removed. A point cloud prepared in such manner was used to generate a surface in the Surfer programme. For the purpose of this analysis, the Kriging method has been adopted. Compared to other approaches, the most accurate results were obtained for this method. Grid nodes are distributed every 0.2 units. This meshing method enabled to obtain smoothed surfaces corresponding to the shape resembling that found in Regulice. The tool that was used to build the numerical model was FLAC3D 6.0.

The first phase was to create a cuboidal object, which corresponds to the length, width and height of the generated surfaces.

Figure 3. A spatial model of the slope with distinguished regions



Source: Own work.

The model incorporates cube-shaped zones of dimensions equal to 0.2 m. The length and width of the model was 22 m, while the height of the model is 15 m.

Due to the existence of two lithological layers, it was necessary to create an area corresponding to a layer of silty clay and a second, 2.2 m below, corresponding to a layer of rock. The surfaces from the Surfer programme were then imported with a vertical coordinate corresponding to the heights of the actual geological strata. Due to the terrain, which is more prone to loss of stability in the whole area, regions had to be distinguished (Fig. 3). As a result, the analysis was carried out on a separate surface generated in CloudCompare.

In order to determine the type of soil and its strength parameters, which can be found in the analysed area, samples necessary for laboratory tests were taken. The method used to evaluate the cohesion and the internal friction angle was a direct shear test performed in a box direct shear device described in EN 1997-2 2009 (EN 1997-2: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing. 2007). The upper and lower parts of box device can move against each other. Resistance plates are placed in the lower and upper part of the box. In this way, the test specimen is secured against slipping on the contact surfaces and against the

transfer of shear force. The test involves determining the force by which the upper part of the box will move along the lower part of the box. It is opposed to its resistance to soil, which arises in the shear surface. This force must not exceed the total value of shear strength.

The maximum force that is recorded on the dynamometer is the desired quantity. The vertical force is applied to the specimen through a rigid cover of the box, so that it distributes evenly on the surface of the sample and normal stress (σ_n) occurs in the enforced shear surface. The value of the shear stress (τ) is expressed by the horizontal force needed to displace the top of the box and the area of the device.

Table 1. Description of hazard degree for factor of safety

Range of the factor of safety (FS)	Description of hazard degree
> 1.5	Landslides are very unlikely to occur
1.3 – 1.5	Landslides are unlikely to occur
1.0 – 1.3	Landslides are likely to occur
< 1.0	Landslides are very likely to occur

Source: Own work based on (Kłosiński, Leśniewski 2009).

One of the most complex issues in slope engineering is an estimation of shear strength characteristics of sliding surfaces. The back-analysis is considered to be one of the most plausible methods of evaluation of those parameters during the time of a failure (Akin 2013) and even more effective and the parameters are more consistent than those determined in laboratory tests (Hussain et al. 2010). The back-analysis assumes that the internal friction angle and cohesion of existing soils are adjusted so that the factor of safety of the slope stability is approximately 1.0. Such value of the factor of safety means that the soil masses along the failure surfaces are in a state of limit equilibrium. Given the fact that the landslide is located in the area of the former mine, the classification of the hazard degree of landslide occurrence based on a mining literature (Kłosiński, Leśniewski 2009) was adopted (Table 1).

In this studies, it was assumed that the minimum required factor of safety (for characteristic shear strength parameters) is equal to FS=1.3, which is compatible with the requirements of Eurocode 7.

Results and discussion

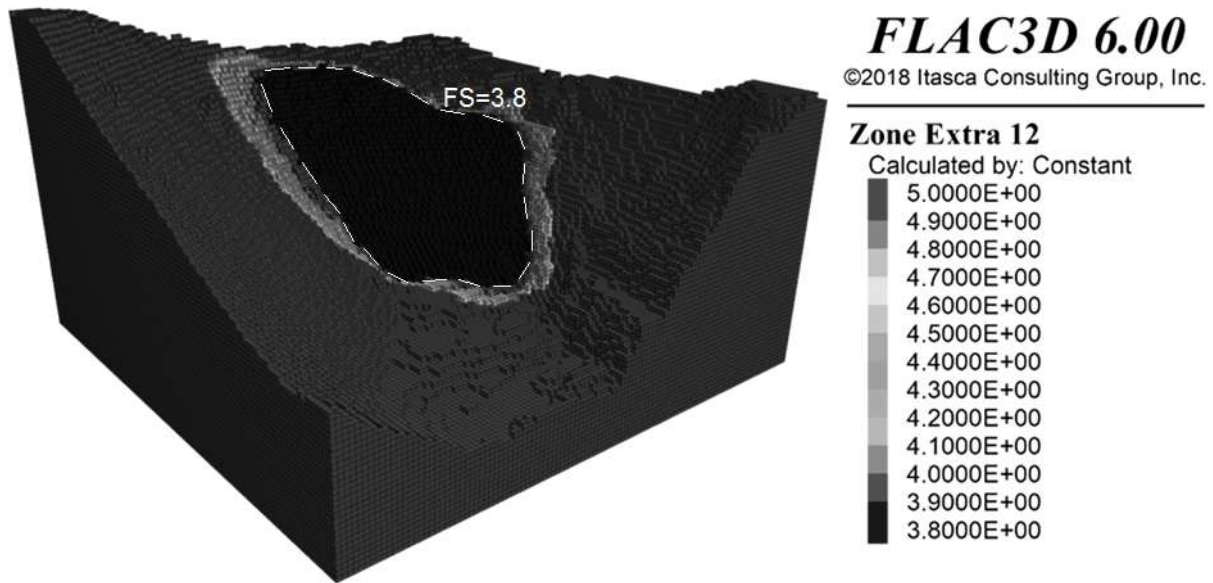
The results of the direct shear test carried out for the materials at a depth of 2.2 m are presented in table 2. These values correspond to the input data used for the initial analysis of the landslide stability.

Table 2. Shear strength parameters

	Internal friction angle [°]	Cohesion [kPa]
Rock	30	100
Silty clay	40	23

Source: Own work based on AGH research (unpublished paper).

Figure 4. A safety map of the slope based on initial input data



Source: Own work.

The parameters obtained during the shear strength test were used for the initial calculation model. The result of the calculations is a safety map (Fig. 4), which factor of safety is 3.8 for the landslide area. This means that a landslide would be very unlikely to occur. The adopted shear strength parameters were obtained in the direct shear strength test carried out for the soil condition simulating the natural state of the soil.

Given the fact that the loss of stability was caused by heavy rainfall, the analysis of the model was carried out several times to calibrate the shear strength parameters. This approach is intended to be an indirect consideration of the groundwater table. After each calculation of the factor of safety, the shear strength parameters – the cohesion and the internal friction angle – were reduced in such a way that the obtained factor of safety was close to 1.0 and the shape of the landslide matched the reality.

Due to significant differences in the properties of the soil in its natural state and during the occurrence of the slip, the shear strength parameters had to be drastically reduced. A comparison of initial and reduced shear strength parameters for the silty clay layer is presented in the table 3.

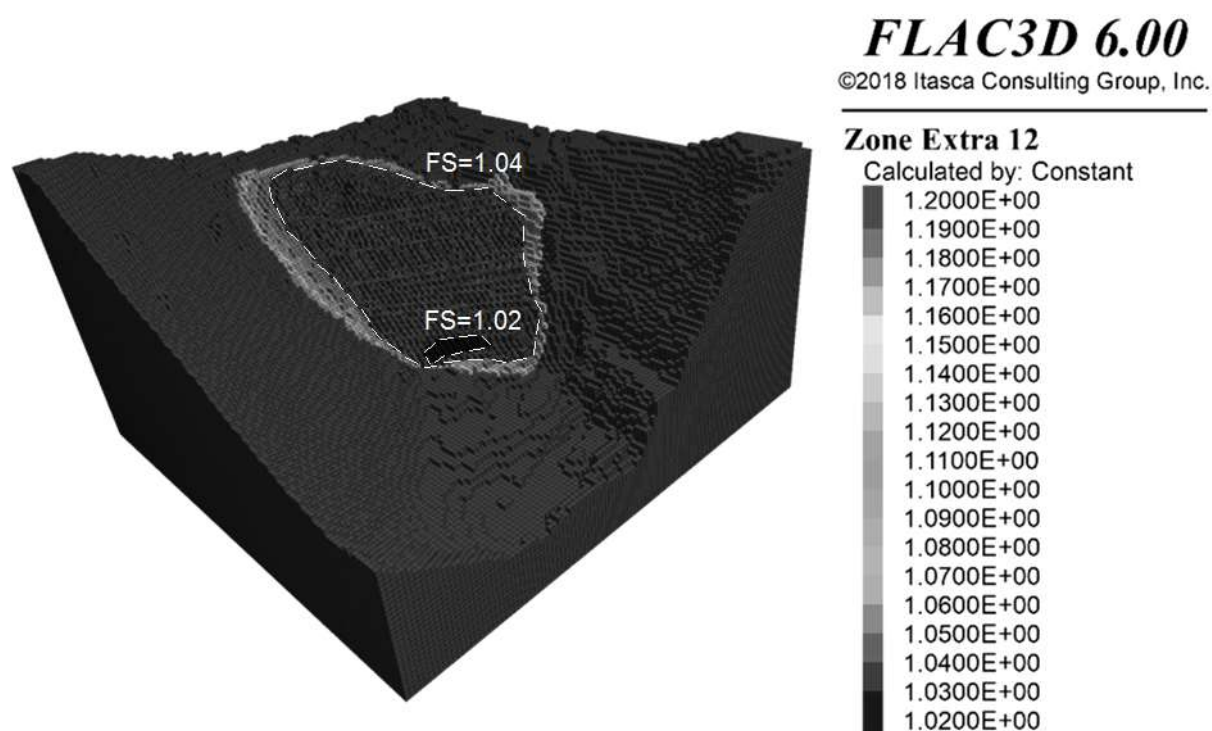
Table 3. Comparison of shear strength parameters before and after reduction

Description of values	Internal friction angle [°]	Cohesion [kPa]
Values from laboratory test	40	23
Values after reduction	10	7

Source: Own work .

The factor of safety of the slope for the reduced parameters in the area of the analysed landslide is 1.02, which means that a landslide is likely to occur. The results are presented as a safety map in figure 5. In the cross-section (Fig. 6) it can be observed that the slip surface is at the depth corresponding to the thickness of the dust clay layer.

Figure 5. The safety map of the slope for reduced parameters



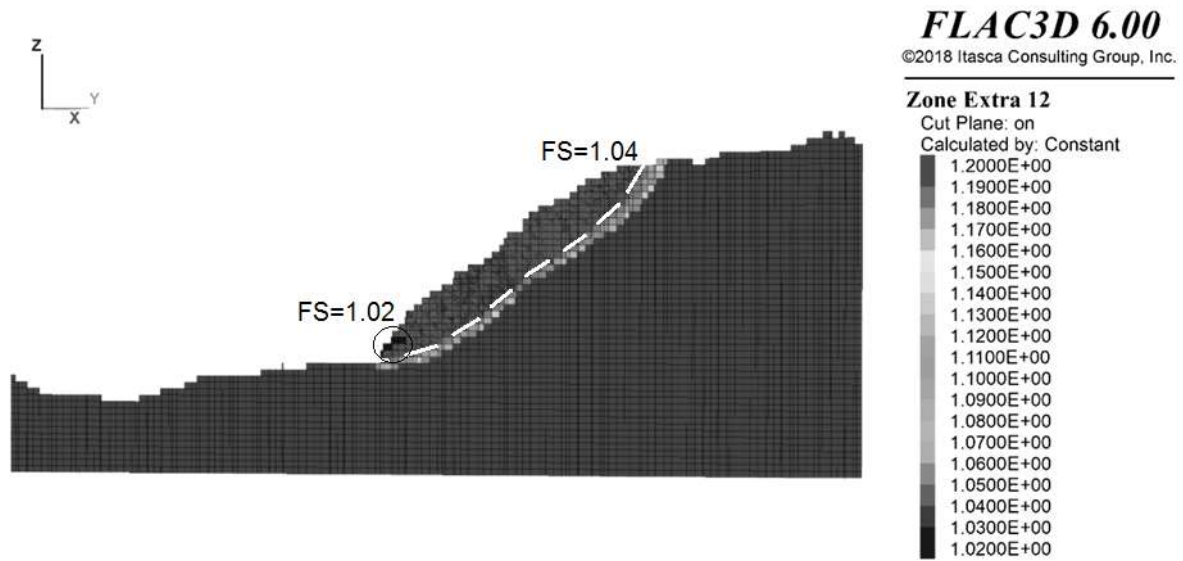
Source: Own work.

Proposed variants of strengthening

The numerical analysis showed that the strengthening is indispensable. The slope can be secured in numerous variants.

This paper presents two potential ways of strengthening of the slope to prevent the propagation of the landslide. Section 6.1 suggests strengthening the ground with anchors connected with concrete capping, and section 6.2 proposes to soil drainage and an application of a retaining wall.

Figure 6. Range of the slip surface



Source: Own work.

Firstly, it was suggested to strengthen the landslide with ground anchors with a drilling crown. The length of the anchors is 5 m, with a pitch of 25° to the ground level. Totally, 13 anchors were used. The technical characteristics of anchors are given in table 5.

Table 4. Technical parameters of adopted anchors

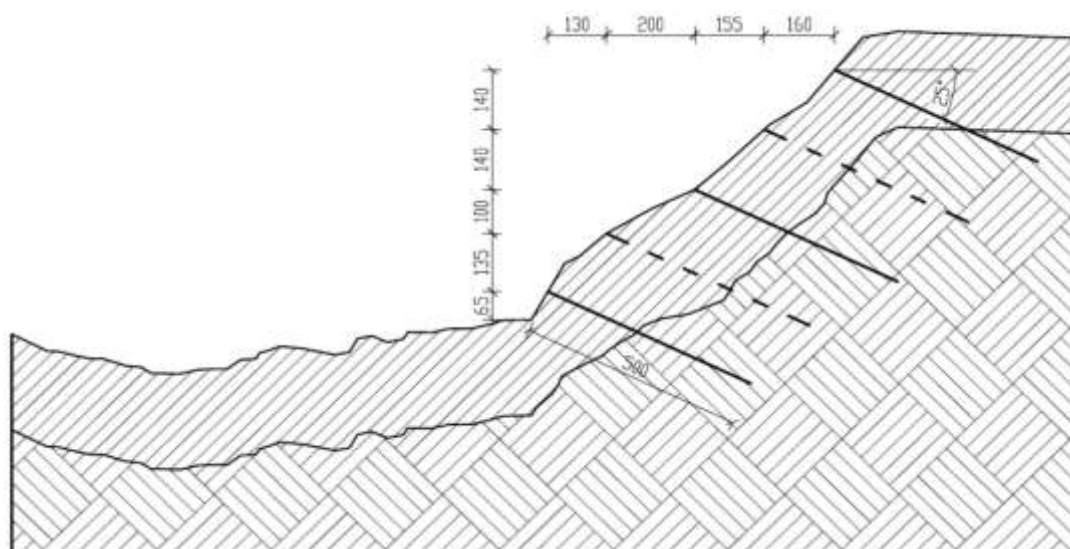
Description of the parameter	Unit	Producer's value
External diameter	mm	30
Internal diameter	mm	16
Area of cross-section	mm ²	340
Capacity	kN	155
Mass	kg/m	2.7

Source: own work based on anchors producer's catalogue

After the arrangement of the anchors had been planned, they had to be inserted into the numerical model. In order to do this, the reinforcement was suitably meshed with one-dimensional linear elements with a length of 0.2 m. Then the technical properties for the selected ground anchors were attributed.

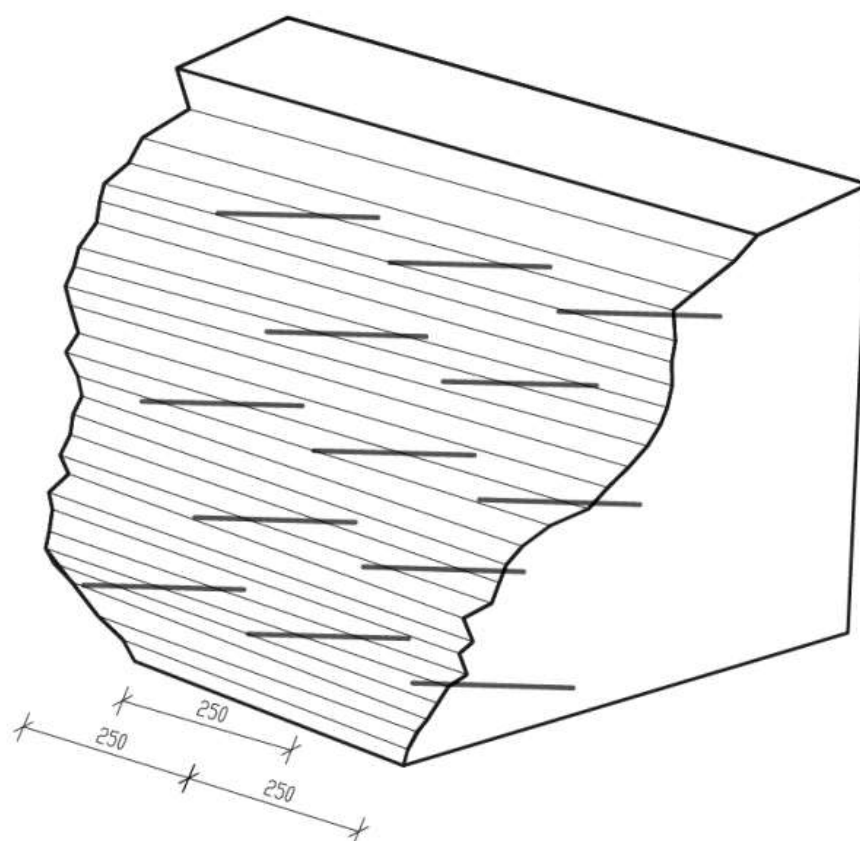
Due to the very poor quality of the ground conditions, the anchors placed at the same level were connected with a concrete capping with a depth of 0.6 m and a height of 0.4 m, which also strengthened the structure. The arrangement of the anchors is shown in figure 7 and 8. The factor of safety in the area of the analysed landslide after strengthening is 1.32, which means that a landslide is unlikely to occur. The results are presented in figure 9 in the form of a safety map.

Figure 7. The arrangement of the ground anchors along slope's height in centimetres



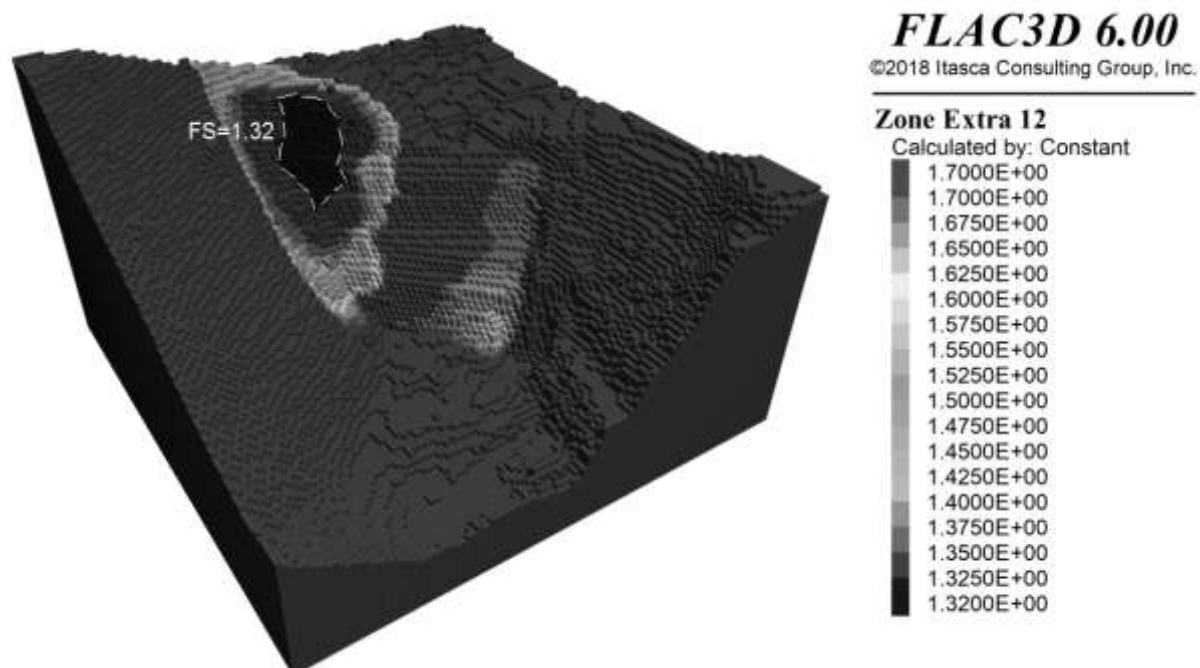
Source: Own work.

Figure 8. The arrangement of the ground anchors along slope's width in centimetres



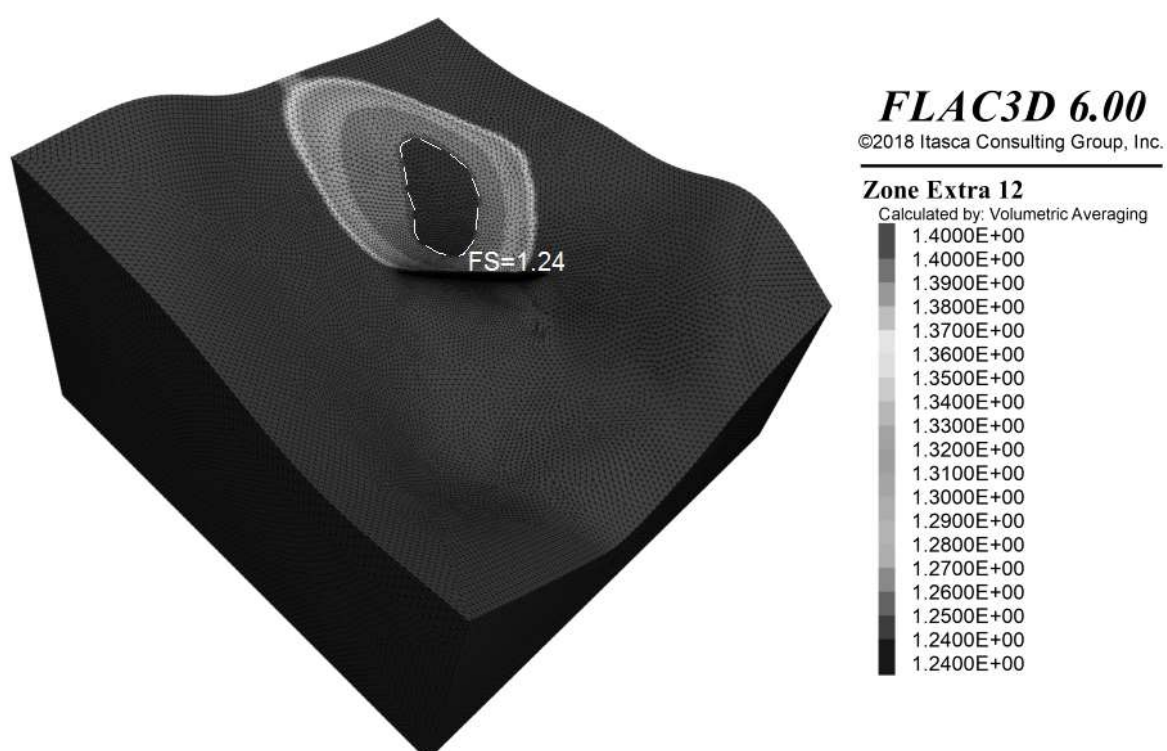
Source: Own work.

Figure 9. The safety map of the slope with implemented strengthening



Source: Own work.

Figure 10. The safety map of the slope with implemented alternative strengthening



Source: Own work.

Alternatively, it is proposed to secure the slope through the construction of a retaining wall and soil drainage. The calculations involve a reinforced concrete retaining wall 0.12 m thick, 4.0 m high and 6.6 m long. The dimensions of the foundation of the wall were adopted as 0.2 m x 2.2 m and the length corresponding to the length of the retaining wall. The purpose of drainage is to capture and drain both surface and rainwater. Therefore, drainage was applied around the wall to drain water out of the area covered by the landslide.

As a consequence of the strengthening in the form of a retaining wall, the numerical model had to be remeshed. It was decided to incorporate triangular elements, which allowed for an increase in the computational accuracy.

The results of alternative strengthening analysis are given as a safety map in figure 10. The factor of safety in the area of the analysed landslide after this strengthening is 1.24, which means that a landslide is likely to occur. The alternative strengthening is insufficient. Further extension of the wall's dimensions or addition of anchors could be hazardous in the case of economic value of the investment.

Conclusions

The main issue discussed in this paper is the numerical analysis of an active landslide based on the geometry derived from laser scanning together with the concept of escarpment protection. The calculations carried out give a general view of the subject matter and allow for such statements:

- The possibility of editing and importing into a calculation programme the point cloud obtained from laser scanning significantly accelerates the construction of the geometric model and improves its presentation accuracy.
- Back analysis of shear strength parameters allows for more precise simulation of genuine soil conditions during a failure. Application of laboratory obtained soils' parameters in the numerical model generated the factor of safety of 3.80. Such value makes the occurrence of a landslide impossible.
- It is believed that plethora of possibilities for securing the slope makes it relatively easy to adjust the strengthening to groundwater and ground conditions and investor's requirements. However, based on the calculations, in this case scenario only one considered variant of strengthening is appropriate, taking into consideration both economic and security reasons. For the first alternative of slope strengthening factor of safety in the area of the landslide reached 1.32, which mean the landslide is unlikely to occur.

References:

- Abramson L.W, Thomas S.L, Sharma S., Boyce G.M. 1996. *Slope stability and stabilization methods*. John Willey & Sons, New York
- Akin M. 2013. *Slope stability problems and back analysis in heavily jointed rock mass: Case study from manisa*, Turkey, Rock Mech. Rock Eng., 46(2): 359–371.
- Bitelli G., Dubbini M., Zanutta A. 2004. *Terrestrial laser scanning and digital photogrammetry to monitor landslide bodies*, [in:] Proc. XXth ISPRS Congr. Istanbul, Vol. XXXV, (B5): 246–251.
- Cała M. 2007. *Rozprawy, Monografie. Numeryczne metody analizy stateczności zboczy*. AGH Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków
- Cała M., Flisiak J. 2000. *Analiza stateczności skarp i zboczy w świetle obliczeń analitycznych i numerycznych*, [in:] XXIII Zimowa Szk. Mech. Górniczo-Hutnicza. Bukowina Tatrzańska: 27–37.
- Cebulski J. 2015. *Terrestrial laser scanning as a tool to determine the activity of landslides*, Pr. Stud. Koła Nauk. Geogr. Uniw. Pedagog. w Krakowie, 4: 13–20.
- Dunning S. A., Massey C. I., Rosser N. J. 2009. *Structural and geomorphological features of landslides in the Bhutan Himalaya derived from Terrestrial Laser Scanning*, Geomorphology. 103(1): 17–29.
- EN 1997-2: 2007. *Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing*.
- Hussain M., Stark T. D., Akhtar K. 2010. *Back-analysis procedure for landslides*, [in:] Proc. Int. Conf. Geotech. Eng. Lahore, Pakistan.
- Jermolowicz P. 2014. *Stabilizacja skarp i osuwisk*, Mag. Autostrady, 11–12: 38–42.
- Kłosiński B., Leśniewski Ł. 2009. *Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym*, [in:] Ogólnopolska Konf. Nauk. Zakopane.
- Kowalski M. 2014. *Metodyka oceny warunków stateczności skarp o złożonej geometrii i budowie geologicznej (doctoral thesis)*. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.
- Martínez J. et al. 2012. *Automatic processing of Terrestrial Laser Scanning data of building façades*, Autom. Constr., 22: 298–305.
- Park H. S. et al. 2007. *A New Approach for Health Monitoring of Structures: Terrestrial Laser Scanning*, Comput. Civ. Infrastruct. Eng. John Wiley & Sons, Ltd, 22(1): 19–30.
- Riveiro B., DeJong M. J., Conde B. 2016. *Automated processing of large point clouds for structural health monitoring of masonry arch bridges*, Autom. Constr. 72: 258–268.
- Sharma S. 2001. *Slope Stability and Stabilization Methods*, second edition.
- Suchocki C., Katzer J. 2018. *Terrestrial laser scanning harnessed for moisture detection in building materials – Problems and limitations*, Autom. Constr., 94: 127–134.
- Syahmi M. Z. et al. 2011. *The movement detection on the landslide surface by using Terrestrial Laser Scanning* [in:] 2011 IEEE Control Syst. Grad. Res. Colloq.: 175–180.
- Xu W. et al. 2019. *Optimized finite element analysis model based on terrestrial laser scanning data*, Compos. Struct. 207: 62–71.

Badanie pionowości komina przemysłowego metodą naziemnego skaningu laserowego

Examining the verticality of the industrial chimney using the method of terrestrial laser scanning

Aleksandra Pasek
Dominik Zapała
Michał Mazur

Politechnika Świętokrzyska
Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki
Studenckie Koło Naukowe „Geomatica”
Opiekun: mgr inż. Marcin Gil, mgr inż. Paweł Frąckiewicz

Abstract

The subject matter presented in the article concerns measurements of industrial chimney sweeps using the method of terrestrial laser scanning. The study is aimed at demonstrating the suitability of terrestrial laser scanning for the measurement of industrial chimneys. The first part of the work discusses the purpose of measurements, presents and explains the applied measurement methods. An object covered by the study has been presented. The second part is devoted to measurements with a laser scanner. The measurement scheme as well as the way the results were worked out are approximated. Graphic steps show the subsequent stages of creating a three-dimensional industrial chimney model. The result of the work is the creation of a target 3D model and analysis of the results obtained. Comments from completed works and studies were presented in the form of final conclusions.

Keywords: deflection, industrial chimneys, laser scanning, 3D model.

Wstęp

Geometryczne pomiary wszystkich obiektów budowlanych, służą do określenia ich stanu technicznego. Ustawa Prawo budowlane określa częstotliwość prowadzenia badania stanu technicznego kominów. Określenie rzeczywistych wychyleń komina i ich analiza, wymaga przeprowadzenia pomiarów geodezyjnych.

Celem wykonanych pomiarów była rejestracja i analiza wychyleń komina przemysłowego w Nowinach. Założono osnowę pomiarową, wykonano obserwacje, opracowano pomiary i zinterpretowano rezultaty. Uzyskane wyniki porównano z warunkami normowymi.

Realizację pomiarów poprzedziła analiza a’priori skanera laserowego dla zakładanych lokalizacji stanowisk. Wykonano pomiar osnowy oraz jej wyrównanie. Z założonych stanowisk wykonano pomiar metodą skaningu laserowego. Do obliczeń wykorzystano program Microsoft Office Excel oraz do obliczeń osnowy program Winkalk. W przypadku skaningu laserowego

wykorzystano programy: X300 File Manager, CloudComapre oraz AutoCad. Zakres wszystkich obliczeń, opierał się na wyznaczeniu współrzędnych osi komina wraz z ich wyrównaniem oraz analizą dokładności.

Analiza współrzędnych środków okręgów badanych poziomów pozwoliła na wyznaczenie wielkości wektorów wychyleń. Graficzne zobrazowanie wychyleń pionowej osi komina wykonano w programie AutoCad.

W artykule omówiono badanie pionowości komina przemysłowego technologią naziemnego skaningu laserowego. Omówiono metody pomiarowe wysmukłych obiektów ze szczególnym podkreśleniem metody naziemnego skaningu laserowego. Dokonano analizy wykonanego pomiaru oraz wygenerowano trójwymiarowy model skanowanego obiektu w rzeczywistych barwach.

Metody obserwacji kominów przemysłowych

Badanie deformacji kominów, polega na pomiarze wychyleń trzonu od głównej osi pionu, które można obserwować za pomocą klasycznych i współczesnych metod pomiarowych jak: metoda stycznych otaczających, pomiar tachimetryczny, metoda fotogrametryczna oraz naziemny skaningu laserowy.

Metoda stycznych otaczających, polega na pomiarze z punktów osnowy pomiarowej dwóch kierunków wyjściowych, które zazwyczaj odpowiadają najniższemu poziomowi obiektu możliwego do zaobserwowania. Następnie wykonuje się kolejno pomiar kierunków ustalonych wyższych poziomów. Wychylenie obiektu na danym poziomie, wyznaczane jest na podstawie różnicy kierunków położenia osi na danym poziomie względem przyjmowanego poziomu odniesienia komina. Metoda pracochłonna na etapie pomiaru, ale efektywna w przypadku wymaganej dużej dokładności wyników (Jagielski 2013).

Metoda tachimetryczna polega na pomiarze minimum trzech dostępnych punktów na tym samym poziomie przy użyciu tachimetru rozstawionego na punkcie osnowy pomiarowej. Technika polega na pomiarze kątów poziomych, pionowych oraz długości. Uzyskane dane pozwalają na wyznaczenie współrzędnych przestrzennych punktów osi komina na poziomach objętych pomiarem. Różnice współrzędnych względem poziomu odniesienia wyznaczają składowe wektora wychyleń od pionu osi komina (Jagielski 2013).

W ostatniej dekadzie skaningu laserowy stał się jedną z najbardziej znaczących metod pozyskiwania informacji, odnoszących się do struktur, które są obiektem pomiarów inżynierskich stosowanych w geodezji (Lenda i in. 2016). Zastosowanie nowoczesnych instrumentów, przyspieszyło czas pracy i poprawiło efektywność istniejących metod

obserwacji. Klasyczne metody pomiaru zastąpiono innowacyjnymi technikami, np. naziemnym skanowaniem laserowym. Skaner pozwala na pozyskanie chmury milionów punktów w bardzo krótkim czasie. Główną zaletą metody jest pozyskiwanie pełnego modelu obiektu, podczas gdy tradycyjne metody geodezyjne, opierają się na pomiarze pojedynczych punktów.

Skaning laserowy to szybka oraz w pełni zautomatyzowana technika. Gęstość skanowania chmury punktów określa użytkownik za pomocą przyrostu wartości kąta poziomego oraz pionowego, o jaki obraca się głowica skanera w trakcie trwania pomiaru. Odległość do mierzonego obiektu, uzyskiwana jest na podstawie pomiaru czasu przebycia wiązki laserowej. Pomiar wykonujemy z kilku stanowisk skanera, w zależności od obszaru oraz sytuacji w jakiej zlokalizowany jest obiekt. Optymalna liczba stanowisk dla pomiaru obiektu wysmukłego wynosi 4, ze względu na wystarczającą ilość wspólnych punktów pomiędzy skanami.

Na podstawie znanego położenia skanera oraz wykonanych pomiarów, oprogramowanie w łatwy sposób umożliwia wyznaczenie współrzędnych przestrzennych zamierzonych punktów w dowolnym układzie odniesienia. Po zakończeniu pomiaru, wykonywane jest kolorowe zdjęcie celem nadania modelowi rzeczywistych barw.

Rezultatem skaningu jest chmura punktów stanowiąca podstawę dla opracowania modelu 3D. Uzyskane dane wymagają filtracji zbędnych punktów oraz służą do wygenerowania trójwymiarowego modelu skanowanego obiektu. Opracowanie przeprowadza się za pomocą dedykowanego oprogramowania np. LeicaCyclone, Geomagic Design X and GeomagicWrap lub 3D Reshaper (Pandzić i in. 2018). Nadanie georeferencji skanerowi umożliwia automatyczne połączenie skanów i opracowanie modelu. Najczęściej do procesu generowania, stosuje się metody oparte na siatce trójkątów TIN.

Filtracja danych oraz wygenerowany model 3D, pozwala na oszacowanie wychyleń wybranych przekrojów. Na wybranych poziomach prowadzi się płaszczyznę prostopadłą do teoretycznej prawidłowej osi obiektu. Za płaszczyznę odniesienia przyjmuje się płaszczyznę położoną najbliżej fundamentów. Przez środki kolejnych płaszczyzn przeprowadza się krzywą, charakteryzującą rozkład odchyleń od pionu. Celem dokładniejszego zobrazowania osi obiektu, składowe wychyleń rozdziela się na płaszczyznę ZX oraz ZY oraz oblicza się sumę tych wektorów, jako całkowite wychylenie w danym przekroju (Piech i Kwoczyńska 2017).

Zastosowanie skaningu laserowego umożliwia uzyskanie realistycznych modeli oraz wykonywanie precyzyjnych pomiarów w wirtualnej przestrzeni. Zakres zastosowań naziemnego skanera laserowego, jest bardzo obszerny i cieszy się dużym zainteresowaniem ze względu na szybką technologię pomiaru. Skaning laserowy znajduje zastosowanie w różnych

dziejzinach, w których ułatwia dokumentowanie obiektów (np. geodezji, budownictwie i architekturze). Szybki pomiar skanerem wymaga długiego czasu opracowania uzyskanych danych, specjalistycznego oprogramowania oraz komputerów o odpowiednich parametrach.

Rysunek 1. Przybliżone położenie badanego obiektu



Źródło: wydział-komunikacji.081.pl.

Opis obiektu

Komin przemysłowy objęty opracowaniem jest zlokalizowany w miejscowości Nowiny, w gminie Sitkówka-Nowiny, w powiecie kieleckim, województwie świętokrzyskim. (Rys. 1). Obiekt (Rys. 2) znajduje się na działce ewidencyjnej nr 35/446, obręb Wola Murowana, w odległości około 10 km od centrum miasta Kielce.

Rysunek 2. Lokalizacja komina przemysłowego



Źródło: google.com/maps, dostęp 07.03.2019 r., stan aktualny na 09.2012 r.

Komin w Nowinach (Rys. 3) jest obiektem wolnostojącym, o konstrukcji żelbetowej monolitycznej i cylindrycznym kształcie. Ze względu na wysokość sięgającą około 60 metrów, obiekt zakwalifikowano do budowli średnich. Trzon komina betonowy, podzielony jest na segmenty, które występują w formie pierścieni. Komin posiada cztery otwory wlotowe, drabiny włazowe, piorunochron oraz galerię zewnętrzną, na której umiejscowione są urządzenia radiowe.

Galerie znajdujące się na obiekcie służą obsłudze anten oraz pozwalają na dokonywanie okresowych przeglądów konstrukcji. W dolnej części trzonu, zlokalizowane są trzy repery stalowe służące do monitorowania osiadań i wychyleń komina. Położenie obiektu na terenach inwestycyjnych, wymaga przeprowadzania okresowych pomiarów kontrolnych (naszekielce.com dostęp: 07.03.2019).

Rysunek 3. Teren Fabryki Tlenku Glinu w czasie prac rewitalizacyjnych



Źródło: naszekielce.com, dostęp 07.03.2019

W latach 70. ubiegłego wieku obszar, na którym znajduje się obiekt, przeznaczony był pod Fabrykę Tlenku Glinu. W połowie lat 80., z uwagi na kryzys, zaprzestano budowy. Pozostawiono podpory pod piece hutnicze, fragmenty konstrukcji pod cykle produkcyjne i dwa betonowe kominy. W 2018 roku przeprowadzono rewitalizację terenu: usunięto podpory stanowiące podstawę pieców hutniczych, wykonano infrastrukturę podziemną oraz drogi dojazdowe. Obszar opracowania obejmuje 8 hektarów i jest obecnie przekształcany na tereny inwestycyjne. Po zakończeniu wszystkich prac, miejsce zostanie przeznaczone pod obiekty produkcyjne, składowo-magazynowe oraz usługi i handel.

Metodyka pomiarów

Wykonanie oraz analiza pomiarów określa stan techniczny budowli. Pomiar przeprowadzono metodą skaningu laserowego. Do opracowania wykorzystano oprogramowanie komputerowe wspomagającym obliczenia i graficzną prezentację otrzymanych wyników. Efektem końcowym pomiarów jest wyznaczenie wychyleń osi komina oraz model 3D pozyskany metodą skaningu.

Osnowa geodezyjna pełni podstawową rolę podczas prac pomiarowych. W przypadku, gdy istniejąca osnowa szczegółowa nie spełnia warunków koniecznych do wykonania pomiaru, należy założyć osnowę realizacyjną dopasowaną do prowadzonych prac. Baza pomiarowa do pomiaru kominów przemysłowych powinna składać się minimum z trzech stanowisk, a swoją konstrukcją przypominać trójkąt równoboczny (Rys.4). Kryteriami określającymi sieć geodezyjną jest jej niezawodność oraz dokładność.

Rysunek 4 Zaprojektowana osnowa pomiarowa



Źródło: Opracowanie własne na podstawie [google.com/maps](https://www.google.com/maps).

Założenie osnowy poprzedzono wywiadem terenowym obszaru objętego pomiarem. Założono 3 punktową osnowę. Punkty zastabilizowano trwale metalowymi trzpieniami oraz znakami granicznymi, aby nie uległy zniszczeniu i mogły zostać wykorzystane w pomiarach kontrolnych (Rys.5).

Rysunek 5 Stabilizacja punktów osnowy pomiarowej



Źródło: Opracowanie własne.

Pomiar osnowy wykonano tachimetrem elektronicznym. Stanowiska nr 1 i 2 tworzą bazę, która tworzy oś Y w układzie lokalnym. Wyrównanie i obliczenie współrzędnych wykonano w programie Winkalk.

Pomiar skaningu laserowego przeprowadzono skanerem STONEX X300 (Rys. 6). Sterowanie skanerem odbywa się za pomocą smartfona z oprogramowaniem Android, iOS oraz Windows Mobile. Na obudowie znajduje się tylko jeden przycisk, za pomocą którego łączymy się bezprzewodowo z telefonem za pośrednictwem Wi-Fi. (www.czerski.com). Parametry techniczne skanera zestawiono w tabeli 1. Komin pomierzono skanerem w trybie najwyższej specyfikacji fine. Jeden skan, umożliwia pozyskanie około 5 milionów punktów.

Rysunek 6. Skaner STONEX X300



Źródło: Zdjęcie z www.czerski.com.

Tabela 1. Parametry techniczne skanera

SPECYFIKACJA SKANERA X300	
WYDAJNOŚĆ	
Zasięg	1,6 - 300m, przy 1000% albedo(dla bieli)
Zakres rejestracji skanera w płaszczyźnie poziomej	360 (w pełni panoramiczny)
W płaszczyźnie pionowej	90 (-25 do + 65)
Prędkość skanowania	Do 40 000 punktów/ sekundę
Wielkość siatki	39 mm x 39 mm na 100 m
Dokładność pomiaru odległości	< 6 mm na 50 m - (1 sigma)
SYSTEM	
Optyka skanera	Pionowo obracające się lustro, poziomo obracająca się baza
Klasa lasera	Klasa 1M 9IEC 60825 - 1
Długość wiązki lasera	905 nm (niewidoczne)
Dwuosiowy kompensator	Dokładność 0,08, Zakres +/- 20
Zintegrowanie kamery	5 + 5 megapikseli
Rozdzielczość kątowa	1943 x 2592 x 2px
Przechowywanie danych	Zintegrowana pamięć 32 GB
Transfer danych	Wi - Fi, urządzenie USB, Ethernet
Sterowanie skanerem	Przez dedykowany interfejs WebWi-Fi dla smartfona/ tabletu (Android, iOS oraz WindowsMobile)

Źródło: Dane na podstawie www.czerski.com.

Wyniki dokonanych pomiarów

Zakres wizury ustalono na 70°, aby umożliwić skanowanie punktów z ustawionymi tarczami. Instrument, po zakończeniu skanu w celu odzwierciedlenia obiektu w barwach RGB, wykonuje zdjęcie. Wykonano łącznie 6 skanów. Trzy skany ze stanowisk osnowy oraz trzy w połowie odległości pomiędzy stanowiskami w celu uzupełnienia pustych obszarów. Współrzędne stanowisk uzupełniających wyznaczono tachimetrycznie. Wszystkie pomiary przeprowadzono jednego dnia w warunkach bezwietrznych oraz przy pełnym zachmurzeniu.

Zautomatyzowane oprogramowanie łączy skany na podstawie nadanej georeferencji podczas pomiaru. Do opracowania wyników wykorzystywano program CloudCompare. Umożliwia scalanie, dodawanie i filtrację pod indeksowych plików składnicy danych chmury punktów. Program równocześnie orientuje dwie chmury punktów, w przypadku ręcznego łączenia skanów. Optymalnie połączenie następuje, gdy wykonane skany pokrywają się minimum w 20 procentach. Oprogramowanie umożliwia analizę dokładności przy założeniu minimum 4 punktów dostosowania o znanych współrzędnych na każdym ze skanów. O dokładności opracowania decyduje gęstość chmury punktów na pokrywających się skanach. Obliczono błąd RMS na podstawie wzoru na średni błąd kwadratowy jasności pikseli (Tab. 2). Uzyskany błąd nie przekracza maksymalnie 1,6 cm. Kolejno wykonano filtrację zbędnych

danych. Komin uzupełniono o barwy zbliżone do rzeczywistych, na co pozwalają zdjęcia wykonane kamerą cyfrową wbudowaną w skaner.

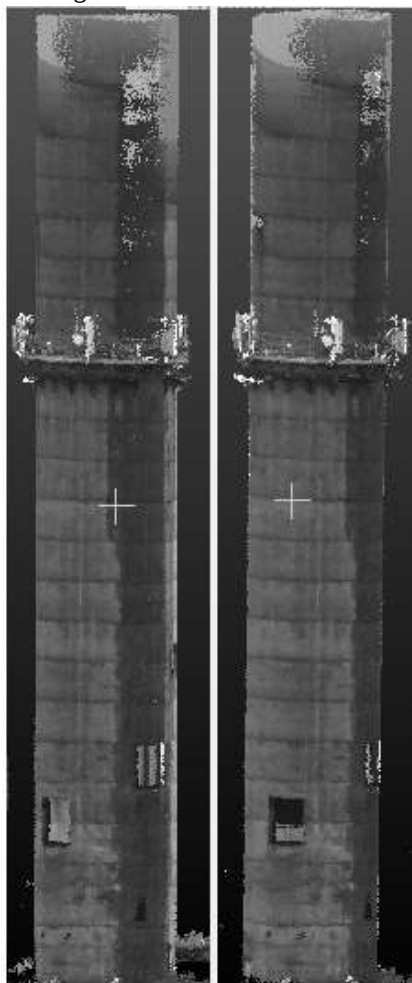
Tabela 2. Wartości średniego błędu kwadratowego RMS przedstawionego w metrach

	Final RMS [m]
St.1-1a	0,012
1a-St.2	0,016
St.2-2a	0,013
2a-St.3	0,014
St.3-3a	0,015
3a-St.1	0,012

Źródło: Opracowanie własne.

Efektem końcowym skaningu laserowego jest trójwymiarowy model (Rys. 7). Dolna część komina wykazuje najlepsze odwzorowanie rzeczywistości. Punkty położone u wylotu komina wykazują zniekształcenia. Powodem są małe wartości kąta zenitalnego oraz lokalizacja stanowisk skanera na poziomie terenu.

Rysunek 7. Widok ZX i ZY modelu badanego komina



Źródło: Opracowanie własne.

Oprogramowanie pozwala na wygenerowanie przekrojów obiektu i eksportu danych w formacie dxf do programu AutoCAD. Umożliwiło to wyznaczenie środka każdego przekroju z dużą dokładnością. Przykładowe przekroje pokazano na rysunku 8. Przekrój najbardziej oddalony od podstawy komina, jest najmniej wyraźny oraz występują przerwy w połączonych skanach. Otrzymane wychylenia ZX, ZY oraz wektor wychylenia zestawiono w tabeli 3.

Rysunek 8. Otrzymane przekroje z I, V i VII poziomu



Źródło: Opracowanie własne.

Program CloudComampre pozwala na wygenerowanie przekrojów poziomych. Wspominany problem słabszego odwzorowania górnej części komina względem podstawy, jest spowodowany rozmieszczeniem tarcz nawiazania u podstawy obiektu. Uniknięcie jest możliwe, przy równomiernym rozmieszczeniu tarcz na całym obiekcie. Współrzędne tarcz nawiazania, najlepiej określać w dowiązaniu do przyjętej osnowy.

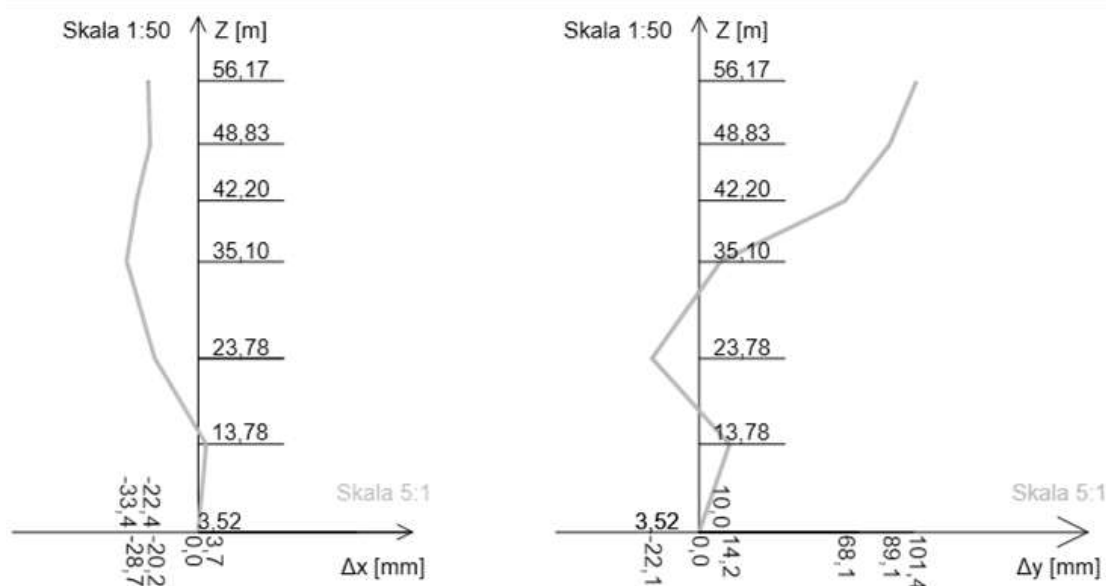
Tabela 3. Zestawienie wychyleń na podstawie środków wygenerowanych przekroi

Poziom	Δx [mm]	Δy [mm]	Δp [mm]
1	0,0	0,0	0,0
2	3,7	14,2	14,7
3	-20,2	-22,1	29,9
4	-33,4	10,0	34,9
5	-28,7	68,1	73,9
6	-22,4	89,1	91,9
7	-23,4	101,4	104,1

Źródło: Opracowanie własne.

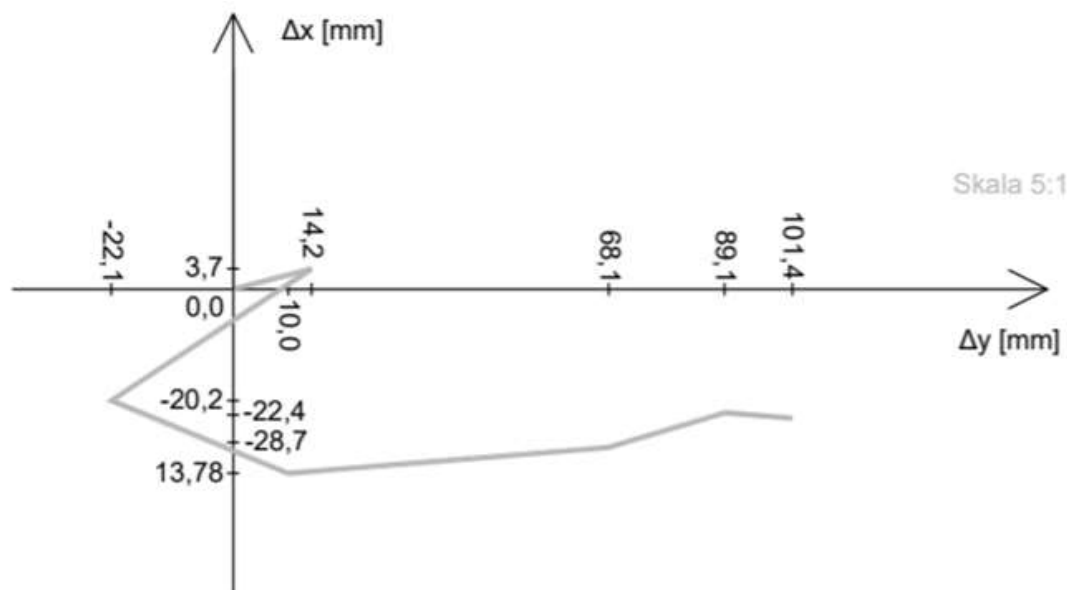
Maksymalne wychylenia zaobserwowano na poziomie 6 i 7, czyli na wierzchołku komina przemysłowego. Zestawione wyniki wychyleń opracowano graficznie. Wykonano rysunek wychyleń w płaszczyźnie ZX i ZY (Rys.9) oraz rysunek wychylenia w płaszczyźnie XY (Rys.10).

Rysunek 9. Wchylenia osi komina w płaszczyźnie poziomej ZX i ZY



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 10 Wchylenia osi komina w płaszczyźnie poziomej XY



Źródło: Opracowanie własne.

Interpretacja wyników

Interpretacja stanowi najważniejszą część badania wychyleń osi budowli od pionu. Pomiary kontrolne, stanowią ważny element prowadzonych badań. Wykrywają wychylenia prowadzące do katastrof budowlanych. Interpretacje przeprowadza się na podstawie danych statystycznych oraz graficznie opracowanych pomiarów. Statystyczne opracowanie wyników, określa rzeczywistą wartość wychylenia, względem obranego poziomu odniesienia. Na

podstawie danych liczbowych wychyleń sporządzono graficzne opracowanie. Dodatkowo, skaniny laserowe, umożliwiły stworzenie modelu trójwymiarowego badanego obiektu.

Przeprowadzone prace terenowe, pozwoliły wyznaczyć wychylenia od osi pionu komina przemysłowego w Nowinach. Analiza otrzymanych wyników wykazała, że największa wartość przemieszczenia, znajduje się na poziomie 7 (H=56,518m) i wynosi 0,104m.

Wytyczne, określające wartość maksymalnego wychylenia od pionu dla komina żelbetowego, zamieszczono w normie PN-88/B-03004. Norma zawiera sposób obliczenia maksymalnych wychyleń konstrukcji w zależności od wysokości. Przeprowadzone badania komina nie wykazują przekroczenia dopuszczalnych wychyleń i stanowią 35% wychylenia normowego. Obecnie komin nie stanowi zagrożenia bezpieczeństwa, pomimo zidentyfikowanych wychyleń.

Wnioski

Upowszechniona metoda skaningu laserowego, jest efektywną metodą pozyskiwania danych przestrzennych i stanowi standardowe narzędzie pracy geodety. Niepodważalną zaletą jest uzyskiwanie dużych zbiorów danych o dużej dokładności, przy bardzo krótkim czasie pomiaru. Na tle metody stycznych otaczających, pomiarów tachimetrycznych, metody fotogrametrycznej, skaniny jest znacznie efektywniejszy.

Pozyskane dane wymagają post-processingu, obejmującego 90% całego czasu poświęconego opracowaniu. Ostatecznie metoda skaningu jest pracochłonna, ale dokładność uzyskanych danych powierzchniowych, jest nieosiągalna w przypadku metod klasycznych.

Wykonane pomiary i opracowania wykazały przydatność i efektywność metody skaningu laserowego do pomiaru kominów przemysłowych. Obecnie skaniny staje się podstawowym narzędziem pracy geodety. Koszty wynikające z zakupu instrumentu i oprogramowania oraz pracochłonność opracowania powodują, że nie jest to jeszcze w pełni standardowa technika stosowana w firmach geodezyjnych.

Literatura

<https://skanery3d.eu/zastosowanie-skanerow-3d> (dostęp: 07.03.2019).

Jagielski A. 2013. *Geodezja I w teorii i praktyce część 2*. Kraków: GEODPIS.

Lazzarini T. oraz zespół współautorów. 1977. *Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia*. PPWK, Warszawa.

Lenda G., Uznański A., Strach M., Lewińska P. 2016. *Laserscanning in engineering surveying: methods of measurement and modeling of structures*. Reports on Geodesy and Geoinformatics vol. 100: 109-130.

naszekielce.com/?q=tereny_inwestycyjne_nowiny, dostęp 07.03.2019.

Piech I., Kwoczyńska B., Łukaszewicz S. 2017. *Wyznaczenie pionowości komina z zastosowaniem skanowania laserowego*, Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum 16(4): 285-293.

Polski Komitet Normalizacyjny. 1988. PN-88/B-03004 *Kominy murowane i żelbetowe, Obliczenia statyczne i projektowanie*. Warszawa: Katalog Polskich Norm.

www.stonexpolska.pl (dostęp: 14.01.2019).

Wysocki J. 2000. *Geodezja z fotogrametrią dla inżynierii środowiska i budownictwa*, Wydawnictwo SGGW. Warszawa.

Żak M. 1980. *Geodezja Inżynierska*. PPWK.

Sprawdzalność prognoz pogody w przysłowiach ludowych na wybranym przykładzie

The verifiability of weather forecasts in folk proverbs on a selected example

Jagoda Ziewiec
Kamil Kultys

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Polskie Towarzystwo Geofizyczne Oddział Lubelski
Opiekun: dr Krzysztof Bartoszek

Abstract:

The humankind since ages believe in power of magic. They created a lot of predictions. The most of these divinations predict a weather. This knowledge was very important for farmers. They needed to know when they should start a cultivation. Till today a lot of people try to figure out a future weather based on various omens.

We choose just one omen of many. It was made by Saint Lucia. This omen is relying on check the weather between 13th and 24th December and month in next year. One day determines one month of the year. The research describes a veracity of an amateur forecast. We based only on a precipitation data in Włodawa IMGW station. In the multiplicity between 1956-2015.

The basis of research was Standardized Precipitation Index (SPI). The scale of index was limited to 3 groups. First group is below standard, second in the norm and third above the standard. It was checked for days between 13th-24th December and for every month of the next year. We compared the results and described as a percentage.

All examined period of the time had positive results in 30,4%. The results of all multiplicity were not enough to determine this omen as a reliable method to prediction the future weather.

Keywords: folk, weather forecasts, precipitations, SPI

Wstęp

Wpływ kultury zaznacza się w przestrzeni istnieniem charakterystycznej zabudowy, układem i kształtem pól uprawnych czy użytkowaniem terenu, co zwane jest krajobrazem kulturowym. Do tego dziedzictwa zaliczyć również można funkcjonujące wśród ludności przepowiednie, wierzenia czy obrzędy (Dyczewski 2002). Niektóre z nich, znane są w wielu krajach, niektóre jednak są specyficzne dla mniejszych regionów. Najstarsze cywilizacje miały swoich szamanów, wróżbitów, którzy przepowiadali przyszłość. Chęć człowieka do poznawania przyszłości jest znacząca. Dlatego też próbowano przepowiadać przyszłość na różne sposoby. Do dziś w kulturze, choćby naszego kraju, zachowały się obrzędy, wróżby czy

wierzenia związane na przykład z przepowiadaniem pogody, długości życia czy wielkiej miłości.

W przeszłości również powstawały prognozy pogody, które tworzone były na podstawie wieloletnich obserwacji zmian przyrody, zachowania zwierząt domowych i dziko żyjących. W ten sposób stworzono ogromną ilość przysłów, przepowiedni i powiedzeń znanych powszechnie w kulturze ludowej. Ta „mądrość ludowa” często przekazywana była ustnie, a następnie wraz z rozwojem techniki publikowana w prasie, książkach, czy prezentowana w audycjach radiowych. Przykładem takich publikacji może być Kalendarz Królowej Korony Polskiej na Rok Pański 1927, w którym na każdy miesiąc podane są rymowane przysłowia dotyczące pogody w tym okresie np.: *„Na św. Grzegorza idzie zima do morza”*, imieniny Grzegorza przypadają na 12 marca. Najczęściej jest to już czas przedwiośnia i kojarzony był z odchodzeniem zimy, roztopianiem się śniegu, spływaniem wód do morza i nadchodzeniem wiosny. Przykładem innego ludowego powiedzenia, przepowiadającego urodzaj jest: *„Na święty Józef pogoda będzie w polu uroda”*. Wspomnienie świętego Józefa również przypada na okres wiosenny – 19 marca. Na podstawie stanu pogody około 19 marca, ludność przewidywała urodzajność w tym samym roku. Wysokie temperatury powietrza i brak opadów, umożliwiały rozpoczęcie pierwszych prac polowych. Tak wczesne prace i wcześniejszy okres wegetacji, pozytywnie wpływały na urodzaj w danym roku. Inne przysłowie dotyczące przewidywania długotrwałych opadów brzmiało: *„Jeśli Piotr święty ze świętym Pawłem płaczą - to ludzie przez tydzień Słońca nie zobaczą”*. Powiedzenie to odnosi się do występowania tak zwanych „deszczy świętojańskich”, które przypadają pod koniec czerwca. Zaskakującym zjawiskiem jest istnienie długoterminowych prognoz pogody. Były one publikowane między innymi w Grudziądzkim Kalendarzu Mariańskim na rok 1927. Jako przykład można podać prognozę pogody na kwiecień 1927 roku, która zatytułowana była: *„Zmiany powietrza podług 100-letniego kalendarza”*. Najciekawszym fragmentem jest opis prognozy dla kwietnia, którego część zaprezentowano w oryginalnej pisowni: *„kwiecień: zmiennie aż do 5; w dniu tym spadnie śnieg następnie pogodnie aż do 15; poczem aż do 21 deszcz, mróz, szron”*. Taka prognoza była niemożliwa do przewidzenia, ale ogromna ciekawość dotycząca przyszłości powodowała, że ludzie chętnie czytali takie opracowania i porównywali z rzeczywistością. Innym przykładem może być zasłyszane na Powiślu Kozienickim powiedzenie: *„gdy Księżyc nastanie rogami do góry to będzie susza i susza”*. Zdanie to zostało posłyszane od starszych ludzi mieszkających na Powiślu Kozienickim, którzy obserwują wieczorami położenie księżyca i jeżeli jego ramiona skierowane są w górę, to przepowiadają na tej podstawie długotrwały brak opadów. Obserwacje takie możliwe są do przeprowadzenia przed pierwszą

kwadrą i po ostatniej kwadrze, aż do nowiu (Wilgat 1972), ponieważ wtedy kształt księżyca odpowiada założeniom, które stanowią podstawy tego wierzenia. Nie tylko na podstawie obserwacji nieba ludzie przepowiadali pogodę i układali przysłowia z nią związane. Analizowano również zachowania dzikich zwierząt, najczęściej ptaków. Wieść głosi, że jeżeli wróble kąpią się w suchym piasku, to za trzy dni spodziewać należy się opadów. Ludność często obserwowała zachowania wspomnianych wróbli, innych ptaków czy też owadów i na tej podstawie próbowano przewidzieć nadchodzące opady lub ich brak, co było bardzo ważne w planowaniu prac polowych.

Czasem dobrym do wróżenia i przepowiadania pogody na cały przyszły rok, był okres około Bożego Narodzenia, wiązało się to z kończeniem starego roku i wróżbami, co może przynieść ten nadchodzący. W tym czasie przypada wspomnienie św. Łucji, które obchodzone jest 13 grudnia. W tradycji europejskiej, dzień Św. Łucji jest świętem Słońca i światła. Obecnie najbardziej uroczyste święto to obchodzone jest w Szwecji, gdzie organizowane są pochody z zapalonymi świecami. W wielu regionach Polski znane są przysłowia: *Święta Łuca dnia przyrzuca*, lub: *Na Świętą Łucę noc się ze dniem tłuce*. Bardzo popularne jest szczególnie wśród górali karpackich, na Śląsku Cieszyńskim, na ziemi kieleckiej, ziemi radomskiej, Lubelszczyźnie i innych regionach, wierzenie dotyczące przewidywania pogody na cały przyszły rok. Brzmi ono: „*Od Łucyi dni dwanaście policz sobie do Wilii, patrz na słońko i na gwiazdy, a przepowiesz miesiąc każdy*”. Do chwili obecnej jest to bardzo popularne wierzenie, szczególnie wśród starszych osób, które skrzętnie notują stan pogody występującej w tych dniach, aby próbować przewidzieć pogodę dla poszczególnych miesięcy w nadchodzącym roku. Według tej przepowiedni dzień 13 grudnia to styczeń, 14 grudnia - luty, 15 grudnia – marzec itd. Tę przepowiednię uznano za najbardziej interesującą i sprawdzaniu jej wiarygodności poświęcono artykuł.

Zanik ludowości, przejawiający się m. in. odchodzeniem w niepamięć wierzeń czy prawd przekazywanych z pokolenia na pokolenie, jest w obecnych czasach bardzo nasilony. Mimo takiego trendu warto jednak odtwarzać i pielęgnować tradycje przodków, choćby w celu utrzymania i zachowania kultury i zróżnicowania regionalnego. By w pełni rozpoznać tę sferę, należy odnaleźć genezę ludowego zwyczaju i określić region, z którego się on wywodzi. Warto również poddać je analizie wiarygodności, ponieważ nie były one poparte żadnymi naukowymi badaniami i nie zbadano stopnia sprawdzalności tych pierwotnych prognoz.

Włodawa mieszka 13 798 osób (GUS 2011, <http://stat.gov.pl>). Miasto to położone jest w obrębie Garbu Włodawskiego, będącego częścią Polesia Podlaskiego. Stacja IMGW we Włodawie znajduje się na 51°33'N szerokości oraz 23°33'E długości geograficznej (Kaszewski i in. 1995). Na terenie gminy Włodawa występuje część rozległego kompleksu leśnego Sobiborskiego Parku Krajobrazowego.

Włodawa, jak cała Lubelszczyzna, znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego przejściowego, z przewagą wpływów kontynentalnych. Klimat tego obszaru kształtowany jest głównie przez dwa układy baryczne: Niż Islandzki oraz Wyż Azorski, co jest charakterystyczne również dla całego obszaru Polski. Przeważający udział w ciągu roku mają tutaj polarne morskie masy powietrzne. Udział mas arktycznych widocznie wzrasta w okresie wiosennym. Badania wskazują, że przeważają tu wiatry zachodnie (Kaszewski 2008). Najwięcej dni z opadem o najmniejszej wartości tj. $\geq 0,1$ mm występuje w grudniu. Wyższe wartości ($\geq 1,0$ mm oraz $\geq 10,0$ mm) notowane są w lipcu (Kaszewski 2008).

Sprawdzenie wiarygodności niniejszego wierzzenia, wymagało analizy długoletnich serii danych opadowych. Pozyskane one zostały ze stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Włodawie i obejmują okres od 1956 do 2015 roku. Są to dane, które przedstawiają sumy opadów dobowych. Dane posłużyły do wyliczenia sum opadów dla poszczególnych dni i miesięcy. Obliczeń dokonano w programie kalkulacyjnym Excel wykorzystując wskaźnik standaryzowanego opadu SPI (Standardized Precipitation Index). Wskaźnik ten służy do określania niedoboru opadu. Wartości SPI wyznaczane są na podstawie odchylenia opadu od jego mediany z danego wielolecia. Do wyznaczania wartości wykorzystano wzór wskaźnika SPI (za Bartoszek 2014):

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\delta}$$

gdzie:

SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu;

$f(P)$ = P1/3 – przekształcona (znormalizowana) suma opadów(mm);

μ – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów(mm);

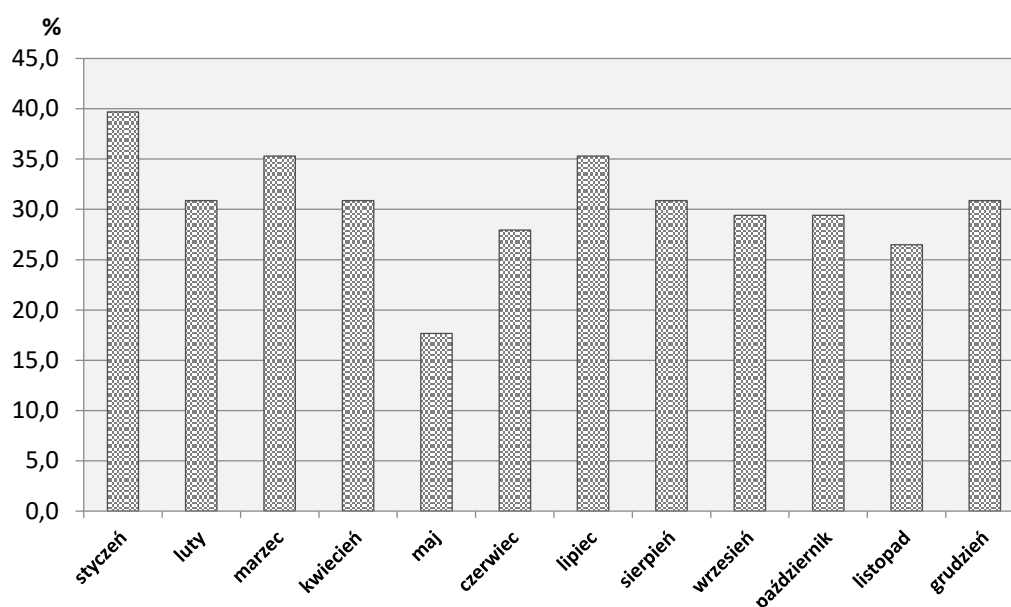
δ – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu sum opadów(mm).

Na podstawie obliczeń, z wykorzystaniem wartości wskaźnika SPI dla każdego dnia od 13 do 24 grudnia w każdym kolejnym roku, wyliczono wartości, które sklasyfikowano do trzech grup: opad poniżej normy, w normie oraz powyżej normy. Analogicznie postąpiono z miesiącami. Po podziale na grupy, poszczególne dni i miesiące porównano ze sobą, tj. każdy dzień z okresu od 13 do 24 grudnia z kolejnym miesiącem w roku następnym. Zgodność

wyników oznaczała potwierdzenie przysłowia i zostawała określona wartością „1”, natomiast cyfra „0” oznaczała niezgodność wyników. Po zsumowaniu powyższych wartości, możliwe było procentowe obliczenie sprawdzalności przysłowia.

Całe wielolecie zostało podzielone na dwa trzydziestolecia: 1956-1985 oraz 1986-2015. Dla obydwu okresów wyliczono procentową sprawdzalność oraz porównano je ze sobą. Wyniki analiz zaprezentowano w formie rysunków.

Rysunek . Sprawdzalność analizowanego przysłowia przedstawiona w sposób procentowy dla wielolecia 1956-2015



Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki i dyskusja

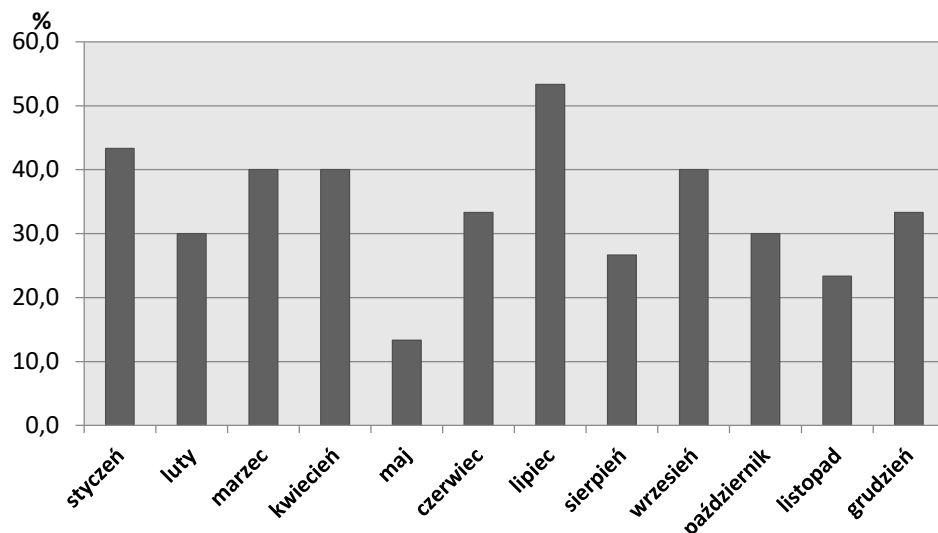
Wyniki analiz wskazują na zróżnicowanie sprawdzalności wierzenia w zależności od danego miesiąca. Uśrednione wyniki wskazują, iż największą sprawdzalnością charakteryzują się miesiące: styczeń (39,7%), marzec (35,3%) oraz lipiec (35,3%). Najmniejszy stopień wiarygodności (17,6%) przypada na maj (Rys. 2).

Wykonano również obliczenia dla dwóch krótszych okresów w rozpatrywanym wieloleciu (1956-1985 oraz 1986-2015), aby określić występowanie zróżnicowania sprawdzalności między tymi okresami.

Wielolecie 1956-1985 charakteryzowało się średnią sprawdzalnością 33,9%. Największy stopień wiarygodności przypada na lipiec (53,3%) i styczeń (43,3%). Sprawdzalnością 40% charakteryzują się miesiące: marzec, kwiecień i wrzesień. Najmniejszym stopniem wiarygodności, podobnie jak dla całego sześćdziesięciolecia, charakteryzował się maj

(13,3%) (Rys. 3). Okres ten odznacza się większymi dysproporcjami sprawdzalności w porównaniu z drugim trzydziestoleciem.

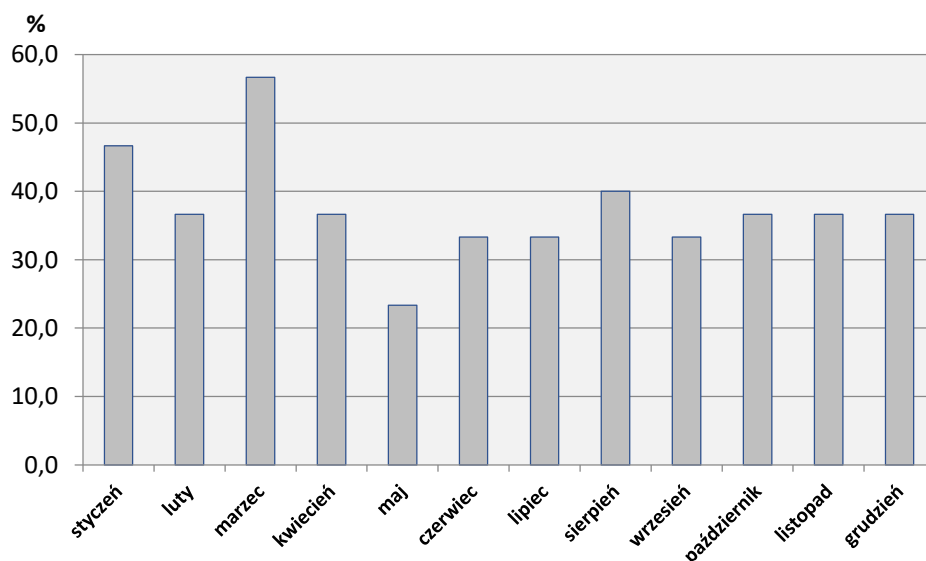
Rysunek 3. Sprawdzalność przysłówia przedstawiona w sposób procentowy dla wielolecia 1956-1985



Źródło: Opracowanie własne.

Największym stopniem wiarygodności w wieloleciu 1986-2015, charakteryzował się marzec (56,7%). Do wysokiego stopnia sprawdzalności zaliczyć można, podobnie jak w trzydziestoleciu 1956-85, wyniki dla stycznia (46,7%) oraz sierpnia (40%). Wiarygodność dla pozostałych miesięcy wynosiła poniżej 40%. Najmniejszym stopniem sprawdzalności wyróżniał się maj (23,3%) (Rys. 4).

Rysunek 4 Sprawdzalność przysłówia przedstawiona w sposób procentowy dla wielolecia 1986-2015



Źródło: Opracowanie własne.

Porównanie wyników analiz, przeprowadzonych dla dwóch okresów trzydziestoletnich, pozwoliło na zauważenie pewnych prawidłowości. Przeważa sprawdzalność prognozy pogody z jednego okresu nad prognozą pogody drugiego okresu (Tab. 1). Prognozy dla kwietnia, lipca i września lepiej sprawdzały się w wieloleciu 1956-85. Prognozy dla pozostałych 9 miesięcy, charakteryzują się lepszą sprawdzalnością w wieloleciu 1985-2015.

Tabela 1 Zestawienie ilości dni zgodnych z odpowiadającymi im miesiącami w roku następnym w podziale na dwa trzydziestolecia

	Ilość zgodności pomiędzy dniami a miesiącami											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1956-1985	13	9	12	12	4	10	16	8	12	9	7	10
1986-2015	14	11	17	11	7	10	10	12	10	11	11	11

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

Na podstawie analizy długoletnich serii danych opadowych, dokonano sprawdzenia wiarygodności przepowiedni ludowej, dotyczącej pogody na podstawie obserwacji grudniowych dni od wspomnienia św. Łucji do wigilii Bożego Narodzenia. Sprawdzalność dla całego wielolecia (1956-2015), której średnia wynosi 30,4%, nie może być zadowalająca. Opracowane wyniki wskazują na różną sprawdzalność tego wierzenia w ujęciu czasowym. Większą wiarygodność wykazano dla okresu 1986-2015. Największe znaczenie mają dane dotyczące sprawdzalności dla stycznia, maja i lipca. Z punktu widzenia społeczeństwa rolniczego, duża sprawdzalność przypadająca na lipiec, jest korzystna. Na miesiące letnie takie jak lipiec i sierpień przypadają żniwa, stąd też warto było w pewnym stopniu umieć przewidzieć pogodę na okres zbiorów, by łatwiej było zaplanować prace polowe.

Przepowiednia pogodowa dla maja charakteryzuje się najmniejszą wiarygodnością, dla wielolecia 1956-2015, średnia sprawdzalność to zaledwie 17,6%. Spowodowane może to być szeregiem czynników. Jako pierwszy rozpatrzono napływ mas powietrznych nad Polskę. Na okres maja przypada największy udział napływu mas powietrza arktycznego (PA) w stosunku do pozostałych miesięcy. Adwekcja mas powietrza arktycznego powodować może ochłodzenie oraz dużą zmienność pogody. Maj odznacza się ponadto najmniejszą częstością występowania mas powietrza polarno-morskiego „świeżego” (PPm). Przynosi ono wilgotne masy powietrzne, determinujące nasilenie opadów atmosferycznych, co za tym idzie, w miesiącach letnich okres napływu tych mas powoduje ochłodzenie, zaś zimą przynosi ocieplenie, którego skutkiem są odwilże i zwiększone opady (Starkel 1991). Na dużą zmienność pogody w maju na

Lubelszczyźnie wpływać może znaczna przewaga dni z pogodą niewewnątrzasową (Niedziałek 1983).

Najlepszą sprawdzalnością pogody charakteryzuje się styczeń, powodem tego może być fakt występowania tych mas powietrznych, które kształtowały pogodę okresu wyznaczonego do przepowiadania. Okres ten przypada na grudzień roku poprzedniego, więc pogoda stycznia może być wynikiem wpływu tych samych mas, a co za tym idzie, analogiczna do grudniowej. Pogodę w styczniu i grudniu determinują głównie masy powietrza polarnego morskiego (PPm i PPms). W obydwu miesiącach, częstość napływu mas powietrza arktycznego, jest stosunkowo niska. W odniesieniu do danych dla maja jest nawet znacząco niższa (Starkel 1991).

Podsumowując, można dopatrywać się pewnych związków między sprawdzalnością wierzeń ludowych a napływem mas powietrznych nad obszar. Widoczne są określone zależności, tak jak w przypadku omówionego powietrza arktycznego (PA). Zależności te nie są jednak na tyle silne, by na ich podstawie móc określić przyczyny lepszej bądź słabszej sprawdzalności przepowiedni. Wierzenia ludowe stworzone były bez jakichkolwiek podstaw naukowych i są bardzo wartościowym elementem życia ludności. W miarę rozwoju cywilizacji, ubożeje kultura ludowa, zanikają regionalne osobliwości takie jak stroje ludowe czy budownictwo, a także wytwory niematerialne jak obrzędy, pieśni, przepowiednie (Dyczewski 2002). Również poddane analizie wierzenia ludowe dotyczące pogody, ulegają rozmyciu w świadomości ludzi i odchodzą w zapomnienie. Dawniej stanowiły one ważny element życia, o czym świadczyć może ich istnienie od wieków, mimo zachowania tylko w ustnym przekazie. Obecnie warto je pielęgnować w celu utrzymania tradycji czy zachowania zróżnicowania regionalnego. Dzięki takim zwyczajom i przepowiedniom, zachować można pewną odrębność i zróżnicowanie kulturowe kraju a także utrzymać tożsamość swojej „małej ojczyzny”.

Literatura:

- Bartoszek K., 2014: *Występowanie susz atmosferycznych w okolicy Lublina i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*. Annales UMCS, sec. E, 69, 4: 49-61.
- Dyczewski L., 2002, *Trwałość i zmienność kultury polskiej*, Oficyna Wydawnicza Wojewódzkiego Domu Kultury, Lublin.
- Grudziądzki Kalendarz Marjański Rok 1927*, 1927, bezpłatny dodatek książkowy do „Gazety Grudziądzkiej”, Zakłady Graficzne Wiktora Kulerskiego, Grudziądz.
- <http://stat.gov.pl/spisy-powszechne/nsp-2011/nsp-2011-wyniki/ludnosc-w-rejonach-statystycznych-i-obwodach-spisowych-wedlug-plci-ekonomicznych-i-10-letnich-grup-wieku-nsp-2011,25,1.html> (dostęp 02.03.2019).
- Kalendarz Królowej Korony Polskiej na Rok Pański 1927*, Drukarnia Zakładów Wychowawczych Towarzystwa Świętego Michała Archanioła, Miejsce Piastowe.

- Kaszewski B. 2008. *Klimat* [w:] *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny*, pod red. Turski R., Uziak S., Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin.
- Kaszewski B., Mrugała S., Warakowski W. 1995. *Klimat* [w:] *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny*, pod red. Turski R., Uziak S., Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin.
- Kaszewski B. 2008. *Warunki klimatyczne Lubelszczyzny*. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie- Skłodowskiej, Lublin.
- Kożuchowski K. (red.) 2012. *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa.
- Kożuchowski K. 2011. *Klimat Polski nowe spojrzenie*, PWN, Warszawa.
- Niedziałek H. 1983. *Częstość występowania dni z poszczególnymi rodzajami mas powietrznych w Puławach w latach 1966-1975*. Biuletyn Lubelskiego Towarzystwa Naukowego, geografia, vol. 24, nr 1/2, PWN, Warszawa
- Starkel L. (red.) 1991. *Geografia Polski środowisko przyrodnicze*, PWN, Warszawa.
- Wilgat T. 1972. *Geografia astronomiczna*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa.

The study of climate change in the lab

Badania zmian klimatycznych w skali laboratoryjnej

Barbara Hanna Roman

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Doktoranckie Koło Naukowe „Zielona Chemia”
Opiekun: dr hab. inż. Robert Pełech

Abstract

The Climatic changes have been occurring continuously since the creation of the Earth. For over a dozen years, IPCC reports have highlighted the huge human impact on these changes. Methodological research and analyzes note a decrease in temperature and the CO₂ content in the troposphere, which heralds the coming glaciation. Such extreme information causes confusion in data reliability.

The aim of the study was to compare the dynamics of heating and cooling of the atmosphere in a microscale under different conditions (atmosphere, atmosphere + CO₂, atmosphere + water, atmosphere + water + CO₂). The box contains 4 bottles with thermocouples and a source of heat. The temperature was measured every 2 min. during 20 min. After 10 minutes the heat source has been turned off.

The research results showed that the rate of temperature change depends on the presence of water. Addition of an additional 20 cm³ of CO₂ did not affect the dynamics of temperature changes.

Keywords: climate change, greenhouse effect, carbon dioxide, anthropogenic changes

Introduction.

For more than ten years, the media and the scientific community have been paying attention to climate change, for which human activity suspects responsibility. There were many publications presenting the destructive impact of CO₂ on our climate based on IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) reports, an organization that was established by the UN in 1988. The organization's activities included a climate conference in Kyoto, during which CO₂ emission limits were introduced in countries developed. They were obliged to reduce by 5.2% the total greenhouse gas emissions by 2012 compared to 1990. By 2100, a total of 34 trillion dollars was planned to reduce the production of that gas (Nordhaus 2007). Data on anthropogenic climate change are often used on the political scene to manipulate the public. Short slogans such as "greenhouse effect", "man destroys the climate", "ozone hole" strongly affect the reader's imagination, but do not explain the actual phenomena.

Since the existence of the Earth, the climate is constantly changing. The climate has been defined as a set of phenomena and atmospheric processes in a given area based on the

results of long-term observations and meteorological measurements (PWN encyclopedia). Thanks to modern technology, it has been possible to study climate changes of the last several hundred thousand years on the basis of analyzes of Greenland and Antarctic ice caps (Clark and Alley 1999, Petit et al. 1999). There have been observed relatively cyclic changes of the cold climate, i.e. glacial into a temperate climate (interglacial). The last glaciation of Europe ended about 11.5 thousand years ago, and then passed into an interglacial lasting until today (called the Holocene). At that time, there were climate fluctuations lasting from 1000 to 1500 years. About 7700-5000 years ago there was a period known as the Atlantic optimum, during which the temperature was on average 2 °C higher than in today. Another warming was recorded in the Middle Ages (12th century). However, from the mid-sixteenth century to the mid-nineteenth century, the climate cooled, called "a small ice age". It was not until the 20th century that the slow warming of the climate began to be observed. Many scientists combine this process with human industrial activity (Róžański 2001, PWN encyclopedia). It is worth considering whether it is appropriate.

It is commonly emphasized human responsibility for climate change. Particularly this position is presented by the IPCC, which presented the 5th report. The report, published on October 8, 2018, shows that a 1.5 °C warming will be much less disadvantageous than 2 °C for people and nature. The required actions to stop climate change at this level will not stop the development of a stable economy and reduce social stratification.

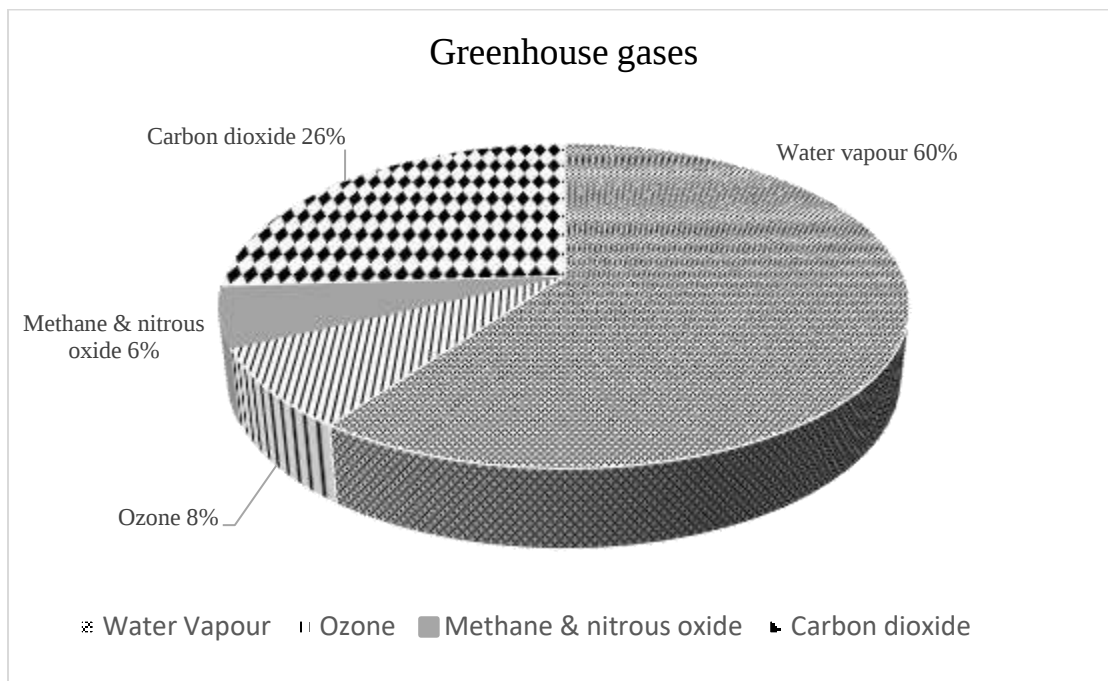
However, the real source of climate change is the fluctuation in the amount of energy reaching the Earth from the Sun, changes in the Earth's orbit around the Sun and, to a lesser extent, changes in the Earth's atmosphere (aerosols, greenhouse gases, volcanic eruptions) and surface properties (e.g. changes in land development, water retention) (Imbre et al. 1984).

The atmosphere creates a barrier against excessive electromagnetic radiation from space and maintains a temperature (+ 15 °C) favorable for the development of life through the greenhouse effect. On the other hand, the Earth without atmosphere would have a temperature of around -17 °C. These properties result from the composition of the mixture of gases forming it, nitrogen (78.08%), oxygen (20.95%), argon (0.93%) and other gases such as carbon dioxide, neon, helium, krypton, xenon, hydrogen and ozone (0.04%) in terms of dry air. Depending on the place and conditions, the atmosphere may contain from 0.1 to 3% v of water.

The greenhouse effect of the atmosphere is caused by the presence of gases that have absorption bands in the infrared area, mainly water vapor (responsible for about 96% of the greenhouse effect) and carbon dioxide (2.44%) (Fig.1). The rest of greenhouse gases is of little importance. The greenhouse effect of water is clearly perceptible. In the dry climate there is

a large differentiation of day-night temperatures, while in the sea climate the differences between day and night temperatures are flattened.

Figure 1. The amount of greenhouse gases in the atmosphere



Source: Kiehl J., Trenberth K. 1997.

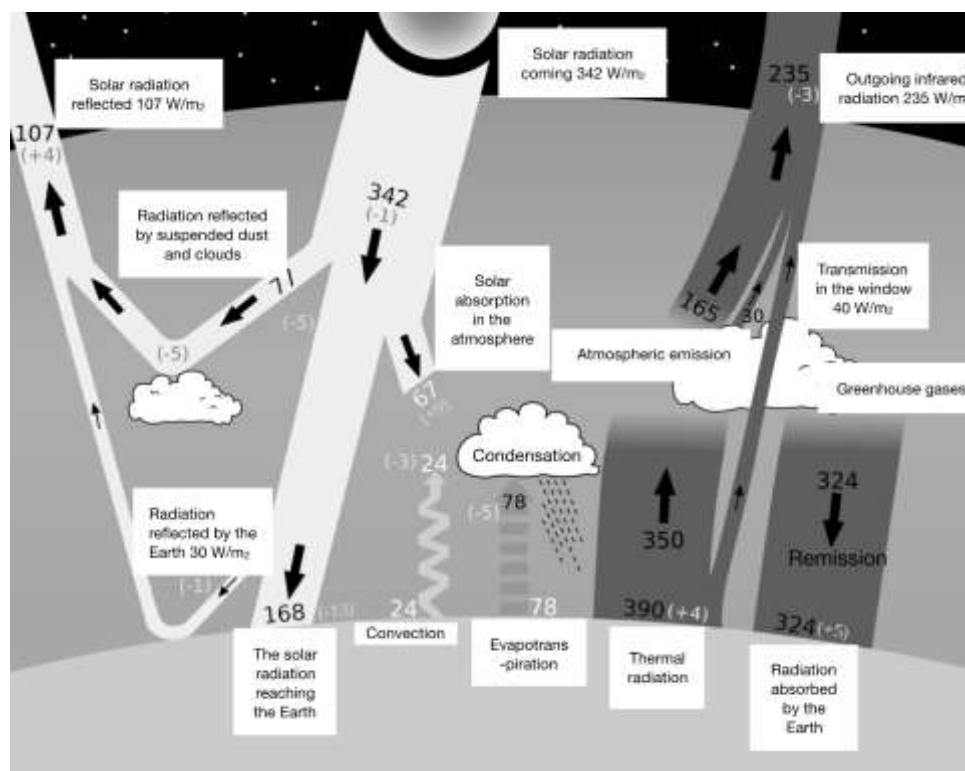
It is worth to bring the process of the greenhouse effect to the understanding of its mechanism of formation (Fig. 2). A larger amount of sunlight with a wavelength of 0.1-4 micrometers (shortwave radiation) passes through the Earth's atmosphere, because it is not captured by greenhouse gases, i.e. water vapor, CO₂ and methane, and is then absorbed by the Earth's surface.

This warms up its top layers that emit infrared radiation (long wave) with a wave of 5-50 micrometers. Most of this radiation is absorbed by water vapor as well as small droplets of water in clouds and greenhouse gases. The atmosphere reflects thermal energy in the form of reverse radiation to the Earth's surface. Only a small portion of this radiation goes into space. It is the backward radiation that causes the greenhouse effect on our planet. Summing up the energies, the surface of the Earth gives off less energy than it receives from the Sun.

The temperature and amount of carbon dioxide in the atmosphere are constantly changing. Based on geological data, the concentration of CO₂ in the atmosphere was several times higher in past epochs, while 50 million years ago it was six times higher than the current one. However, a systematic decrease of the average surface temperature of the Earth and the amount of CO₂ from about 100 million years has been observed (Royer 2006, Csank et al.

2011). In January 2008, the main systems for monitoring temperature on Earth, ie. English Hadley-CRUT and US GISS, UAH and RSfS reported that over seas and land, and in the lower troposphere, the temperature was 0.75°C colder compared to January 2007 and the stratosphere by 0.5°C .

Figure 2. The simplified diagram of energy flow in the greenhouse effect process



Source: Kiehl J., Trenberth K. 1997.

As assessed by the US National Climatic Data Center (NCDC), it was the biggest change in temperature in the year from 26 years. Also interesting was the analysis of the snow cover in the Arctic, which has increased. The measurements carried out have been witnessing the increasing range of sea ice since 1980 (Center 2008).

To analyze climate change, computer models are used to give the spatial distribution of temperatures on our planet, on the basis of which some scientists try to predict possible temperature changes. So far, no one version has been agreed on predicting the direction of climate change. This results not only from possible measurement or computational errors, but mainly from incomplete climatic knowledge. The number of factors that affect the climate is constantly changing (Lozano et al. 2009, Easterling et al. 2000, Stevens and Bony 2013).

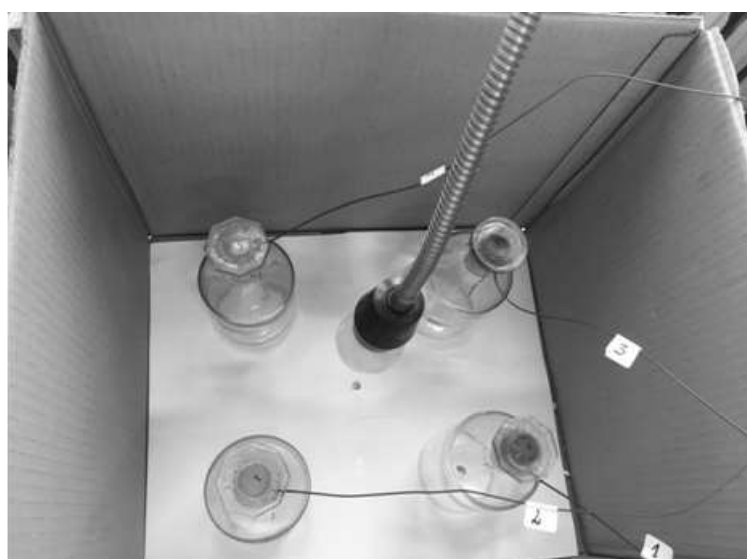
To a large extent, the climate of our planet has solar activity, which changes cyclically every 11 years. During high solar activity, cosmic rays are repelled by magnetic field lines in

areas of sunspots. On the other hand, during low solar activity, cosmic radiation reaches the troposphere, in which clouds condense and thus the cooling of the atmosphere (Svensmark 2007). The absence of sunspots leads to a reduction in the amount of light reaching the Earth. In 2007, NASA reported that the 24 solar cycle began, where solar activity would be low. It will end around 2018. This explains the observed slow cooling. Scientists predict that around 2200, the lowest solar activity will occur and the temperature will drop by around 2°C (Landscheidt 2003).

A number of research papers have been made outlining the relationship between the greenhouse effect and solar activity (Bago and Buttler 2000, Sloan and Wolfendale 2008, Marsh and Svensmark 2000). They included analyzes of short time segments of about 20 years. Extensive research was carried out by a team led by Rusov from the National Antarctic Center in Kiev, in which he analyzed the climate changes from 750,000. years. Such a thorough analysis formulated the conclusion that climate changes depend on solar radiation and cosmic radiation (Rusov et al 2008a, Rusov et al. 2008b).

On the concentration of CO₂ in the atmosphere have also influenced to some extent oceans. There is a simple mechanism that has been in operation for centuries. The CO₂ content in the sea is 50 times higher than in the atmosphere. The solubility of this gas depends on the sea temperature. As the temperature increases, the solubility of CO₂ decreases and it is released into the atmosphere. On the other hand, the lowering of sea water temperature causes an increase in the solubility of this gas (Sillen 1967).

Figure 3. Measuring stand



Source: The own description.

The impact of volcanoes on climate change is also mentioned. A slight decrease in the temperature of our planet was observed after the eruption of the following volcanoes: Tambora (Indonesia) in 1815, Krakatoa (Indonesia) in 1883 and Mt Agung (Bali) in 1963. The outbreak of the Pinatubo volcano (Philippines) in 1991 caused global cooling at 0.7 °C. The result was colder winters and summers (Christy 1997).

The aim and method.

The aim of the study was to compare the dynamics of heating and cooling of the atmosphere in a microscale under different conditions.

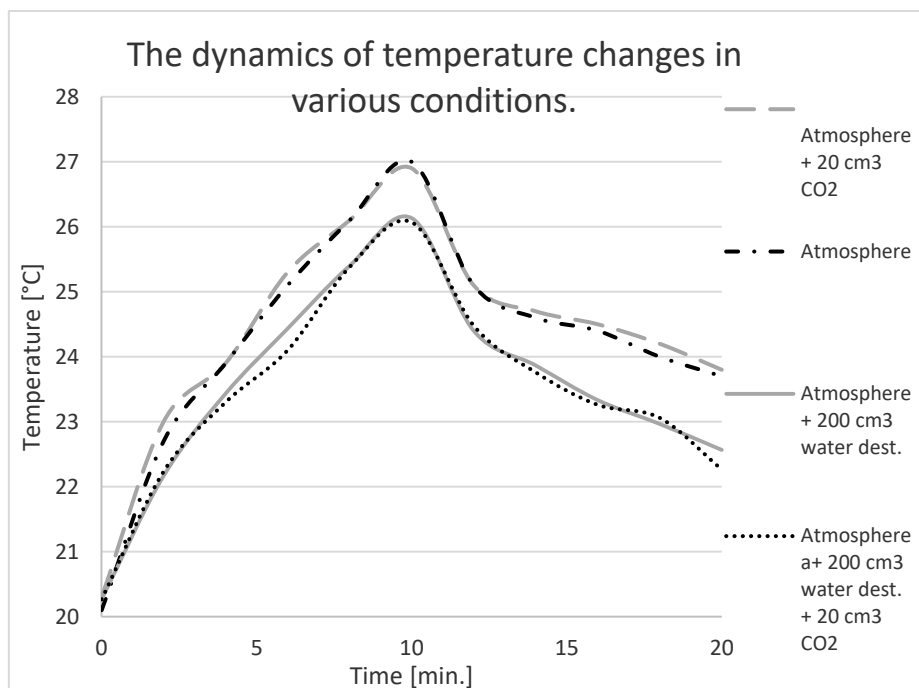
In a cardboard box with dimensions of 45x38x35 cm there are 4 glass vessels with a capacity of 600 cm³ (Fig. 3). A thermocouple was inserted into each dish and one was placed in the box as a control. The rate of temperature changes during the heating of air in glass vessels that simulated 4 different atmospheric conditions on the Earth was measured. In the first vessel, temperature changes for dry air were measured. For this purpose, 0.5 g KOH was added to the vessel to eliminate moisture and CO₂. In the second vessel, 20 cm³ of CO₂ was added to the dry air, which represented 3.3% of the volume of CO₂ in the vessel, i.e. a hundred times more gas than in the Earth's atmosphere. In the third vessel simulated marine conditions were created by adding 200 cm³ of distilled water to dry air. In the fourth vessel, 20 cm³ of CO₂ was added to marine conditions. The tests were carried out at ambient temperature (around 20 °C). In the center of the box there is a lamp with a 75 W bulb as a source of heat at a distance of 10 cm from glass vessels. Then, the temperature was measured every 2 min. during 20 min. After 10 minutes the heat source has been turned off. All measurements were repeated 3 times for a given series. The measurements were carried out using the parallel measurements method. Serial measurements were also made to compensate for the influence of the vessel on the obtained results. To register the temperature changes, a K type thermocouple sensor and APAR type AR 205 datalogger were used.

Results

As a result of the experiment, the rates of temperature change were obtained within 20 minutes. In the test of parallel measurements, the following results are shown in Fig. 4.

The dynamics of heating up and cooling the atmosphere in a glass vessel with a dry atmosphere compared to a dry atmosphere and 20 cm³ of CO₂ runs at a similar rate. A similar effect, only more flattened, is visible in the presence of water, which is related to the stabilizing effect of the water mass in the vessel.

Figure 4. The dynamics of temperature changes in various conditions in a parallel method



Source: The own description.

The temperature changes were analyzed by means of serial measurements. The results obtained are presented in Figure 5. The obtained temperature change curves represent a similar rate of heating and cooling compared to the results obtained in the method of parallel measurements.

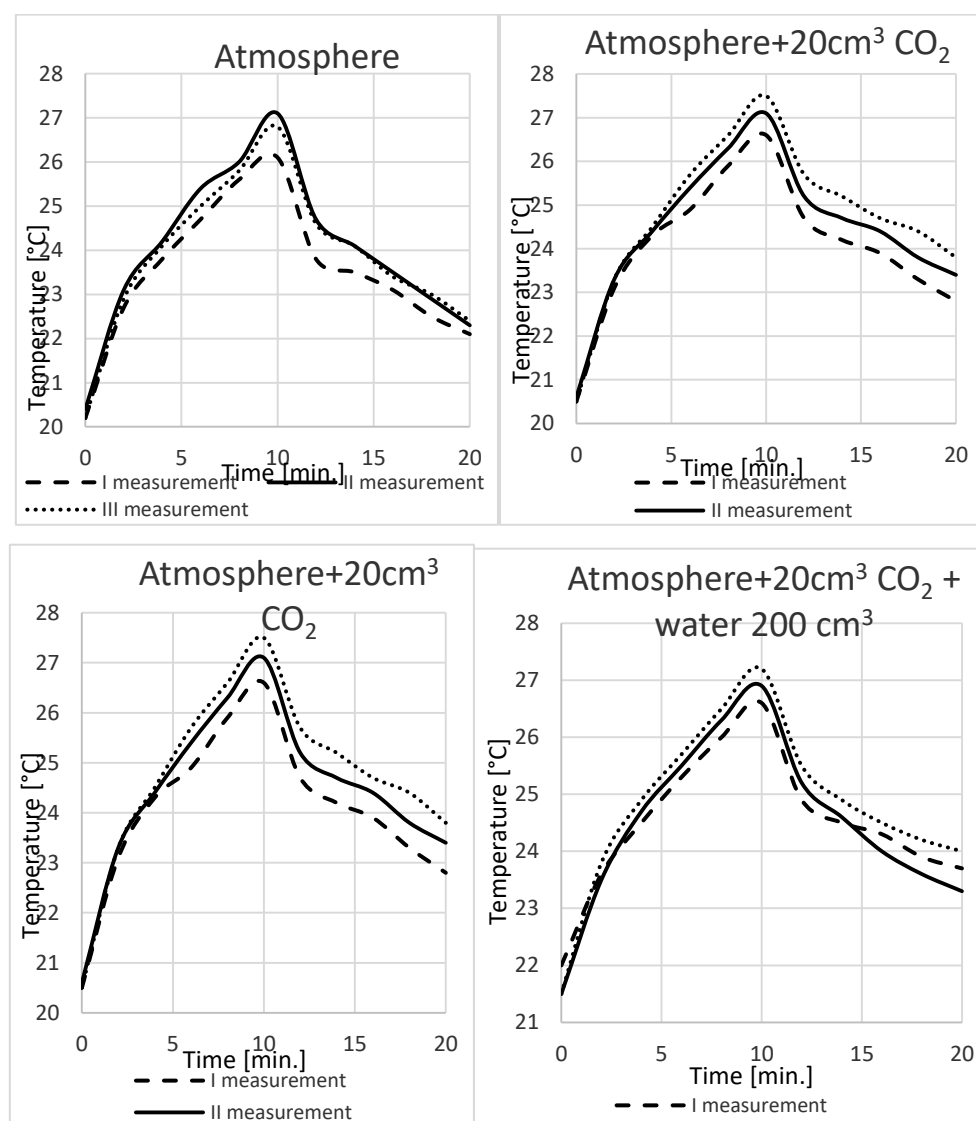
Discussion

By conducting a relatively simple experiment regarding the rate of temperature change in various conditions corresponding to earth conditions, we can observe that even the addition of a hundredfold excess of CO₂ does not radically affect changes in the rate of heating and cooling of the atmosphere in the vessel.

The climate change occurs regardless of human activity. They are regulated by the changing activity of the Sun. Even if CO₂ emissions are increased, it will not affect the climate. However, this does not absolve humanity from its efforts to take care of our planet in the best possible way. We should continue to use renewable energy and develop processes for better segregation and processing of all kinds of rubbish. The actions of politicians striving for extreme reduction of CO₂ emissions may cause the collapse of prosperity and the civilization development of the world. The pursuit of purchase of CO₂ emission limits by developed countries will translate into an increase in the prices of products including food. In 2007, the permits market for \$ 60 billion was estimated, which will be growing in the future, because it

will provide huge money without any risk. From an economic point of view, trade between countries allows you to make huge sums of money to the extent that over the past 10 years the United States has funded \$ 50 billion in research. proving the human responsibility for the greenhouse effect. Currently, developed countries are able to offer poorer countries appropriate facilities and expert services to reduce the amount of CO₂, which translates into sufficiently large sums of money. An alternative is the transition to nuclear energy, which has several advantages such as the lack of emission of any greenhouse gases, cheap energy production, safe and environmentally friendly. Unfortunately, it does not provide such good profits as the sale of CO₂ emission limits, therefore it has not been popularized.

Figure 5. The dynamics of temperature changes in various conditions in a serial method



Source: The own description.

It is worth mentioning that CO₂ has an important advantage, namely it is the basic building material for plants. An increased amount of CO₂ contributes to better fertilization of the biosphere, which translates into increased agricultural yields and food production. It can be added that it has not been so obvious since always. The first one showed in his research prof. Emil Godlewski in 1873 (Godlewski 1873).

Analyzing EU Directives "3x20", it turned out that the Energy Efficiency Directive makes it possible to reduce CO₂ emissions by 50% under certain conditions, it is practically impossible to quickly rely on renewable energy sources and anthropogenic CO₂ has a negligible impact on climate change. Therefore, the amount of coal used to produce electricity will not change until 2030 (Barchański 2010).

Another issue to consider is the dissemination of catastrophic theories by the media. We are currently worried about global warming, but in the 1970s there was a deep conviction that the Sun would be covered by the emission of dust into the atmosphere by the dynamically developing industry, which would cause the global cooling and freezing of not only rivers but oceans. From this period, we can find publications in the journal "Science" predicting that the sun will shine for about 60 years (Landsberg 1970).

Conclusion

The evaluation of the reliability of commonly presented assumptions regarding the destructive effect of excessive CO₂ emissions related to human activities through the greenhouse effect I leave to the reader.

References:

- Bago E., Buttler C. 2000. *The influence of cosmic rays on terrestrial clouds and global warming*. A&G. 41: 4.18-4.22.
- Barchański B. 2010. *A jednak węgiel to terazniejszość i przyszłość energetyki*. Pol. Ener. 13, 2: 11-28.
- Center, N.-N. C.D. 2008. *Climate of 2008 - January in historical perspective*. <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2008/jan/global.html>.
- Christy J. 1997. *Evidence from the Satellite Record* [w:] L. Jones (ed.) *Global Warming. The Science and the Politics*, Vancouver: 55-75.
- Clark P., Alley R., Pollard D. 1999. *Northern hemisphere ice-sheet influences on global climate change*. Sci., 286: 1104-1111.
- Csank A., Patterson W., Eglington B., Rybczynski N., Basinger J. 2011. *Climate variability in the Early Pliocene Arctic: Annually resolved evidence from stable isotope values of sub-fossil wood, Ellesmere Island, Canada*. Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoeco., 308: 339–349.

- Easterling D., Meehl G., Parmesan C., Changnon S., Karl T., Mearns L., Mearns L. 2000. *Climate extremes: observations, modeling, and impacts*. Sci. 289, 5487: 2068-2074.
- Godlewski E. 1873. *Abhangigkeit der Starkebildung in den Chlorophyllkornern von dem Kohlensauregehalt*. Flora, 31: 378-383.
- Imbrie J., Hays J., Martinson D., McIntyre A., Mix A., Morley J., Pisias N., Prell W., Shackleton N. 1984. *The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. Milankovitch and Climate. Part 1*. Berger A. et al, Eds. Reidel Publishing Company, Hingham, MA: 269-305.
- Internetowa encyklopedia PWN. <http://encyklopedia.pwn.pl/> (dostęp 20 lutego 2019 r.).
- Jaworowski Z. 1998. *Czy człowiek zmienia klimat?* Wiedza i Życie, 5.
- Kiehl J., Trenberth K. 1997. *Earth's annual global mean energy budget*. Americ. Meteo. Soc., 78, 2: 197-208.
- Landsberg H. 1970. *Man-Made climatic changes*. Sci. 170, 3964: 1265-1274.
- Landscheidt T. 2003. *New Little Ice Age instead of global warming?* Ener. & Envi. 14: 327-350.
- Lozano A., Li H., Niculescu-Mizil A., Liu Y., Perlich C., Hosking J., Abe N. 2009. *Spatial-temporal causal modeling for climate change attribution*. KDD '09 15th ACM SIGKDD: 587-596.
- Marsh N., Svensmark H. 2000. *Low cloud properties influenced by cosmic rays*. Phys. Rev. Lett. 85: 5004-5007.
- Nordhaus W. 2007. *The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy*. Yale University, New Haven.
- Petit J., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N., Barnola J., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis M., Delaygue G., Delmotte M., Kotlyakov V., Legrand M., Lipenkov V., Lorius C., Pepin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. 1999. *Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica*. Nature, 399: 429-436.
- Róžański K. 2002. *Antropogeniczne zmiany klimatu: mit czy rzeczywistość?* Postępy fizyki, 53D: 162-168.
- Rusov V., Glushkov A., Vaschensko V., Mihalys O., Kosenko S., Mavrodiev S., Vachev B. 2010a. *Galactic cosmic rays - clouds effect and bifurcation model of Earth global climate. part 1. Theory*. J. Atmo. So.-Terr. Phys. 72, 5-6: 398-408.
- Rusov V., Glushkov A., Vaschensko V., Mihalys O., Kosenko S., Mavrodiev S., Vachev B. 2010b. *Galactic cosmic rays - clouds effect and bifurcation model of the Earth global climate. Part 2. Comparison of theory with experiment*. J. Atmo. So.-Terr. Phys. 72, 5-6: 389-397.
- Sillen L. 1967. *The ocean as a chemical system*. Sci. 156(3779): 1189-1197.
- Sloan T., Wolfendale A. 2008. *Testing the proposed causal link between cosmic rays and cloud cover*. Env. Res. Lett. 3: 1-6.
- Stevens B., Bony S. 2013. *What Are Climate Models Missing?* Sci. 340(6136): 1053-1054.
- Svensmark H. 2007. *Cosmoclimatology: A new theory emerges*. A&G. 48(1): 18-23.

Satelitarna interferometria radarowa, jako sposób pomiaru przemieszczeń nad polami geotermalnymi

Interferometric measurements of vertical ground movements at geothermal fields

Anna Lisowska
Magdalena Łukosz

Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Koło Naukowe Geodetów „Dahlta”
Opiekun: dr inż. Tadeusz Szczutko

Abstract:

The purpose of this survey is to check if DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperature Radar) gives possibility to detect and measure vertical ground movements at the geothermal fields.

Nowadays, people more and more try to protect the environment. Because of that, renewable energy sources gain popularity. Geothermal energy is one of them and could be a solution for air pollution from fossil-fuel power stations in Poland. One of the disadvantages of using geothermal fields to produce energy are vertical ground movements. They are caused by improper exploitation of geothermal resources leading to the physical phenomenon known as compaction. We should monitor power station area to be able to react quickly to a danger of subsidenced occurrence, but traditional geodetic field measurements are too expensive and time-consuming. Therefore synthetic-aperture radar interferometry which allows free of charge and remote work was used. Sentinel-1 mission satellite imagery and software do not require payment, data is quickly available and very large area is accessible to analyse. In this case the DInSar technology was chosen. Range of research consists of Cerro Prieto power station in Mexico and Unterchaching power station in Germany. The results of the studies are subsidence maps.

Keywords: DInSAR, geothermal fields, Sentinel, subsidence

Wstęp

W obecnych czasach, coraz większą wagę przywiązuje się do ekologii i dbania o środowisko, w tym w dziedzinie pozyskiwania energii. Niestety, Polska przoduje w rankingach krajów o największym zanieczyszczeniu powietrza, dlatego coraz więcej czasu poświęca się na poszukiwanie alternatywnych źródeł energii. Jednym z nich jest energia geotermalna, pozyskiwana z gorących wód lub pary wodnej, znajdujących się pod powierzchnią ziemi. Niewiele osób wie, że Polska aż w 80% położona jest złożach geotermalnych, dlatego postanowiono pochylić się nad tym zagadnieniem, a przede wszystkim na negatywnych skutkach eksploatacji takich zasobów. Pod wpływem nacisku skał

w nadkładzie oraz wydobywania wód geotermalnych, dochodzi do zmniejszenia objętości w skałach porowatych, a co za tym idzie, do powstawania osiadań na powierzchni eksploatowanego terenu, co nazywane jest zjawiskiem kompaktacji.

Cel i metoda

Dzięki rozwojowi technologii pomiarowych, możemy korzystać z coraz nowszych metod badawczych, a jedną z nich jest satelitarna interferometria radarowa. Od wielu lat wykorzystuje się ją do badania różnego rodzaju przemieszczeń pionowych (Waqas i in. 2017, Massonet i in. 1997), często powstałych na skutek intensywnej eksploatacji surowców w kopalniach podziemnych. Badania wykazały, że metoda ta pozwala na detekcję i obliczanie przemieszczeń z wystarczającą dokładnością. W artykule postanowiono sprawdzić, czy DInSAR (ang. Differential Interferometric Synthetic Aperature Radar), czyli satelitarna różnicowa interferometria radarowa, jest metodą pozwalającą na wykrywanie oraz określanie wartości przemieszczeń pionowych występujących ponad eksploatowanymi polami geotermalnymi. Wykorzystana technologia bazuje na interferogramach, czyli obrazach, które dzięki różnej kolorystyce ukazują zmianę fazy wiązki fali emitowanej przez radar umieszczony na satelicie, w danym okresie czasu.

W celu wykonania badań wybrano dwa odmienne poligony badawcze. Pierwszym jest Cerro Prieto Geothermal Power Station, znajdujący się w Meksyku niedaleko miejscowości Mexicali. Jest to jedna z najstarszych i największych elektrowni geotermalnych, ponieważ zaczęła funkcjonować w latach 70. XX wieku, a jej powierzchnia obejmuje 40 km² obszaru. Występowaniu wód geotermalnych oraz ich wysokim temperaturom osiągającym nawet 280-350°C, sprzyja położenie kompleksu w Pacyficznym Pierścieniu Ognia. Tę elektrownię wybrano do badań, ponieważ jest ona silnie eksploatowana. Dodatkowo obszar jest pustylny, nie występuje tam bogata szata roślinna, co umożliwia prawidłowe przeprowadzenie pomiarów interferometrycznych, gdyż porównywane obrazy będą spójne.

Postanowiono przyjrzeć się również miejscowości Unterhaching, znajdującej się w południowej części Niemiec, na obszarze górnej Bawarii. W przeciwieństwie do pierwszego poligonu badawczego, znajdująca się tam elektrociepłownia, jest jedną z nielicznych wykorzystujących niskotemperaturowe, nieprzekraczające 150°C wody geotermalne. Jest stosunkowo nowa, ponieważ funkcjonuje od 2007 r. Zobrazowania radarowe, obejmujące obszar tego poligonu, z pewnością nadają się do dalszego przetworzenia, ponieważ jest to obszar zurbanizowany, czyli jeden z najlepszych rodzajów pokrycia terenu do uzyskania odpowiednich wyników z pomiarów interferometrycznych.

Interferometria radarowa jest aktywną metodą teledetekcyjną. Radar emituje falę, która następnie odbija się od obiektu i powraca do satelity, a informacja o jej fazie jest zapisywana. W celu wykonania badań, wykorzystano zobrazenia radarowe pochodzące z satelity Sentinel 1-A oraz 1-B, które zostały wystrzelone w ramach europejskiego programu Copernicus przez Europejską Agencję Kosmiczną. Pozwalają one na wykonywanie analiz darmowo, dla całego świata, nawet w odstępach 6-dniowych. Parametry wykorzystanych zobrażeń przedstawiono w tabeli poniżej (Tab. 1).

Tabela 1 Parametry zobrażeń dla misji Sentinel-1

PARAMETRY ZOBRAZOWAŃ	
Satelita	<i>Sentinel-1A, Sentinel-1B</i>
Tryb zobrazowania	<i>IWS (Interferometric Wide Swath)</i>
Polaryzacja fali	<i>VV, HH, VV+VH, HH+HV</i>
Rozdzielczość przestrzenna	<i>5m x 20m</i>
Częstotliwość	<i>5.405 GHz</i>
Długość fali	<i>55mm</i>

Źródło: ESA Sentinel.

DInSAR pozwala na obliczenie przemieszczeń pionowych dla każdego piksela pary zobrażeń, ale konieczne jest, aby każde z nich zawierało ten sam obszar. Ponadto, dane powinny pochodzić z satelitów przemieszczających się po tych samych orbitach. W celu wykrycia, czy na danym terenie doszło do obniżenia powierzchni, należy wybrać dwa zobrazenia. Pierwsze z nich (tzw. master) służy jako obraz odniesienia, natomiast drugie (tzw. slave), to obraz po wystąpieniu przypuszczalnych zmian. Wykonuje się na nich korejstrację, dzięki czemu uzyskujemy pierwszy z interferogramów, zawierający prążki. Należy jednak zwrócić uwagę, że tak obliczona różnica faz, nie jest jednak wartością ostateczną i poprawną. Składa się bowiem na nią szereg różnych czynników (Hejmanowski i in. 2016):

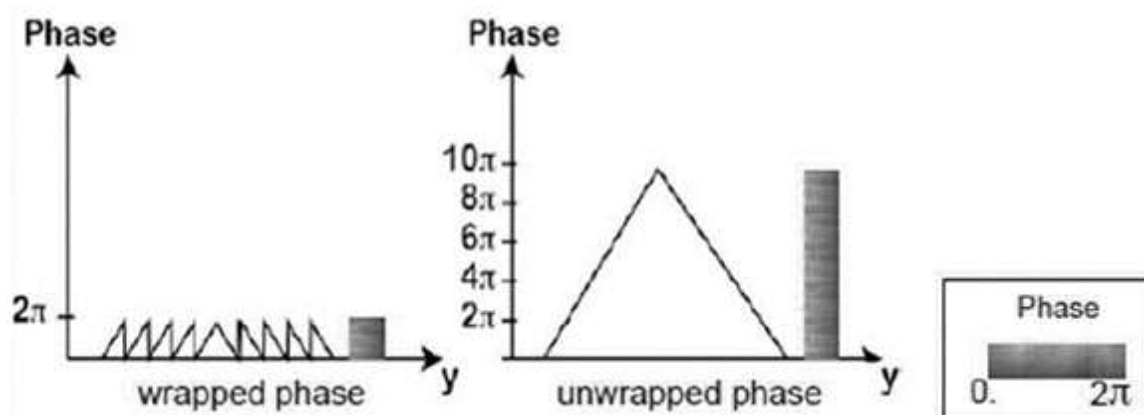
$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_{\text{flat}} + \Delta\varphi_{\text{elevation}} + \Delta\varphi_{\text{displacement}} + \Delta\varphi_{\text{atmosphere}} + \Delta\varphi_{\text{noise}}$$

gdzie:

- $\Delta\varphi_{\text{flat}}$ – składowa wynikająca z krzywizny Ziemi
- $\Delta\varphi_{\text{elevation}}$ – składowa wynikająca z topografii terenu
- $\Delta\varphi_{\text{displacement}}$ – składowa odpowiadająca za deformacje terenu
- $\Delta\varphi_{\text{atmosphere}}$ – składowa wynikająca z pływów atmosfery
- $\Delta\varphi_{\text{noise}}$ - szum

Większość z nich można usunąć w dalszym procesie obliczeniowym, natomiast części szumów nie jesteśmy w stanie zredukować. Aby zwiększyć dokładności pomiaru, usunięto wpływ topografii, poprzez dodanie numerycznego modelu terenu, na podstawie którego wygenerowano tzw. interferogram syntetyzowany. Różnica tych dwóch produktów pozwala na otrzymanie prążków interferometrycznych, pokazujących, jak zmieniła się wartość fazy w wybranym okresie. Po przefiltrowaniu dokonano rozwinięcia fazy (Rys. 1). Pozwala to na rekonstrukcję pełnego sygnału odbieranego przez radar. Do tej pory informacje o przemieszczeniach, do których doszło na powierzchni terenu, zapisywane były w pikselach naszego obrazu jako liczby z zakresu $(0; 2\pi)$. Rozwinięcie fazy pozwala na przypisanie pikselom wartości z zakresów $(0; 2\pi \cdot n)$.

Rysunek 1 Przedstawienie koncepcji rozwijania fazy



Źródło: Hanssen, Ramon 2001.

Celem tego procesu jest wyznaczenie takiej liczby cykli (n), aby możliwe było wyznaczenie jednoznacznej wartości fazy dla każdego z pikseli naszego obrazu. Dzięki temu można również zlokalizować nieckę obniżeniową, jeśli występuje na badanym obszarze.

Po rozwinięciu fazy można przejść do przeliczenia jej na metryczne wartości przemieszczeń w kierunku LOS (ang. Line of Sight – kierunek padania wiązki fali emitowanej przez radar) za pomocą wzoru:

$$LOS = \frac{rozv * \lambda}{(-4 * \pi * \cos(\theta))}$$

gdzie:

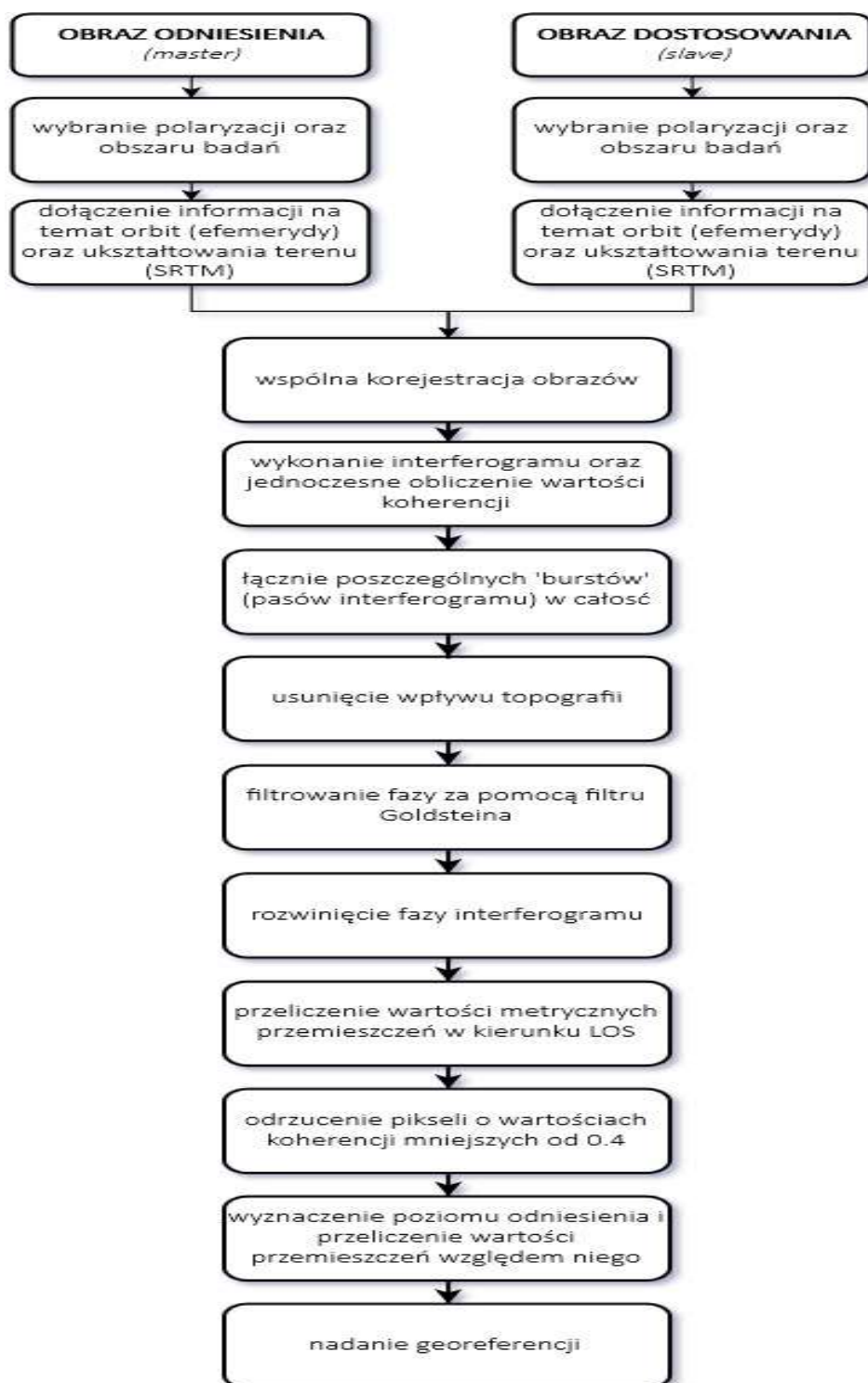
LOS - wartość przemieszczenia w kierunku 'line of sight', czyli w kierunku padania wiązki fali emitowanej przez radar

rozv - długość fali po rozwinięciu fazy

λ - długość wiązki zastosowanej fali (w tym przypadku $\lambda = 55.47$ mm)

θ - kąt padania wiązki radiowej emitowanej przez radar na teren

Rysunek 2 Schemat przetwarzania zobrażeń radarowych w programie SNAP



Źródło: opracowanie własne.

Ponadto, należy uwzględnić poziom odniesienia, czyli wybrać grupę pikseli, która najprawdopodobniej nie uległa przemieszczeniu. Do dalszych analiz wykorzystano wyłącznie piksele o koherencji większej niż 0.4. Koherencją natomiast nazywamy współczynnik określający spójność pomiędzy dwoma zobrazeniami radarowymi. Na jego wartość ma

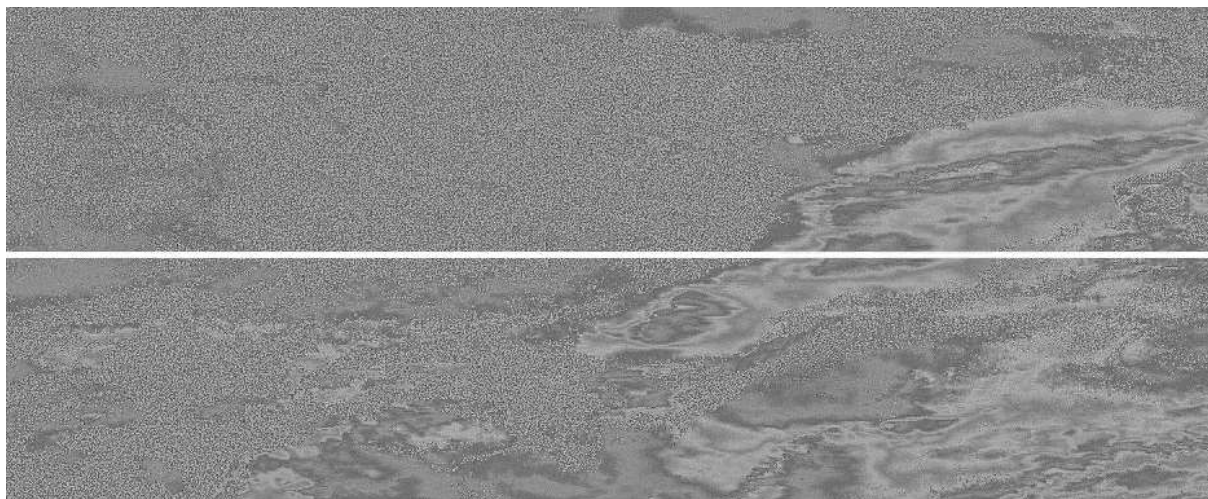
wpływ również pokrycie terenu, dlatego im obszar jest bardziej porośnięty roślinnością, tym mniejszą wartość przyjmie koherencja. W ten sposób zwiększamy rzetelność pomiaru, unikając wykrycia deformacji w miejscach, gdzie za pomocą tej metody, nie jesteśmy w stanie określić co dzieje się na powierzchni terenu. Tak przygotowanym danym nadano georeferencję, dodając układ WGS-84, co umożliwia przeprowadzanie dalszych analiz przy wykorzystaniu oprogramowania GIS. Proces przetwarzania zobrazowań, który wykonano w darmowym programie SNAP, dostępnym do pobrania na oficjalnej stronie Europejskiej Agencji Kosmicznej, zaprezentowano na schemacie poniżej (Rys. 2).

Na tym etapie opracowania, obliczone wartości przemieszczeń nadal są wyłącznie w kierunku LOS. Aby pozyskać precyzyjne informacje na temat przemieszczeń pionowych, należy całość obliczeń wykonać dla obu rodzajów satelitów, ponieważ w przypadku Sentinel-1 mamy do czynienia z danymi z orbity wstępującej oraz zstępującej. Pierwsza z nich oznacza poruszanie się satelitów z południa na północ, a druga - na odwrót. Wykorzystanie obrazów satelitarnych z obydwu orbit nie jest niezbędne, ponieważ występowanie ruchów pionowych jesteśmy w stanie zaobserwować analizując jeden z nich, lecz jest konieczne, aby uzyskać rzetelne a przede wszystkim konkretne wartości osiadań. Na wszystkich obszarach, dla których zdobyto dane z obu orbit w odpowiednim okresie czasu, przeliczono przemieszczenia pionowe przy wykorzystaniu metody uproszczonej.

Wyniki badań

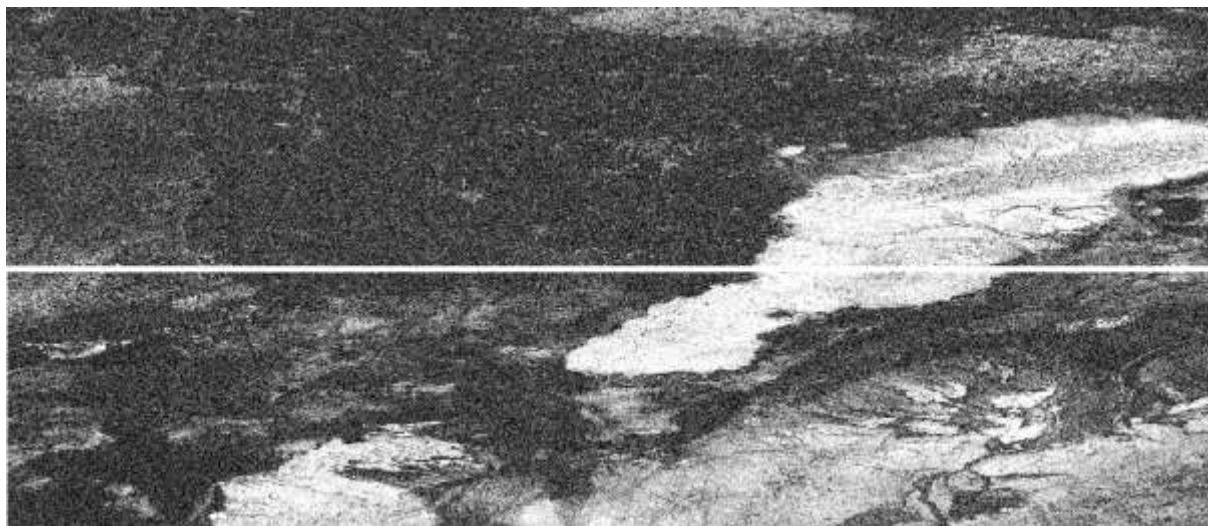
W trakcie badań pozyskano łącznie dwanaście interferogramów. Dla poligonu Cerro Prieto wykonano cztery interferogramy roczne dla okresu pomiędzy październikiem 2015 i 2016 r. dla dwóch sąsiednich obszarów uwzględniając zarówno orbitę wstępującą, jak i zstępującą. Ponadto, dla porównania wykonano trzy interferogramy dla okresów 12-dniowych. Krótsze interferogramy wykonano pomiędzy 18.09. a 12.10.2015 r., lecz z powodu braku danych, nie było możliwości przeprowadzenia analiz dla obu orbit dla wcześniejszego z okresów. W przypadku interferogramów rocznych otrzymano prążki w niektórych miejscach analizowanego obszaru (Rys. 3), lecz po rozwinięciu fazy, nadaniu georeferencji oraz uwzględnieniu koherencji okazało się, że przemieszczenia występują wyłącznie na terenie gór znajdujących się w niedalekim sąsiedztwie elektrowni geotermalnej. Co więcej, wyłącznie te obszary odznaczały się wystarczającą koherencją (Rys. 4), natomiast na pozostałych obszarach powstały na tyle duże szумы, że ich przeanalizowanie nie dostarczyłoby rzetelnych wartości osiadań.

Rysunek 3 Zestawienie interferogramów rocznych dla satelity wstępującej (Cerro Prieto)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Zestawienie map koherencji dla okresu rocznego dla satelity wstępującej (Cerro Prieto)



Źródło: opracowanie własne.

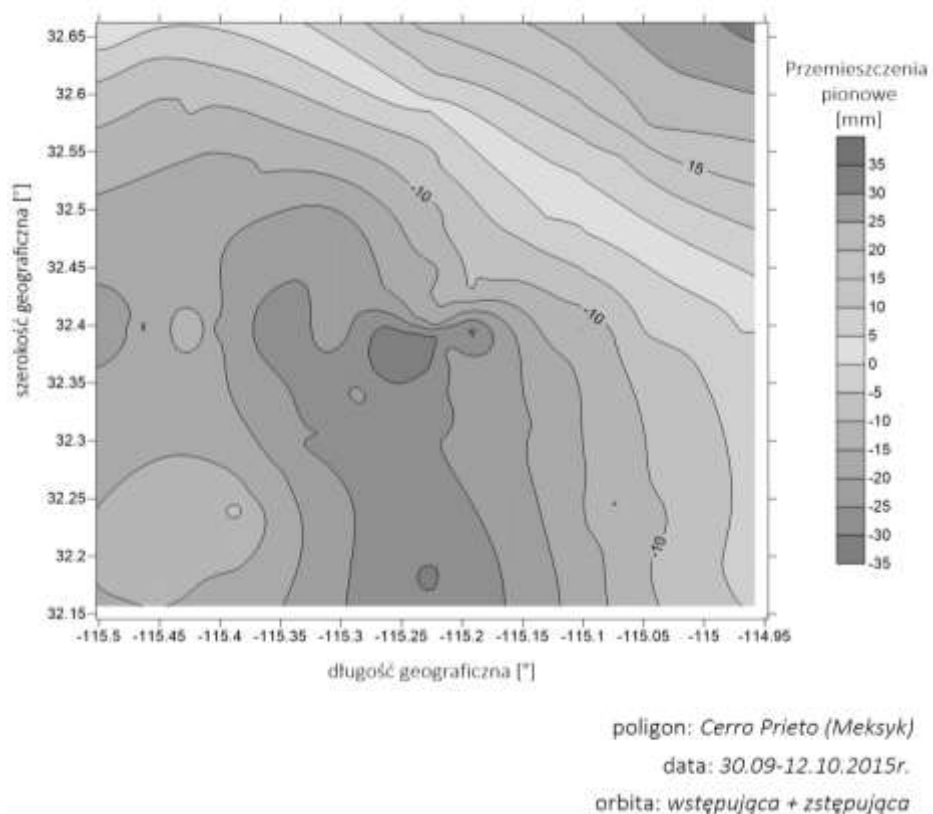
Rysunek 5. Interferogram dla poligonu Cerro Prieto dla okresu od 30.09 do 12.10.2015 r. (orbita zstępująca)



Źródło: opracowanie własne.

Następnie przeanalizowano interferogramy z okresów 12-dniowych. Na całym obszarze otrzymano wyraźne prążki interferometryczne, a szумы były niemal niewidoczne po zastosowaniu filtru. Dla okresu pomiędzy 30.09. a 12.10.2015 r. na interferogramach zaczęła kształtować się niecka obniżeniowa (Rys. 5), dlatego akurat tym produktom poświęcono najwięcej uwagi. Dla krótszego okresu obserwacji otrzymano znacznie lepsze wartości koherencji, przede wszystkim na interesującym obszarze przy samej elektrowni, dzięki czemu można było przeliczyć metryczne wartości przemieszczeń. Na podstawie pozyskanych danych, utworzono ponadto warstwicowe mapy osiadań (Rys. 6), wzbogacone o podkład mapowy (Rys. 7), aby ułatwić interpretację wyników.

Rysunek 6 Mapa przemieszczeń pionowych dla dwutygodniowego okresu analizy w Cerro Prieto (30.09 - 12.10.2015 r.)

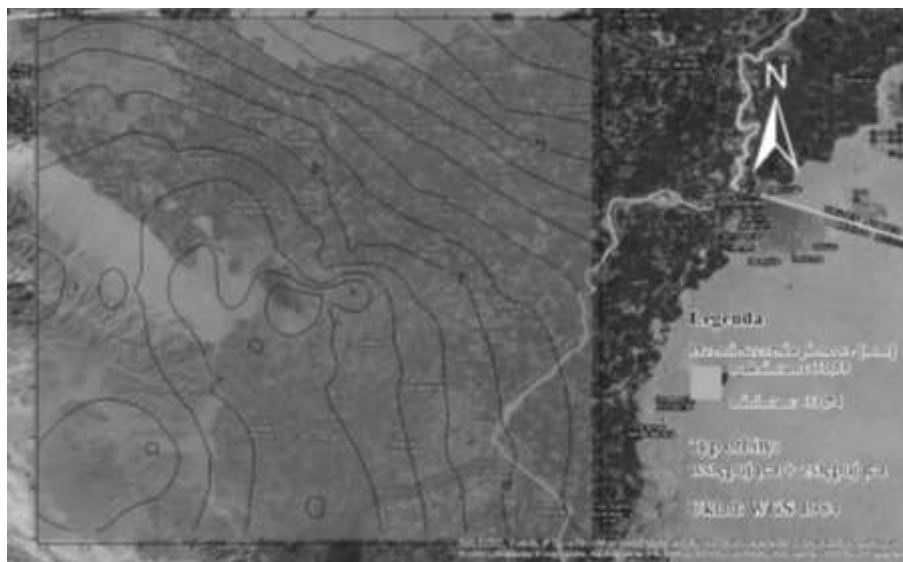


Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że na obszarze elektrowni Cerro Prieto w Meksyku, doszło do obniżenia terenu w pierwszej połowie października 2015 r. Na mapie można zaobserwować odznaczającą się nieckę osiadań, której maksymalne wartości koncentrują się w centralnej części obszaru, obejmując lokalizację elektrowni. Przemieszczenia

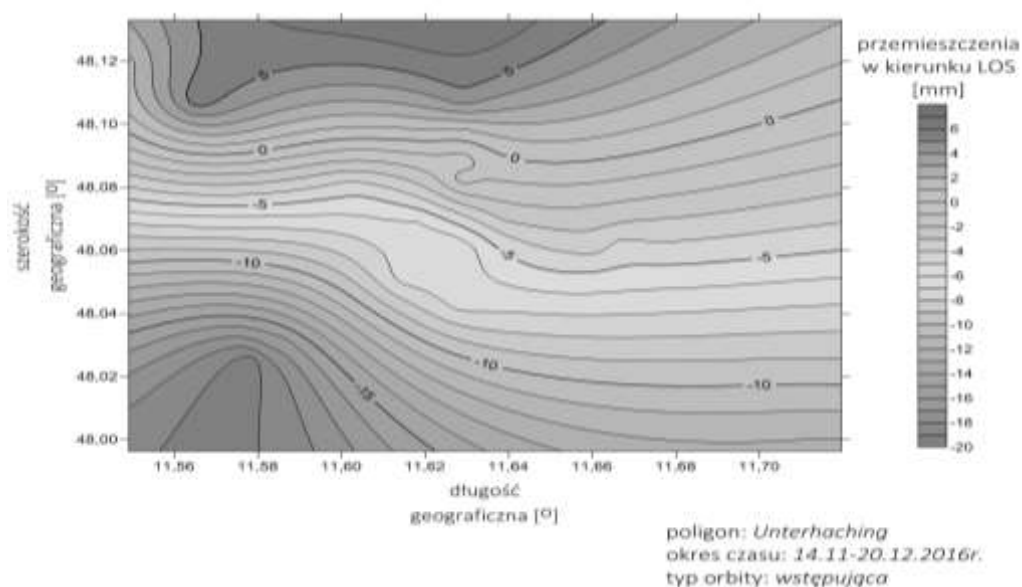
pionowe na tym obszarze dochodzą do 3–4 cm, a jest to wartość wyłącznie dla okresu dwutygodniowego, co świadczy o tym, że w skali roku mogą wystąpić znaczne deformacje na wybranym obszarze.

Rysunek 7 Mapa warstwiczna przemieszczeń pionowych dla poligonu Cerro Prieto



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8 Mapa przedstawiająca przemieszczenia w kierunku LOS dla miesięcznego okresu analizy dla Unterhaching



Źródło: opracowanie własne.

328

Dyskusja

Wykorzystywanie satelitarnej interferometrii radarowej do wykrywania ruchów na powierzchni Ziemi, zostało udokumentowane w wielu publikacjach. Powstały również takie, które dowodzą o dużych dokładnościach wyników otrzymywanych podczas takich pomiarów. Osoby pasjonujące się teledetekcją i jej potencjałem, poszukują kolejnych możliwości jej wykorzystania. Niniejszy artykuł przedstawia następny sposób użycia satelitarnych zobrażeń lotniczych, czyli pomiary przemieszczeń nad polami geotermalnymi. Tematyka pracy jest ciekawa, ponieważ obecnie jest niewiele publikacji, które skupiałyby się na negatywnych skutkach wykorzystania pól geotermalnych. Niestety, wiąże się to ze słabą świadomością społeczeństwa w tym zagadnieniu. Dopiero katastrofa, jaką były 24 cm obniżenia na rok w latach 1991-1997 w Wairakei w Nowej Zelandii (Koros i in. 2016) uzmysłowiły, że nieodpowiednia eksploatacja zasobów, może nieść ze sobą tak poważne konsekwencje. Aby im zapobiec, należy odpowiednio wykorzystywać produkowaną energię geotermalną oraz monitorować narażony na obniżenia obszar. Tradycyjne geodezyjne pomiary z całą pewnością umożliwią zauważenie i wyznaczenie wielkości zachodzących zmian. Trzeba mieć jednak na uwadze bardzo rozległe obszary i wysokie koszty takiego rozwiązania. Wykorzystanie różnicowej interferometrii radarowej jest propozycją szybkiego, zdalnego i bezpłatnego kontrolowania takich miejsc. Niestety, muszą one spełniać warunki umożliwiające otrzymanie odpowiedniej koherencji. Publikacje skupiających się nad tym rozwiązaniem, ukazują się w tym momencie sporadycznie i bazują na zobrazeniach innych satelitów, takich jak TerraSAR-X (Vasco i in. 2013). W tym przypadku wykorzystano dostępne bezpłatnie dla wszystkich zdjęcia satelitarne misji Sentinel-1, które są stosunkowo od niedawna (od 2014 r.) w użyciu używając darmowego oprogramowania do opracowania danych na poziomie wyliczenia wartości ruchów pionowych, z czym nie spotkano się wcześniej. Dążono do wykazania, że takiego rodzaju ruchy da się zauważyć oraz wyliczyć przy wykorzystaniu technologii DInSar całkowicie bezpłatnie, co z pewnością jest jej ogromnym atutem.

Podsumowanie

W niniejszym artykule poruszono kwestię występowania osiadań nad polami geotermalnymi oraz wykazano, że można je wykryć i pomierzyć przy wykorzystaniu interferometrii radarowej. Dokładność uzyskiwana przy wykorzystaniu takiego rodzaju danych i technologii DInSar była umieszczona w innych publikacjach. Wynosi 0,01 m i jest ona wystarczająca do takiego typu analiz, ponieważ mniejsze wartości wyliczonych osiadań byłyby

zbyt mało zagrażające, by móc wszcząć jakieś działania. Należy pamiętać o tym, że obliczane są wartości osiadań dla krótkiego czasu wynoszącego około 2 tygodni, co dodatkowo motywuje poprzednie założenie.

Sprawdzono, że większy odstęp czasu między wykonanymi zobrazowaniami, skutkuje znacznie mniejszą dokładnością, zakłóceniami w postaci szumów oraz możliwą błędną interpretacją wyników, dlatego podczas takiego rodzaju badań, nie należy ich wykorzystywać. Zmiany zachodzące na powierzchni obu poligonów zostały zauważone i obliczone pomimo zupełnie innej charakterystyki i położenia, co nie wiązało się z żadnymi kosztami finansowymi. Zarówno dane, jak i oprogramowanie, zostało pozyskane za pośrednictwem Europejskiej Agencji Kosmicznej, która udostępnia je za darmo.

Przedstawiono przyszłościowe rozwiązanie problemu kosztownego kontrolowania dużej powierzchni, mogącej ulec deformacjom w skutek eksploatacji pól geotermalnych, które w dobie szerzenia świadomości społecznej, dotyczącej ochrony środowiska, z pewnością coraz bardziej zyskują na popularności.

Literatura

- Hanssen R.F. 2001. *Radar Interferometry Data Interpretation and Error Analysis*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Hejmanowski R., Malinowska A., Witkowski W. 2016. *Evaluation of the Sentinel-1A radar interferometry accuracy applied in mining areas*, Przegląd Górniczy 73(1): 78-83.
- Koros W., O'Sullivan J., Pogacnik J., O'Sullivan M. 2016. *Modelling of Subsidence at the Wairakei Geothermal Field, New Zealand*; Proceedings 38th New Zealand Geothermal Workshop.
- Massonnet D., Holzer T., Vadon H. 1997. *Land subsidence caused by the East Mesa geothermal field, California, observed using SAR interferometry*, Geophysical Research Letters vol. 24.
- Vasco D., Rutqvist J., Ferretti A., Rucci A., Bellotti F., Dobson P., Oldenburg C., Garcia J., Walters M., Hartline C. 2013. *Monitoring deformation at the Geysers Geothermal Field, California using C-band and X-band interferometric synthetic aperture radar*, Geophysical Research Letters, vol. 40.
- Waqas A., Minha C., Soohyun K., Dongkyun K. 2017. *Detection of Land Subsidence 1 due to Excessive Groundwater Use Varying 2 with Different Land Cover Types in Quetta valley, Pakistan Using ESA3 Sentinel Satellite Data*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discussion.

Fotogrametryczne opracowanie modelu wyrzutni rakiet Rheintochter w Lebie

Photogrammetric processing of the Rheintochter rocket launcher model in Leba

Wojciech Dziok

Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Koło Naukowe Geodetów „Dahlta”
Opiekun: dr inż. Tadeusz Szczutko

Abstract

During science camp, which took place in Leba last holidays, was made a photogrammetric measure of rocket launcher Rheintochter. That object is exhibit in Museum of Rocket Launchers in Leba.

Surveys were divided on 2 parts. The first part was connected with establishing and surveying control points (3 on ground and 20 evenly located on parts of rocket) in local coordinate system using a reflectorless tachometer. The second one was consisted of taking photos around object next to edge of a crater using digital camera. A total of 111 photos were taken from 37 positions. Processing of data assumed generating dense point cloud in Agisoft software and building 3d triangle mesh from that cloud. The next step was based on exporting mesh to Meshmixer program, where was edited. After that, some regular parts of rocket launcher were modeled in Microstation. The last action included reimporting mesh to Agisoft and final texturing model.

The subject of elaboration is characterised by slender construction and a large number of details. Thanks to them process of surveying and processing data are relatively challenging and time-consuming. At the same time, that complexity determines distinctive final effect. The visualisation of a object probably makes people not and connected with that field of geodesy interested.

Keywords: Photogrammetry, 3D model, modeling, dense cloud, triangle mesh

Wstęp

Wraz z postępem technologicznym, sytuacja fotogrametrii cyfrowej jako dziedziny geodezji i kartografii, ulega ciągłemu rozwojowi. Dzięki temu metody pomiaru osiągają kolejne poziomy zaawansowania pod względem technicznym oraz ekonomicznym. Każdy kolejny etap pozwala na stawianie czoła coraz to nowszym wyzwaniom, które są sukcesywnie realizowane. Fotogrametria naziemna obecnie stanowi podstawowe narzędzie dokumentowania zabytków, służy ona do pomiarów budowli inżynierskich, maszyn i urządzeń przemysłowych oraz do badania ich odkształceń. W wyniku tego możliwe jest wytwarzanie modeli 3D, które mają szerokie spektrum zastosowań. Pozyskiwanie danych 3D jest coraz prostsze, a łatwo dostępne oprogramowania pomagają w ich obróbce.

Obiekty historyczne, ze względu na swoją wartość kulturową, są bardzo cenne. Muzea są pełne eksponatów, które „czekają” na zarchiwizowanie ich w postaci cyfrowej. Jednym z takich miejsc jest Muzeum Wyrzutni Rakiet w Rąbce obok Łeby, znajdujące się na dawnym poligonie rakietowym, założonym w 1940 roku przez Niemców. Muzeum szczyci się wieloma eksponatami, m. in. zabudowaniami z czasów II Wojny Światowej oraz całą gamą rakiet z różnych okresów. Uwagę przykuwa również bogata kolekcja militariów. Na jej terenie znajduje się wyrzutnia rakiet Rheintochter, która została poddana próbie przetworzenia do postaci cyfrowego modelu. Wyrzutnia jest umieszczona w niecce o głębokości ok. 3 m oraz średnicy ok. 10 m. Prace miały miejsce w trakcie XXVI obozu naukowego w Łebie studentów Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, organizowanego przez Koło Naukowe Geodetów „Dahlta”.

Cel i metoda

Celem pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania zdjęć cyfrowych w celu utworzenia produktu fotogrametrycznego, którym jest cyfrowy model 3D wyrzutni rakiet.

Pomiar w warunkach polowych, podzielony został na dwie części. Część pierwsza obejmowała założenie i pomiar metodą biegunową osnowy pomiarowej w układzie lokalnym, złożonej z 3 punktów. Do tego zadania użyto tachimetru Leica TCR407 oraz mini lustro tego samego producenta. Na dostępnej powierzchni rakiety, równomiernie rozlokowano 20 fotopunktów (Rys. 1). Następnie, korzystając z możliwości bezlustrowego pomiaru tachimetru, określono w lokalnym układzie współrzędnych położenie przestrzenne znaczków pomiarowych.

Rysunek 1. Fragment obiektu z widocznymi znaczkami pomiarowymi w postaci samoprzylepnych tarczek



Źródło: Opracowanie własne.

Część fotogrametryczna polegała na wykonaniu zdjęć obiektu lustrzanką cyfrową Nikon D5200, z obiektywem o ogniskowej 20 mm, umieszczoną na statywie. Wyrzutnię rakiet sfotografowano z 37 stanowisk, rozlokowanych równomiernie (co ok. 1 m) przy krawędzi niecki. Każde stanowisko zakładało wykonanie 3 zdjęć, które swoim zasięgiem obejmowały górę, środek i dół wyrzutni. W związku ze zmienną aurą (mocne słońce na przemian z przelotnymi opadami) prace wydłużyły się o czas oczekiwania na odpowiednie oświetlenie obiektu pomiaru. Sumarycznie wykonano 111 fotografii.

Plan opracowania danych zakładał kilka etapów. Pierwsze z nich cechowały się dużym zaangażowaniem czynnika ludzkiego, aby potem wprowadzić do oprogramowania dobrze przygotowane dane wejściowe. Zaczęto od wyrównania osnowy w programie geodezyjnym C-Geo, a następnie obliczono współrzędne pomierzonych fotopunktów.

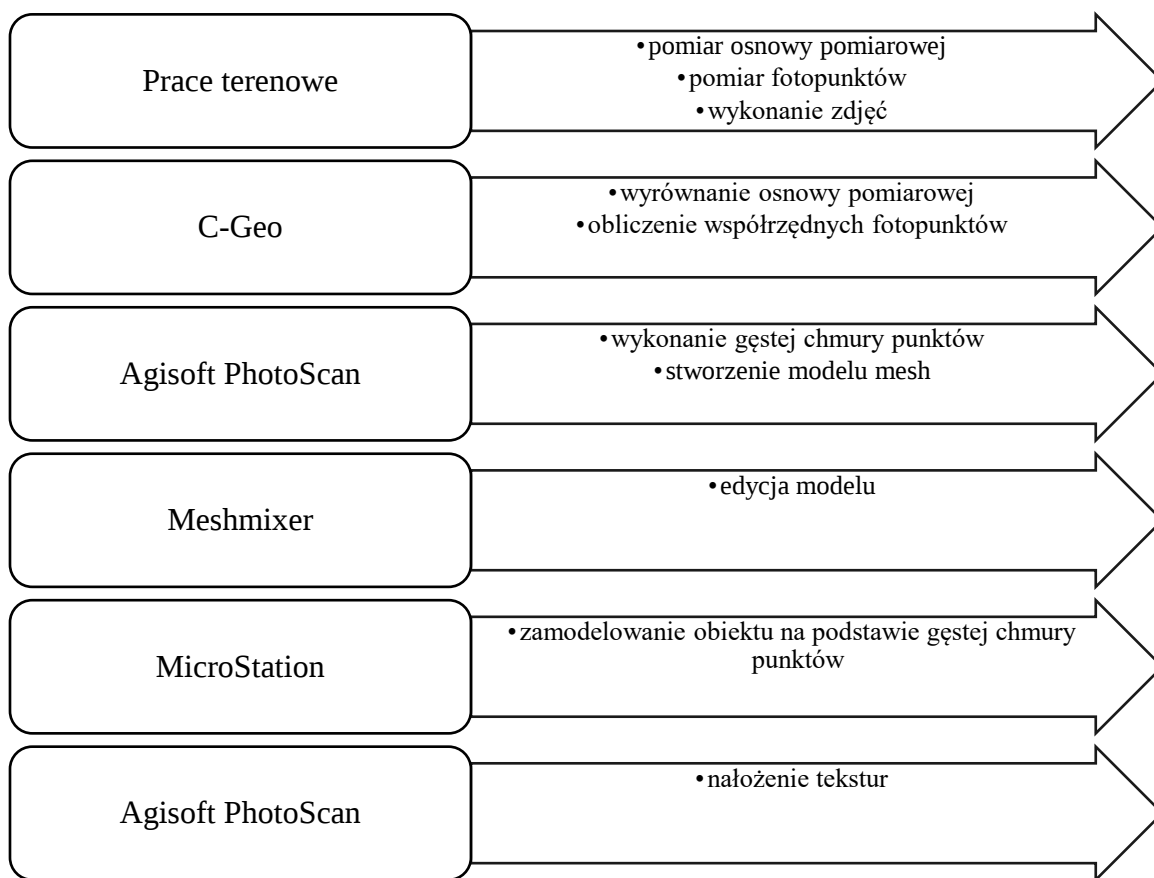
Kolejnym etapem było wyselekcjonowanie najlepszych zdjęć i zaimportowanie ich wraz z fotopunktami do oprogramowania Agisoft PhotoScan. Jest to zaawansowane narzędzie służące do budowania trójwymiarowych modeli ze zdjęć zrobionych aparatem cyfrowym. Pierwszą czynnością w tym programie było ręczne wskazanie na każdym ze 111 zdjęć widocznych znaczków pomiarowych, a następnie wygenerowanie chmury punktów. Wyniki nie były poprawne, w związku z czym wskazano dodatkowe 11 punktów wiążących. Ponowne wygenerowanie chmury punktów, a w kolejnym etapie gęstej chmury punktów (dense cloud) oraz na jej podstawie powstał trójkątowy siatkowy model mesh (Rys. 2). Uzyskany efekt był nieforemny i niezbyt przypominał badany obiekt.

Rysunek 2 Pierwsze efekty prac nie były optymistyczne



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 3. Podsumowanie przebiegu procesu technologicznego



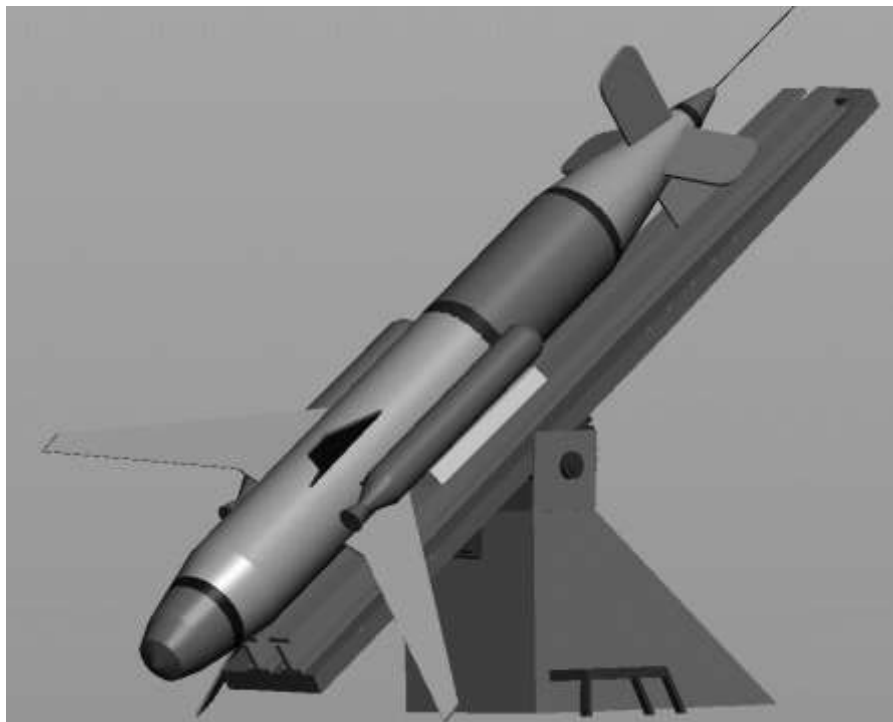
Źródło: Opracowanie własne.

Usunięcie błędnych punktów wiążących, bardziej restrykcyjne ustawienia przy ponownym wyrównaniu zdjęć, ponowne wygenerowanie gęstej chmury punktów i siatki mesh poskutkowało pozytywnym rezultatem prac. Gęsta chmura punktów zawierała ok. 17 mln pkt a wygenerowany model składał się z niemal 123 tys. trójkątów.

Uzyskany model poddano edycji w programie Meshmixer, który służy do tworzenia i edycji modeli 3D. Przy jego pomocy m.in. załatano dziury, wygładzono nierówności i usunięto najbardziej zdeformowane elementy z zamiarem zamodelowania ich od początku.

Kolejnym krokiem był import utworzonego modelu w programie Meshmixer oraz gęstej chmury punktów do programu MicroStation. Zrezygnowano z modelowania brakujących elementów, a postanowiono oprzeć się tylko na gęstej chmurze punktów. Efektem prac jest kolorowy model 3D wyrzutni rakiet. Ostatnim krokiem jest powtórny eksport modelu i jego import do Agisoft PhotoScan w celu nałożeniu tekstur ze zdjęć.

Rysunek 4. Ostateczny model wyrzutni rakiet



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 5. Model wyrzutni rakiet z nałożoną teksturą



Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki badań

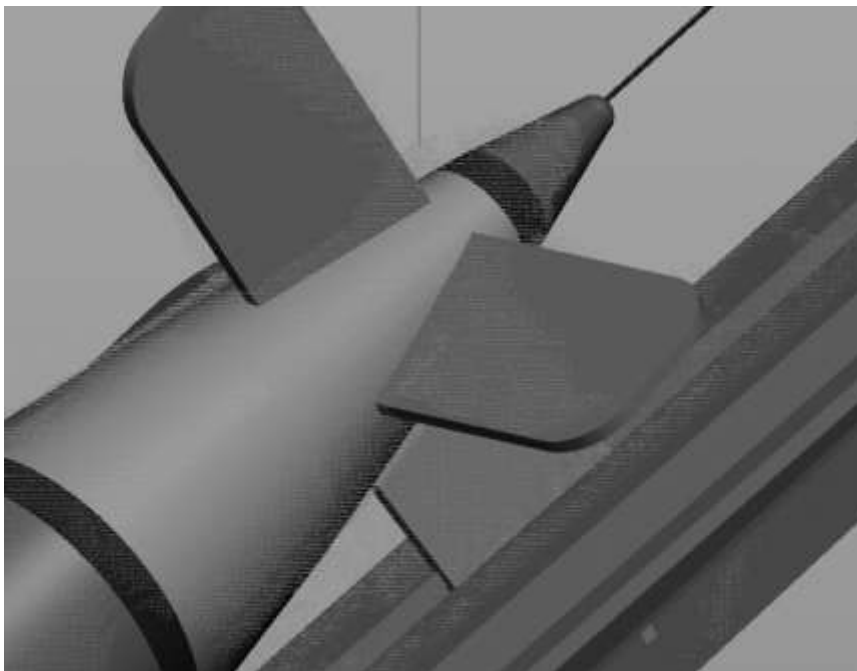
Wyrównanie osnowy pomiarowej, która kształtem dostosowana jest do kształtu obiektu, polegało na założeniu stałości jednego z punktów osnowy oraz jednego stałego azymutu. Wyznaczenie współrzędnych fotopunktów cechowało się błędem ich wyznaczenia na poziomie 5 mm dla fotopunktu o najgorzej wyznaczonych współrzędnych.

W wyniku badań ostatecznym rezultatem jest model 3D wykonany w programie MicroStation (Rys. 4), uzyskany za pomocą manualnego modelowania na podstawie gęstej chmury punktów. Dodatkowym produktem otrzymanym w trakcie całego procesu, jest model z nałożoną teksturą (Rys. 5).

Automatyzacja procesu technologicznego oraz liczne problemy występujące w jego trakcie, spowodowały obecność błędów w finalnym produkcie. Smukłość obiektu i ograniczona dostępność do m.in. dziobu rakiety, skutkowały złą jakością chmury punktów w tym miejscu (Rys. 6). W wyniku tego, podczas modelowania, miały miejsce problemy z jednoznacznym wskazaniem poprawnych punktów.

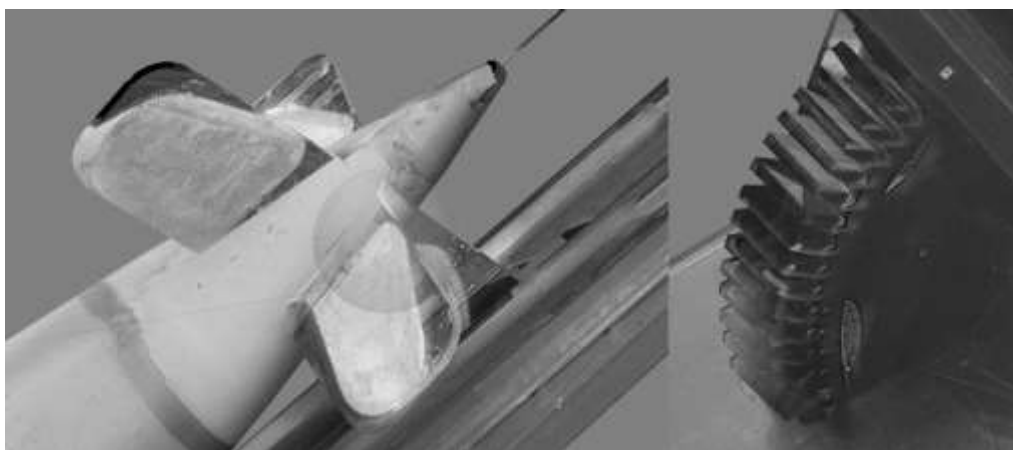
Dodatkowo, automatyczna metoda teksturowania modelu na podstawie zdjęć, również miała wpływ na ostateczną jakość (Rys. 7).

Rysunek 6. Różnice pomiędzy modelem, a chmurą punktów



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 7. Przykładowe błędy opracowanego modelu



Źródło: Opracowanie własne.

Dyskusja

Przygotowany model, mimo wskazanych rozbieżności, w bardzo dobrym stopniu odzwierciedla rzeczywisty kształt obiektu. W celu wykonania produktu lepszej jakości, należałoby wprowadzić liczne zmiany zależne i niezależne od czynnika ludzkiego na kilku etapach pracy. Pierwszym działaniem mającym za zadanie polepszyć efekt, powinno być użycie kamery cyfrowej o innej specyfikacji. Dla występującego tu związku pomiędzy obiektem a odległością do niego, należałoby wykorzystać obiektyw o dłuższej ogniskowej lub zmniejszyć odległość wykonywania zdjęć. Druga opcja, ze względu na usytuowanie wyrzutni rakiet (niecka o głębokości 3 m), jest niemożliwa do wdrożenia.

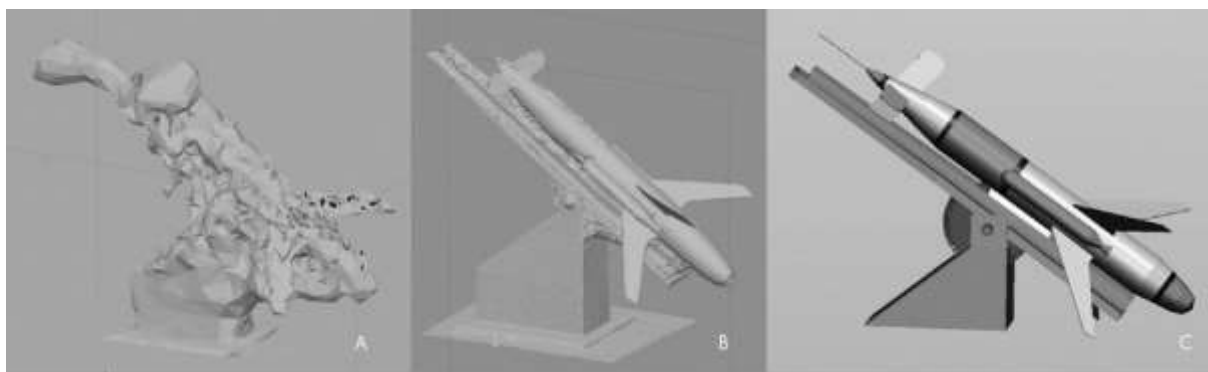
Istotnym faktem mającym wpływ na wynik, miał sposób wyznaczenia elementów wewnętrznych kamery (położenie punktu głównego, stała kamery) oraz parametrów dystorsji. Zostały one uzyskane w drodze samokalibracji. Zamiast tego, można użyć płaskiego pola testowego w postaci szachownicy.

Kolejnym czynnikiem rzutującym na rezultat, są warunki atmosferyczne panujące w trakcie wykonywania zdjęć. Zmienna aura, w postaci pochmurnego nieba z licznymi przejaśnieniami czy też drobne opady deszczu, zaważyła o jakości zdjęć.

W celu poprawy modelu można by także pomierzyć przybliżone współrzędne stanowisk, z których wykonywano fotografie.

Biorąc pod uwagę liczne problemy w trakcie opracowywania danych, można stwierdzić, że uzyskany wynik prac jest satysfakcjonujący (Rys. 8). Modelowanie obiektów tego typu pozwala użytkownikowi na dużą swobodę w działaniu i różnorodność w doborze dróg do osiągnięcia celu.

Rysunek 8. Graficzne podsumowanie przebiegu prac



Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Tworzenie modeli 3D wszelakich obiektów, na podstawie wykonanych zdjęć, to doskonały sposób na realistyczne ich przedstawienie. Powyższa próba utworzenia cyfrowego modelu wyrzutni rakiet, pozwala na zarchiwizowanie obiektu historycznego.

Taki produkt fotogrametryczny może być z powodzeniem wykorzystany do wszelkiego typu gier militarnych, aby wiernie odzwierciedlić prawdy historyczne. W ten sposób tego rodzaju gry, poza walorem rozrywkowym, posiadałyby one znaczenie edukacyjne pod względem historycznym. W podobny sposób można stworzyć modele 3D innych obiektów do wielu zastosowań.

Sam proces technologiczny w tym przypadku był dosyć czasochłonny oraz pracochłonny. Po wprowadzeniu kilku poprawek, można by zredukować czas pracy nad produktem w bardzo dużym stopniu. Niestety, pełne zautomatyzowanie takich procesów, wydaje się być niemożliwe. Mimo to, dzięki współczesnym metodom i oprogramowaniu, jesteśmy w stanie tworzyć rzeczy, które kiedyś były nieosiągalne, a wraz z upływającym czasem, przeprowadzać coraz to bardziej zaawansowane prace.

Literatura

- Boroń A., Rzońca A., Wróbel A. 2007. *Metody fotogrametrii cyfrowej i skanowania laserowego w inwentaryzacji zabytków*, Roczniki geomatyki, Tom 5, Zeszyt 8.
- Jachimski J. 1997. *Fotogrametryczna inwentaryzacja obiektów zabytkowych*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 7: 53-60.
- Kurczyński Z. 2014. *Fotogrametria*, PWN, Warszawa.
- Kwoczyńska B., Płaczek Ł. 2006. *Zastosowanie niemetrycznego aparatu cyfrowego Canon EOS 300D do wizualizacji 3d obiektu architektonicznego*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 16.

Porównanie numerycznych modeli terenu powstałych z pomiarów Wydmy Łackiej różnymi metodami

Comparison of a digital terrain model from measurements of Łacka
dune in Słowiński National Park with different methods

Maria Zegar
Aleksandra Jasińska

Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Koło Naukowe Geodetów „Dahlta”
Opiekun: dr inż. Tadeusz Szczutko

Abstract

The project presents the results of processing the data collected within the 26th Science Camp in Leba organized during the holidays by Koło Naukowe Geodetów Dahlta. During the survey which was aimed at visualizing the shape and size of the dune, three different measuring techniques were used: GPS receivers measuring in RTN mode, classical tachymetry and UAV. Classical was surveyed 700 points and GPS was measured 820 points. Within the UAV survey three separate missions were carried out and 1600 photos were taken. Typical surveying data was processed with C-Geo and subsequently ArcGIS software and the photogrammetric data was processed using Agisoft Photoscan software. In the end all created Digital Terrain Models were visualized and compared to each other using raster processing methods in ArcGIS software.

Keywords: dune, DEM, GNSS, UAV

Wstęp

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki opracowania danych, pozyskanych w ramach 26 Obozu Naukowego w Łebie, zorganizowanego w sierpniu 2018 r. przez Koło Naukowe Geodetów „Dahlta”. Od blisko 30 lat studenci Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH mają okazję zmierzyć się z niełatwym zadaniem, jakim jest pomiar piasku. Celem corocznie wykonywanych pomiarów jest wyznaczenie wielkości i kierunków przemieszczeń Wydmy Łackiej, która jest jedną z głównych atrakcji turystycznych Słowińskiego Parku Narodowego. Każdego roku stosowano pomiar metodą biegunową, kilkakrotnie metodę precyzyjnego pozycjonowania GNSS (w zależności od możliwości dostępu do sprzętu). Innowacją ubiegłorocznej edycji obozu było zastosowanie systemu BSL w celu wykonania fotogrametrycznego modelu wydmy. Do określania przemieszczenia Wydmy Łackiej, wykorzystano utworzone na podstawie trzech różnych technologii pomiarowych numeryczne modele terenu.

Metodyka

Pierwszą zastosowaną technologią była metoda precyzyjnego pozycjonowania przy pomocy GNSS, wykorzystująca odbiorniki GPS Leica GS 16 Viva, mierzące w trybie RTN. Zasada wyznaczania pozycji w metodzie GNSS RTN opiera się na znajomości współrzędnych satelitów w momencie wysyłania sygnału i pomiarze pseudoodległości od satelity do odbiornika. Dodatkowo, należy zapewnić odbiornikowi automatyczny dostęp do poprawek uzyskiwanych z naziemnych stacji referencyjnych lub z ich wirtualnych odpowiedników. Na podstawie tego, istnieje możliwość precyzyjnego określenia położenia z dokładnością sięgającą kilku centymetrów, a w sprzyjających warunkach rzędu milimetrów. W trakcie prac związanych z wymienioną wyżej metodą, przeprowadzono dwa niezależne pomiary: pierwszy metodą punktów rozproszonych, drugi - w regularnej siatce kwadratów o rozmiarze oczka 30x30 m. W kolejnym etapie, pozyskane współrzędne pikiet, wczytano do oprogramowania ArcGIS, gdzie za pomocą narzędzi ArcToolbox, wykorzystujących kriging, wykonano raster reprezentujący wysokości terenu na zmierzonym obszarze wydmy – numeryczny model terenu.

Kolejną zastosowaną technologią był pomiar metodą biegunową wykorzystujący tachimetr Leica TC-407 Power. Istotą pomiaru biegunowego jest odkładanie odległości i kąta z punktów o znanych współrzędnych (osnowa) do interesujących nas szczegółów terenowych w celu wyznaczenia ich lokalizacji przestrzennej. Pikiety pomierzono z punktów osnowy pomiarowej metodą punktów rozproszonych, przy zachowaniu odstępów między kolejnymi punktami o wartości zbliżonej do 30 metrów. Dodatkowo pomierzono punkty znajdujące się w miejscach charakterystycznych, takich jak linie nieciągłości określające np. górną granicę załamania skarpy. W celu uzyskania współrzędnych zmierzonych punktów, przeprowadzono wyrównanie ściśle w oprogramowaniu C-GEO, w wyniku którego uzyskano współrzędne punktów osnowy pomiarowej a na ich podstawie – współrzędne wszystkich pikiet. Dalszy tok postępowania był analogiczny do opracowania pomiarów wykonanych odbiornikami GPS.

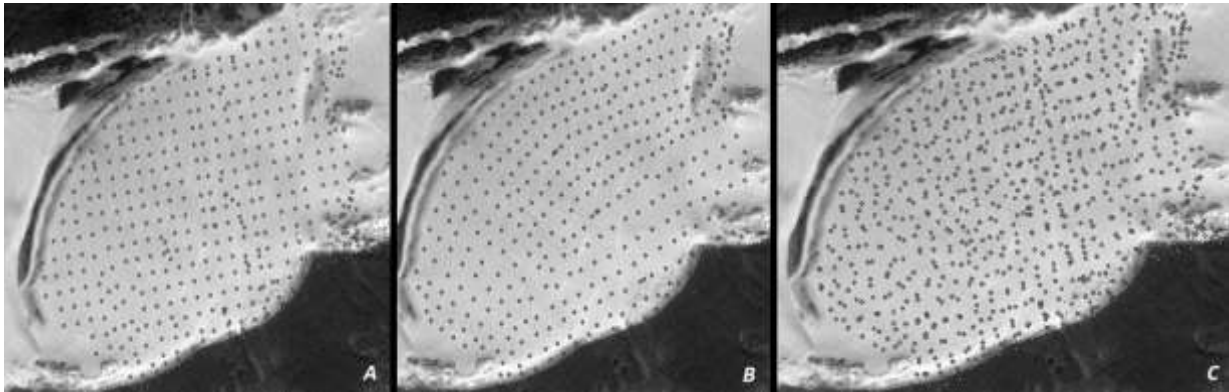
Ostatnią zastosowaną techniką pomiarową była fotogrametria niskiego pułapu (UAV), wykorzystująca bezzałogowy statek latający (BSL) w postaci drona DJI Phantom 4 PRO. Ideą nalotów jest wykonywanie zdjęć we wzajemnym pokryciu. W trakcie pomiaru wykonano trzy naloty fotogrametryczne. Pierwszy klasyczny nalot, ze zdjęciami prawie pionowymi (tzw. normalny) zrobione zostały na wysokości 150 metrów, natomiast pozostałe dwa to naloty ukośne wykonane z wysokości 115 metrów. Współrzędne fotopunktów wyznaczono przy pomocy wyżej wymienionych odbiorników GPS, w układzie PL-ETRF2000 strefa 6 dla południka osiowego 18°E zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem. Zdjęcia przetworzono z wykorzystaniem oprogramowania Agisoft Photoscan. Korzystając z wbudowanych funkcji

programu, wskazano pomierzone fotopunkty na każdym z wykonanych zdjęć, dokonano automatycznego wyrównania współrzędnych terenowych środków rzutów zdjęć oraz wygenerowano rzadką chmurę punktów. W kolejnym kroku utworzono gęstą chmurę punktów, po teksturowany model Mesh, a na jego podstawie numeryczny model terenu. Wszystkie pozyskane i opisane wyżej numeryczne modele terenu zwizualizowano i porównano w oprogramowaniu ArcGIS.

Wyniki badań i dyskusja

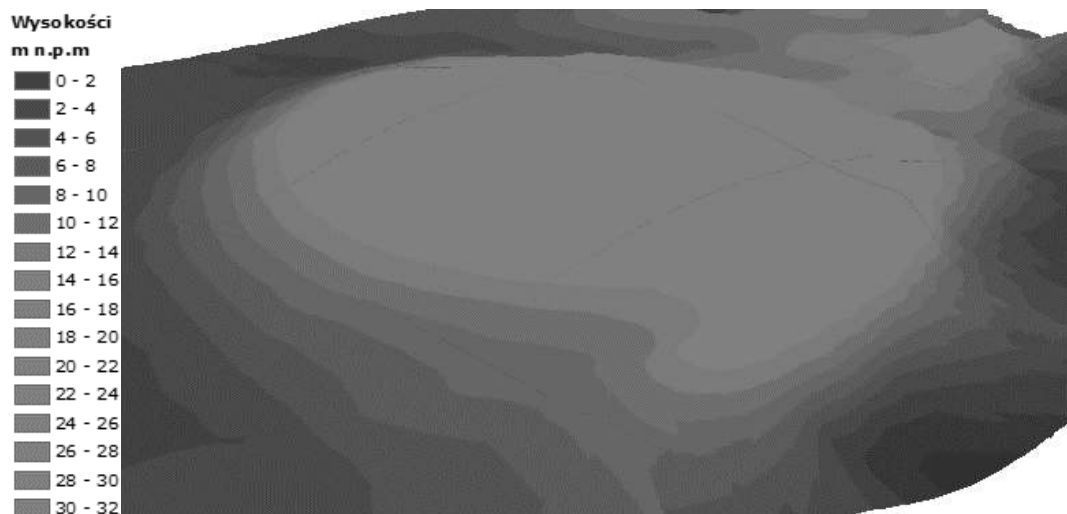
W ramach pomiarów wykonanych metodą GNSS RTN pozyskano sumarycznie 827 pikiet. Posłużyły one do utworzenia numerycznego modelu terenu (Rys.1, Rys.2).

Rysunek 1 A- siatka regularna, B- siatka punktów rozproszonych, C- siatka wykorzystana do utworzenia numerycznego modelu terenu



Źródło: Opracowanie własne.

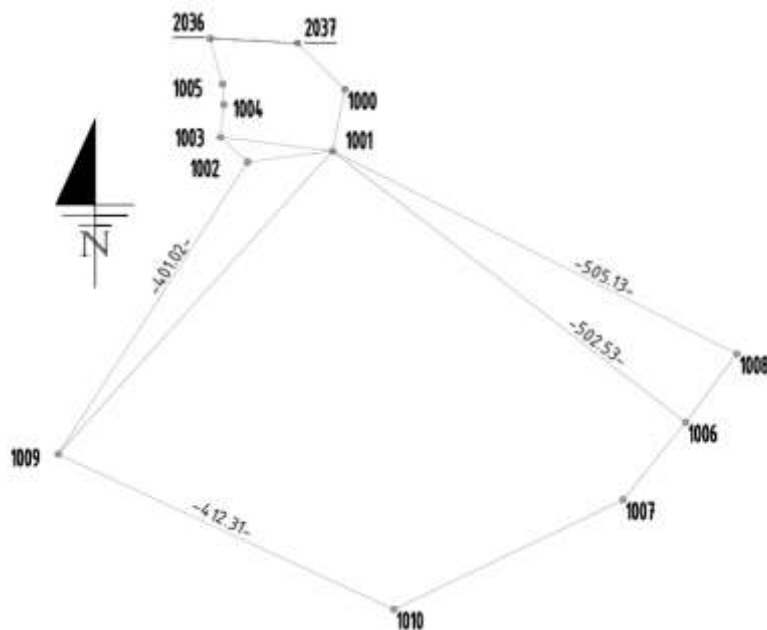
Rysunek 2. Wizualizacja NMT pozyskanego z metody precyzyjnego pozycjonowania



Źródło: Opracowanie własne

Do wykonania pomiaru biegunowego wykorzystano dwa punkty osnowy państwowej znajdujące się w pasie nadbrzeża. W oparciu o nie, założono sieć składającą się z 11 punktów osnowy pomiarowej, z których pomierzono wydmnę (Rys. 3). W ramach dodatkowej kontroli, wszystkie punkty osnowy zostały zmierzone odbiornikami GPS.

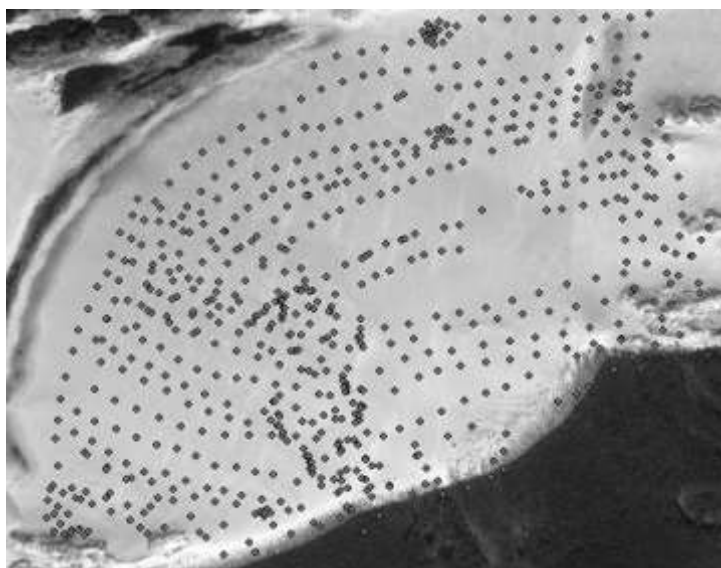
Rysunek 3. Mapa przeglądowa osnowy pomiarowej



Źródło: Opracowanie własne.

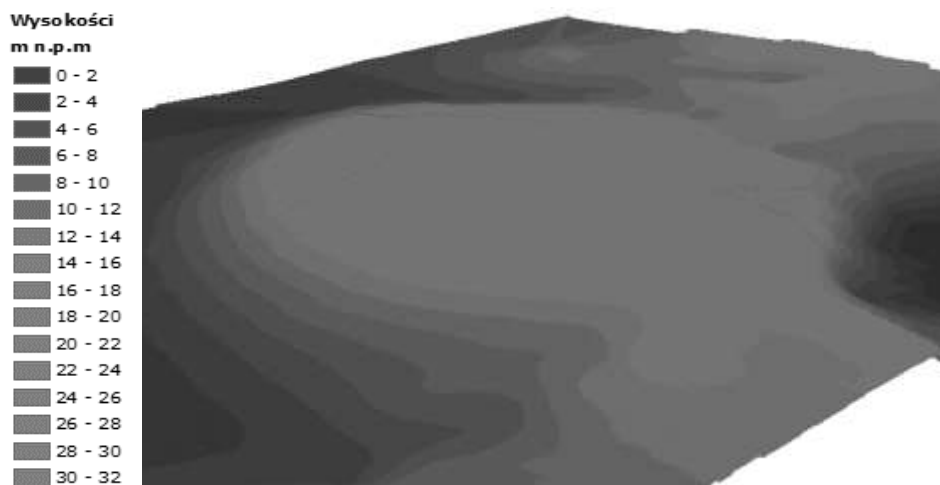
Konstrukcja zaprojektowanej sieci pomiarowej zapewniła możliwość pomiaru całej wydmy. W wyniku wykonanych pomiarów, pozyskano 692 pikiety tworzące sieć punktów rozproszonych, na podstawie których utworzono numeryczny model terenu (Rys. 4, Rys. 5).

Rysunek 4. Rozkład pikiet z pomiaru biegunowego



Źródło: Opracowanie własne.

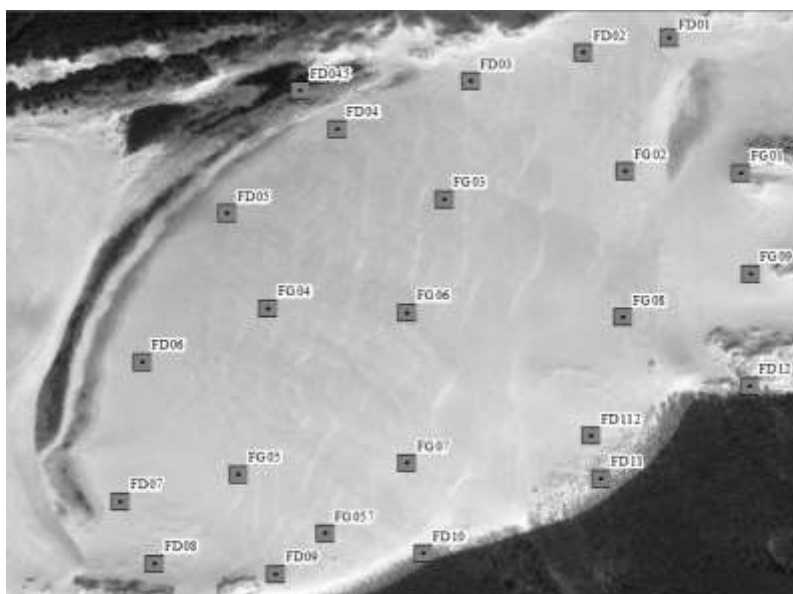
Rysunek 5. Wizualizacja NMT pozyskanego z pomiaru metodą biegunową



Źródło: Opracowanie własne.

W ramach opracowania fotogrametrycznego na obszarze całej wydmy, równomiernie rozłożono 24 fotopunkty (Rys. 6), których współrzędne zostały wyznaczone metodą precyzyjnego pozycjonowania. Zabieg ten miał na celu nadanie georeferencji tworzonemu później modelowi terenu. Wykorzystując system BSL wykonano sumarycznie 1574 zdjęcia, z czego 339 pochodzi z nalogu normalnego, natomiast pozostałe z nalogów ukośnych.

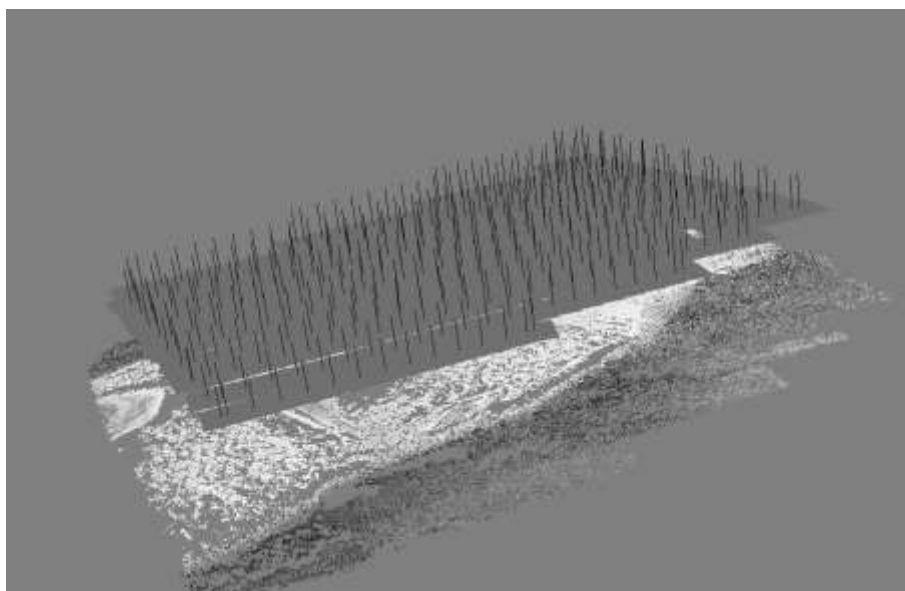
Rysunek 6. Rozmieszczenie fotopunktów



Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie pozyskanych zdjęć (Rys.7) wykonano rzadką, a następnie gęstą chmurę punktów (około 56 000 000 punktów, (Rys.8), która była bazą dla utworzonego później numerycznego modelu terenu (Rys.9).

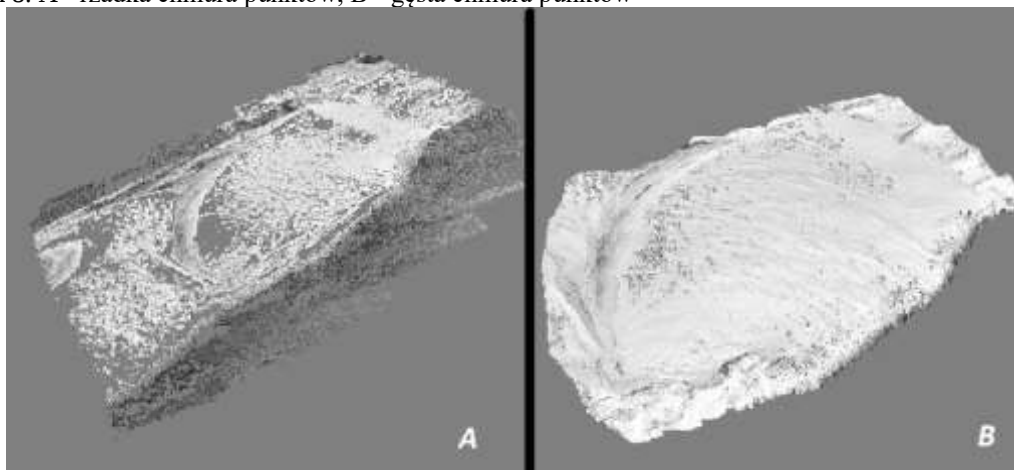
Rysunek 7. Rozkład zdjęć prawie pionowych



Źródło: Opracowanie własne.

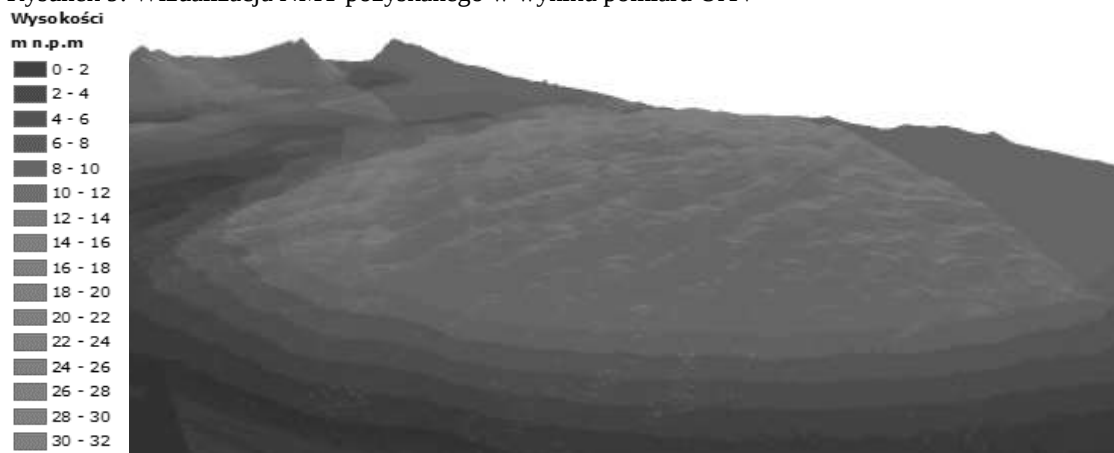
W celu wykonania jak najdokładniejszego modelu terenu, należy dobrać minimalną ilość pomierzonych punktów do ukształtowania danego obszaru. Istotnym aspektem, wpływającym na jakość pozyskiwanych numerycznych modeli terenu, jest dobór metody interpolacji wysokości. Jej wybór powinien zostać dostosowany do zebranych danych, gdyż ze względu na odmienny charakter, możliwe jest uzyskanie innych, często mało wiarygodnych wyników.

Rysunek 8. A - rzadka chmura punktów, B - gęsta chmura punktów



Źródło: Opracowanie własne.

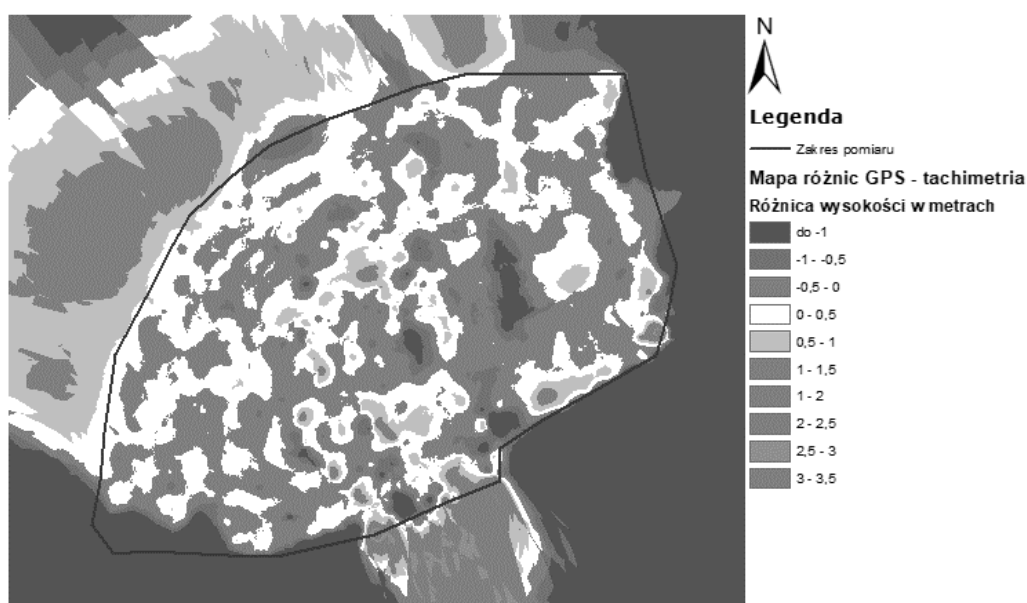
Rysunek 9. Wizualizacja NMT pozyskanego w wyniku pomiaru UAV



Źródło: Opracowanie własne.

W odniesieniu do omawianego wyżej obiektu, zarówno w przypadku pomiaru biegunowego, jaki i precyzyjnego pozycjonowania, na podstawie pikiet wygenerowano rastry wykorzystując do tego celu metodę krigingu. Ze względu na znacznie mniejszą ilość pikiet w obu metodach, w porównaniu do chmury punktów z nalogu (56 000 000 punktów), powstałe NMT różnią się od siebie. Co więcej, jakość numerycznego modelu terenu pozyskanego w wyniku obróbki zdjęć, jest zdecydowanie wyższa. Głównym powodem takiego zjawiska jest fakt, że metoda ta jest bardziej szczegółowa, czego dowodem jest to, iż na zdjęciu odwzorowały się nawet niewielkie zmiany kształtu wydmy tzw. ripplemarki, których nie sposób zmierzyć wykorzystując pomiar biegunowy czy też system GPS.

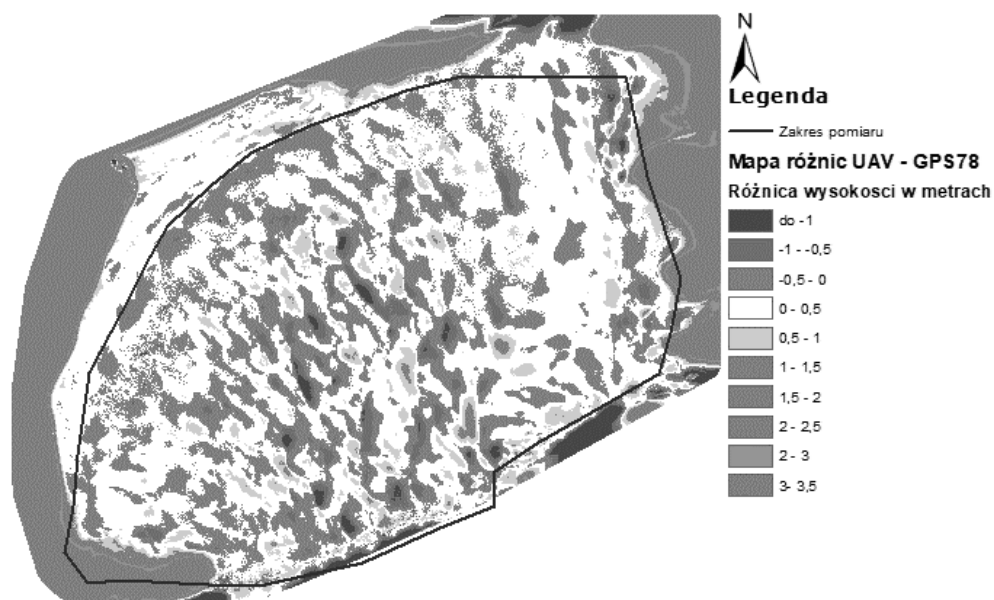
Rysunek 10 Mapa różnic ukazująca zmiany wysokości w zestawieniu pomiaru biegunowego i precyzyjnego pozycjonowania



Źródło: Opracowanie własne.

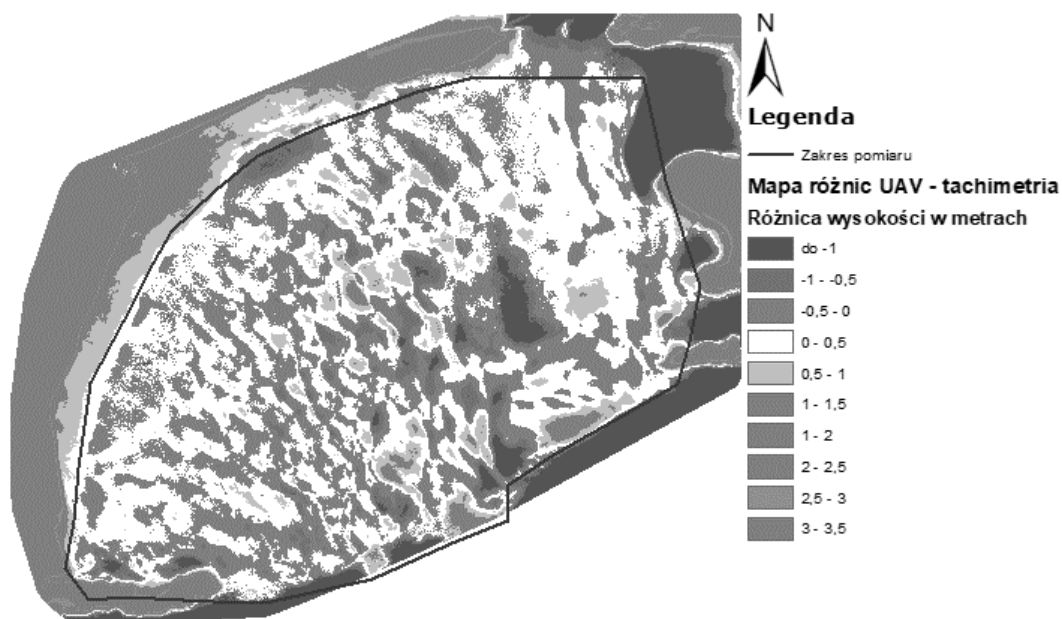
Dobrym sposobem na przedstawienie rozbieżności między utworzonymi numerycznymi modelami terenu, są mapy różnic (Rys.10, Rys.11, Rys.12). Dzięki nim można zauważyć, w których miejscach program inaczej wyestymował wartości wysokości na podstawie pomierzonych pikiet.

Rysunek 11 Mapa różnic ukazująca zmiany wysokości w zestawieniu pomiaru biegunowego i UAV



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 12 Mapa różnic ukazująca zmiany wysokości w zestawieniu pomiaru metodą precyzyjnego pozycjonowania i UAV



Źródło: Opracowanie własne.

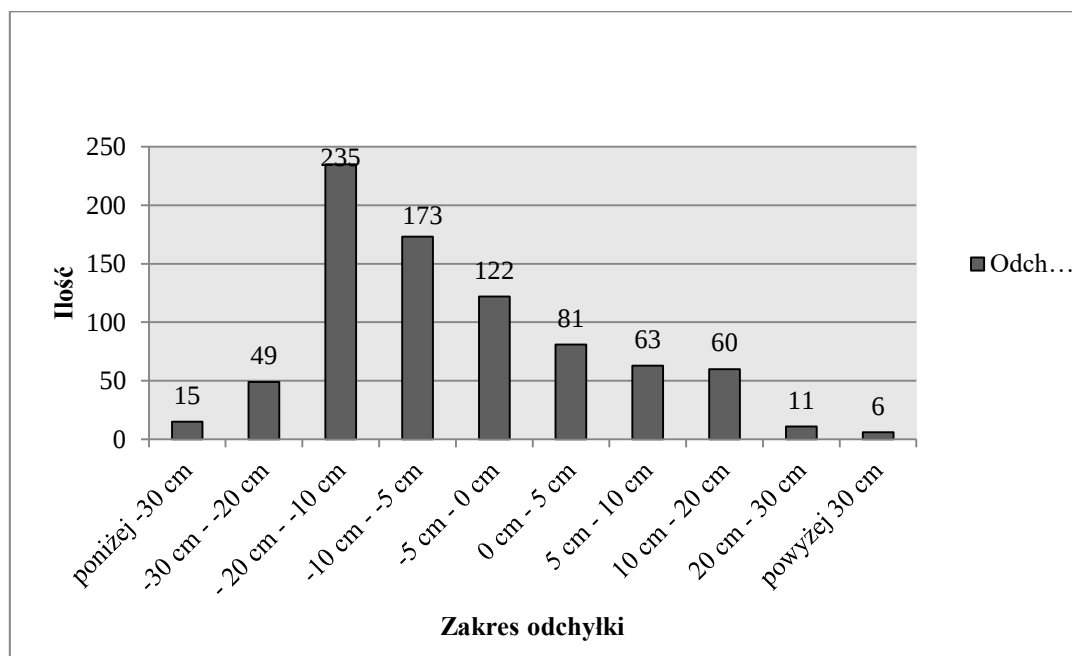
Pierwsza z ukazanych wyżej map różnic przedstawia otrzymane różnice wysokości, powstałe z porównania pomiaru metodą biegunową (tachimetria) i metodą precyzyjnego pozycjonowania (GNSS RTN). Ze względu na to, iż obydwie technologie są w jednym aspekcie dosyć podobnie, a mianowicie kluczową rolę w tworzeniu późniejszego modelu odgrywa miejsce lokalizacji mierzonego punktu czy też używając potocznego określenia „miejsce postawienia tyczki”, różnice wysokości między modelami są stosunkowo łatwo zauważalne, zwłaszcza w miejscach, gdzie pikiety zostały inaczej rozmieszczone.

Nieco odmienna sytuacja występuje w przypadkach ukazanych na rysunkach 11 i 12, gdzie różnice wysokości, zwłaszcza w zestawieniu pomiaru pochodzącego z danych uzyskanych z fotogrametrii niskiego pułapu i pomiaru biegunowego, są większe niż w omówionym już wyżej przypadku. Przyczyną tego zjawiska jest prawdopodobnie bardzo duża odmienność obu metod oraz ilość pozyskanych w ich wyniku do opracowania danych. Mapa różnic doskonale obrazuje, jak istotny wpływ odgrywa ingerencja człowieka na powstały model - szczególnie obecna w metodzie biegunowej jak i GNSS RTN. To człowiek decyduje, gdzie i w jakiej odległości od siebie mają się znajdować kolejne punkty, często nie wychwytyjąc obiektów charakterystycznych takich jak nieciągłości powierzchni terenu (metody różnią się od siebie jedynie miejscem postawienia pikiety), zwłaszcza w odniesieniu do obszarów bardzo rozległych. W metodzie UAV, ingerencja człowieka jest praktycznie niezauważalna, co jest na pewno dużą zaletą tej technologii w odniesieniu do rozległych obiektów. W tym miejscu warto zauważyć, jak duży wpływ na otrzymane wyniki, wywiera regularność prowadzonego pomiaru oraz ilość zebranych w jego wyniku danych, gdyż w wyniku prac wykonanych przy pomocy odbiorników GPS, pomierzono więcej punktów, czego przełożeniem były mniejsze różnice wysokości otrzymane w zestawieniu z pomiarem wykorzystującym BSL.

Głębszą wizualizację (rys.13, rys.14) omawianego wyżej problemu, stanowi liczbowe porównanie wykorzystanych metod pod kątem otrzymanych różnic pomiędzy wysokością pikiety a wysokością tego samego punktu na rastrze wykonanym na podstawie chmury punktów. Do wykonania tego zadania wykorzystano oprogramowanie QGIS oraz wtyczkę Point Sampling Tool, dzięki której otrzymano wartości odchyłek dla wszystkich zmierzonych pikiet. Analizując wspomniane wykresy, można dojść do wniosku, że numeryczny model terenu pozyskany z drona, jest kilka centymetrów wyższy niż z dwóch pozostałych metod. Wynika to z możliwości pomiaru bezkontaktowego systemu BSL natomiast pomiar biegunowy oraz ten wykorzystujący odbiornik GPS, wymaga jednak przemieszczania się po wydmy oraz ustawienia tyczki w miejscu, w którym chcemy wykonać pomiar. Ze względu na sytkość

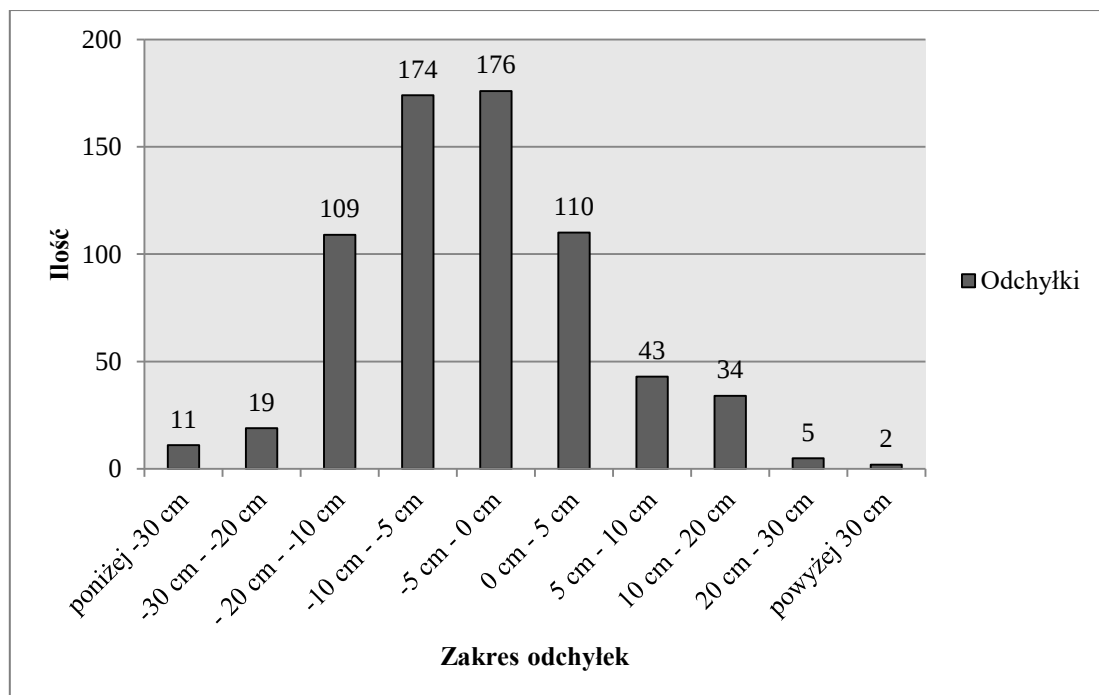
badanego materiału można założyć, że tyczka zapadała się w piasek pod własnym ciężarem i z tego właśnie wynika ta kilkucentymetrowa różnica względem pomiaru UAV. Rozkłady odchyłek kształtem zbliżone są do krzywej Gaussa.

Rysunek 13 Wykres zestawienia odchyłek wysokości pomiędzy pomiarem GNSS a UAV



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 14 Wykres zestawienia odchyłek wysokości pomiędzy pomiarem biegunowym a UAV



Źródło: Opracowanie własne.

W trakcie prowadzonych badań obliczono i porównano ze sobą również objętości wydmy, uzyskane z otrzymanych wyżej numerycznych modeli terenu. W Tabeli 1 przedstawiono błąd względny pomiaru objętości, obrazujący różnice otrzymane w wyniku pomiaru poszczególnymi metodami.

Tabela 1. Porównanie różnic objętości wydmy otrzymanych z poszczególnych metod pomiaru z wykorzystaniem błędu względnego

Pomiar biegunowy – GPS (%)	Pomiar biegunowy – UAV (%)	GPS – UAV (%)
1,6	3,5	1,3

Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z Instrukcją Geodezyjną Resortu Przemysłu Ciężkiego, dopuszczalna wielkość błędu dla surowców przy objętości powyżej 500 000 m³, nie powinna przekraczać 2 ÷ 3 %. Jak wynika z powyższego zestawienia, uzyskane wyniki mieszczą się w normach określonych przepisami. Wartość określająca różnicę między pomiarem metodą biegunową a fotogrametrią niskiego pułapu UAV (odbiegająca nieco od maksymalnej wartości błędu), wynika prawdopodobnie z faktu bardzo dużej odmienności tych dwóch technologii pomiarowych, co zostało pokrótce omówione we wcześniejszym fragmencie artykułu. Dodatkowo, warto zwrócić uwagę na to, iż ze względu na stopień szczegółowości, pomiar fotogrametryczny najwierniej oddaje faktyczny charakter wydmy i dlatego też, w zestawieniu z pomiarem metodą precyzyjnego pozycjonowania, daje najmniejsze różnice. Biorąc pod uwagę ilość danych użytych do obliczenia poszczególnych objętości każdego z trzech wymienionych wyżej przypadków, wyniki można uznać za zgodne.

Na koniec warto również zwrócić uwagę na czas, jaki należy poświęcić w celu zarówno pozyskania danych, jak i ich opracowania. Dzięki takiemu zestawieniu można określić efektywność, a co za tym idzie, jakość produktu finalnego, który jest zależny od sposobu zbierania danych oraz metodyki obróbki. (Tab.2)

Analizując powyższą tabelę, łatwo można dojść do wniosków, że pomiar metodą tachimetryczną, jest zdecydowanie najmniej efektywny, głównie ze względu na bardzo długi czas pomiaru, a przy tym niewielką ilość pikiet. Dodatkowym argumentem, działającym na niekorzyść tej technologii, jest czas trwania opracowania – to skutek błędów ludzkich dotyczących chociażby omyłkowego wprowadzenia oznaczeń w instrument lub nieprawidłowej wysokości lustra w trakcie pomiaru. Wychwycenie tego typu pomyłek jest bardzo trudne a czasami wręcz niemożliwe. Pozyskanie danych techniką precyzyjnego

pozycjonowania sprowadza się do prostej obsługi kontrolera odbiornika w miejscu, w którym chcemy wykonać pomiar. W ten sposób otrzymujemy gotowe współrzędne w zadanym układzie odniesienia, których nie trzeba już przeliczać. W związku z tym, czas opracowania był zdecydowanie najkrótszy, co stanowi atut tej metody.

Tabela 2. Zestawienie metod z uwzględnieniem czasochłonności wykonania opracowania

	Pomiar biegunowy	Pomiar metodą precyzyjnego pozycjonowania (RTN)	Pomiar systemem UAV
Czas pomiaru	20 godzin	15 godzin	3 godziny
Ilość zebranych danych	692 pikiety	827 pikiet	1574 zdjęcia
Czas opracowania	około 120 godzin	3 godziny	około 120 godzin
Trudności w opracowaniu	duże	brak	niewielkie

Zródło: Opracowanie własne.

Pomiary wykorzystujące fotogrametrię niskiego pułapu UAV zdecydowanie przodują, jeżeli chodzi o czas ich wykonania. W ciągu 3 godzin pozyskano aż 1574 zdjęcia. W porównaniu do pozostałych metod, jest to najefektywniejszy sposób pozyskania tego typu danych. Czas obróbki nie jest najkrótszy, ale wynika on z możliwości obliczeniowych komputera, na którym dokonywano całościowego opracowania.

Podsumowanie

W przypadku badania obiektów rozległych, względnie ciągłych, najlepszą technologią pomiarową jest wykorzystanie fotogrametrii niskiego pułapu (UAV). Oprócz stosunkowo krótkiego czasu wykonania prac, decydującym czynnikiem jest tutaj także praktyczne zminimalizowanie błędu, będącego wynikiem czynnika ludzkiego. Dodatkowo, produkty finalne opracowane na podstawie danych pozyskanych przy pomocy systemu BSL, cechują się bardzo dobrą jakością, a przy tym są dosyć jasne w swoim przekazie (w rozumieniu struktury graficznej), co ułatwia ich interpretację nawet osobom nieposiadającym specjalistycznej wiedzy branżowej.

Literatura

Geodeci, elementy rachunku wyrównawczego, http://geodeci.weebly.com/uploads/3/7/7/5/37753215/go_dz.9_elementy_rachunku_wyrwnawczego.pdf (dostęp 26.02.2019).

Instrukcja Geodezyjna Resortu Przemysłu Ciężkiego, załącznik nr 8: Wytyczne wykonania geodezyjnych pomiarów zakładów przemysłowych. 1976. Ministerstwo przemysłu ciężkiego, Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „Wema”, Warszawa,

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz. U. z 2011 r. Nr 263, poz. 1572).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. 2012 poz. 1247).

Strona Instytutu Geodezji i Kartografii, <http://www.igik.edu.pl/pl/geodezja-i-geodynamika-sieci-permanentne-gnss> (dostęp dnia: 25.02.2019).