

## Wykorzystanie danych teledetekcyjnych i technologii GIS w audycie krajobrazowym na przykładzie gminy Zwoleń

*Use of remote sensing data and GIS technology  
in a landscape audit on the example of the Zwoleń commune*

 Karolina MAZUR

Suntech S.A.  
ul. Puławska 107  
02-595 Warszawa  
[karolina.mazur9410@gmail.com](mailto:karolina.mazur9410@gmail.com)

 Joanna PLUTO-KOSSAKOWSKA

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii  
Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej  
Pl. Politechniki 1  
00-661 Warszawa  
[joanna.kossakowska@pw.edu.pl](mailto:joanna.kossakowska@pw.edu.pl)

### Streszczenie

Przeprowadzone badania miały na celu opracowanie bazy danych jednostek krajobrazowych na potrzeby audytu krajobrazowego z wykorzystaniem technologii GIS i danych teledetekcyjnych. W artykule opisano podstawowe informacje i uregulowania prawne dotyczące audytu krajobrazowego w Polsce, jako punkt wyjścia do założeń i przeprowadzenia części doświadczalnej. Zastosowanie technologii GIS w audycie krajobrazowym nie jest już zagadnieniem nowym, ale wraz z opisanymi przykładami delimitacji regionów fizycznogeograficznych i wykorzystania w nich danych przestrzennych posłużyła również w tym eksperymencie do identyfikacji krajobrazów. W opracowaniu mapy jednostek krajobrazowych wykorzystano model zrealizowany w oprogramowaniu ArcGIS i zaimplementowany w aplikacji Model Builder. Zaprojektowany model automatycznie tworzy wstępne granice jednostek z wykorzystaniem odpowiednio dobranych narzędzi analiz przestrzennych. Proces automatyzacji nie mógł jednak całkowicie zastąpić pracy specjalisty, dlatego pewne etapy pracy wykonano manualnie. Weryfikacja w oparciu o zdjęcia satelitarne i lotnicze pozwoliła opracować ostateczną postać jednostek krajobrazowych. Sam model skutecznie ułatwił zaprojektowanie wstępnej wersji wydzieleni oraz skrócił czas pracy manualnej. Opracowana mapa zawiera 30 jednostek krajobrazowych na poziomie mikroregionów na obszarze testowym – gminy Zwoleń. Technologia GIS wraz z odpowiednio dobranymi zbiorami danych przestrzennych pozwala na określenie jednostek krajobrazowych potrzebnych do opracowania audytu krajobrazowego. Aby to było możliwe, przede wszystkim należy właściwie analizować i przetworzyć dostępne zbiory danych przestrzennych oraz wykorzystywać specjalistyczną wiedzę do weryfikacji. Opracowany model może być wykorzystany w innych regionach Polski w gminach o podobnym charakterze.

## Abstract

The purpose of this study was to develop a database of landscape units for the needs of landscape auditing using GIS technology and remote sensing data. It describes basic information and legal regulations regarding landscape auditing in Poland. The use of GIS in landscape audit was presented together with examples of methodology of delimitation of physio-geographic regions and the use of spatial data. Methodology of using topographical databases and satellite images for identifying and assessing landscapes was also described. In developing the map of landscape units, a model implemented in ArcGIS software and Model Builder application was used. The designed model automatically creates initial unit limits using appropriately selected tools and GIS algorithms. The automation process, however, could not completely replace the work of a specialist, so certain stages of work were carried out manually. The verification based on satellite and aerial images allowed analysis and assessment of landscape units. The model itself effectively facilitated the design of the initial map as a sketch and shortened the amount of manual work. The developed map contains 30 landscape units at the level of micro-regions in the test area – Zwoleń commune. GIS technology allows to determine the landscape units needed to develop a landscape audit. To make this possible, it is necessary to properly analyze and process the available spatial data sets using GIS technology and to use specialist knowledge for verification. The developed model can be used in other regions of Poland, in communities with similar landscape typology.

**Keywords:** landscape audit, landscape unit, landscape typology, ArcGIS, Model Builder, remote sensing.

**Słowa kluczowe:** audyt krajobrazowy, jednostka krajobrazowa, typologia krajobrazu, ArcGIS, Model Builder, teledetekcja.

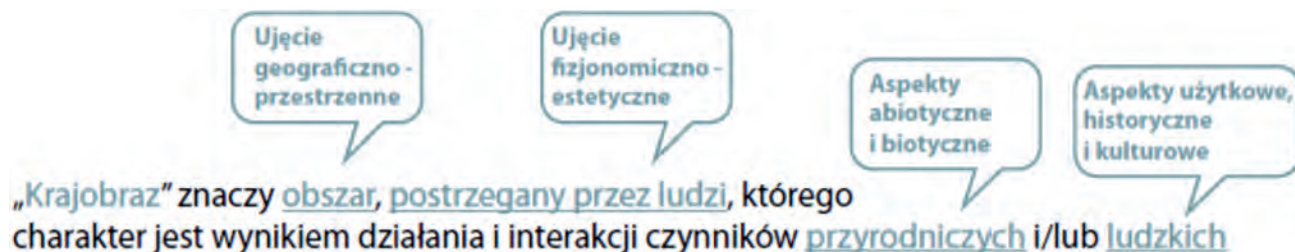
## Wprowadzenie

Audyt krajobrazowy to nowe narzędzie do zarządzania terenem i planowania przestrzennego wprowadzone do polskiego prawa Ustawą z dnia 25 kwietnia 2015 roku o zmianie niektórych ustaw w związku ze wzmocnieniem narzędzi ochrony krajobrazu, zwana Ustawą Krajobrazową (Dz.U., 2015, poz. 774). W ramach audytu krajobrazowego identyfikowane są krajobrazy, określone ich cechy charakterystyczne oraz oceniane ich wartości. Sporządza się go dla obszaru województwa, nie rzadziej niż raz na 20 lat. Zadaniem audytu krajobrazowego w szczególności jest określenie krajobrazów występujących na obszarze danego województwa oraz lokalizacji krajobrazów priorytetowych. Kolejny cel to wskazanie zagrożenia dla możliwości zachowania wartości krajobrazów. W audycie przedstawia się również rekomendacje i wnioski dotyczące kształtowania i ochrony krajobrazów, w szczególności poprzez wskazanie obszarów, które powinny zostać objęte formami ochrony przyrody oraz lokalne formy architektoniczne zabudowy w obrębie krajobrazów (Ustawa Krajobrazowa, Dz.U., 2015, poz. 774). Wynik audytu w dużym stopniu zależy od przyjętych założeń teoretycznych i metodycznych. Ustawodawca przyjął cztery ogólne cele audytu krajobrazowego. Pierwszy to przeprowadzenie podziału powierzchniowego poszczególnych województw na krajobrazy w sposób jednolity i spójny dla całego kraju. Drugi to umieszczenie wyróżnionych krajobrazów w hierarchicznych systemach typologicznych i regionalnych podziałów powierzchniowych kraju, bazujących na kompleksowych podstawach przyrodniczych i historyczno-kulturowych. Trzeci to kompleksowe scharakteryzowanie wyróżnionych krajobrazów w sposób sformalizowany, umożliwiający tworzenie w późniejszym okresie różnych zestawień tematycz-

nych i analitycznych, zarówno w ujęciu tabelaryczno-tekstowym, jak i kartograficznym. Czwarty to stworzenie w przyszłości ogólnej bazy wiedzy o krajobrazach Polski jako jednej z podstaw niezbędnych przy planowaniu przestrzennym na wszystkich poziomach szczegółowości (Solon, Chmielewski, Myga-Piątek, Kistowski 2014). Natomiast do celów szczegółowych należy zaliczyć wyróżnienie krajobrazów priorytetowych, najbardziej cennych i szczególnie wymagających ochrony.

Przed wejściem w życie ustawy krajobrazowej, zarządzanie krajobrazem w Polsce na poziomie regionalnym w zasadzie nie miało podstaw prawnych (Krajewski, Mastalska-Cetera 2016). Dzięki ustawie można zacząć mówić o próbie implementacji zapisów Europejskiej Konwencji Krajobrazowej do polskiego prawa. Konwencja ta została przyjęta przez Radę Europy w 2000 roku we Florencji w celu ochrony zagrożonych naturalnie istniejących krajobrazów. W Konwencji m.in. określono definicję krajobrazu, a także opisuje jak należy rozumieć ochronę, zarządzanie i planowanie krajobrazu. Pojęcie krajobrazu według Europejskiej Konwencji Krajobrazowej zdefiniowane jest jako: „obszar, postrzegany przez ludzi, którego charakter jest wynikiem działania i interakcji czynników przyrodniczych i/lub ludzkich”. Definicja ta określa różne aspekty krajobrazu, które przedstawiono na Ryc. 1 (Solon 2013). Widać w samej definicji na pierwszym miejscu odniesienie przestrzenne.

Zagadnienia związane z krajobrazem charakteryzują się dużą złożonością. Z tego względu prace związane z identyfikacją i oceną krajobrazów powinny być dogłębnie przedyskutowane przez wielu specjalistów z różnych dziedzin, takich jak: architekci krajobrazu, planiści, naukowcy, osoby zajmujące się ochroną krajobrazu, przedstawiciele instytucji rządowych, samorządowych, regionalnych (Kielsznia 2013).



Ryc. 1. Zakres treściowy definicji krajobrazu według Europejskiej Konwencji Krajobrazowej (Solon 2013)

Fig. 1. The scope of the definition of landscape according to the European Landscape Convention (Solon 2013)

W Europejskiej Konwencji Krajobrazowej zalecane jest, aby w audycie krajobrazowym korzystać z technologii GIS. Umożliwia ona analizowanie i przetwarzanie zbiorów danych przestrzennych opisujących elementy krajobrazu w różnorodny sposób (różne formaty, układy odniesienia, skale) oraz ułatwia obiektywizację podejmowanych decyzji. Oprogramowanie GIS pozwala na przeprowadzenie wielowariantowych analiz regionalizacji krajobrazu, co daje takie korzyści jak np. wybór optymalnej metody i weryfikacja uzyskanych rezultatów poprzez ich porównanie (Kistowski, Szydłowski 2015). Dzięki technologii GIS istnieją również bardzo szerokie możliwości szybkiej aktualizacji bazy danych oraz różnorodnej wizualizacji kartograficznej uzyskanych wyników analiz. Opracowania utworzone za pomocą narzędzi GIS są w postaci warstw wektorowych oraz rastrowych jako bazy danych przestrzennych, które można w łatwy sposób gromadzić i przechowywać, a także kopiować na pamięci zewnętrznej i udostępniać w postaci usług m.in. WMS, WFS. Umożliwią one porównanie stanu krajobrazu województw, aktualizację i weryfikację danych z kolejnych lat audytu (Myga-Piątek i in. 2015).

Poprzez ratyfikowanie Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, wiele krajów stanęło przed obowiązkiem wdrażania jej przepisów. W Polsce i w innych krajach europejskich powstało wiele opracowań typologicznych krajowych i regionalnych, przy czym różnią się one ze względu na różnorodny krajobraz europejski. Posiadają one zróżnicowane zasady i procedury uwzględniające różne kryteria definiowania typów oraz różne metody prowadzące do delimitacji typów krajobrazu. Jedną z pierwszych prac na temat delimitacji krajobrazów w Europie, czyli ustalenia przebiegu granic krajobrazów, powstała w Estonii w 1922 roku, w której autor Johannes Grano wyodrębnił 22 różne krajobrazy (Peil, Sooväli, Palang, Oja, Mander 2004). Ta praca przyczyniła się do powstania kolejnych typologii krajobrazu państw i regionów europejskich – według różnych zasad, kryteriów i procedur.

W Polsce powstało wiele różnorodnych opracowań typologicznych dotyczących zróżnicowania abiotycznego, społeczno-gospodarczego i historycznego. Jedno

z ważniejszych to opracowanie ogólnopolskiego podziału regionalnego, którego autorem był Jerzy Kondracki. Wyróżniono w nim 318 mezoregionów reprezentujących 59 makroregionów i 5 prowincji (Kondracki 2002). Mezoregiony zostały wyznaczone na podstawie zróżnicowania geomorfologicznego z uwzględnieniem hipsometrii, cech litologicznych i hydrogeograficznych oraz użytkowania ziemi – zwłaszcza występowanie większych kompleksów leśnych. Dopelnieniem podziału regionalnego było opracowanie typologii krajobrazu naturalnego przez Andrzeja Richlinga (Richling 1992). Kryteria wzięte pod uwagę do określenia jednostek krajobrazowych to: geneza i morfometria podłoża, litologia i gleby, stosunki wodne i roślinność potencjalna.

Jednym z przykładowych opracowań stosowanych do wydzielenia jednostek krajobrazowych jest typologia krajobrazu naturalnego Polski opracowana przez J. Kondrackiego. Polska jest według niej podzielona na 4 klasy, 12 rodzajów i 25 gatunków (Tabela 1). Od klasy krajobrazu i od poziomu hierarchicznego wydzielenia zależą kryteria wyróżniania jednostek krajobrazowych. Najlepiej gdy są one zróżnicowane w zależności od celu podziału krajobrazowego. Jednak bardzo popularne jest przyjmowanie takich kryteriów za pierwszorzędne, jak budowa geologiczna i ukształtowanie powierzchni terenu, ze względu na to, że są to elementy stabilne, mało zmienne w stosunku do czasu (Richling 2013).

W typologii krajobrazu można również wykorzystywać dane o roślinności. Stosuje się do tego metryki krajobrazowe, które opisują w formalny sposób rozmieszczenie w przestrzeni poszczególnych typów zbiorowisk, siedlisk czy form pokrycia terenu (Solon 2013). Podstawą do stworzenia metryk była teza mówiąca o tym, że odmienne rozmieszczenie płatów odpowiada odmienności w uwarunkowaniach środowiskowych i/albo w odmiennym oddziaływaniu antropogenicznym (Solon 2008). Na Ryc. 2. przedstawiono przykład potwierdzający tę tezę. Jest to fragment obszaru okolic granicy polsko-białoruskiej. Widać na nim odmienne kształty i wielkości poszczególnych płatów użytków przy podobnych warunkach siedliskowych (Solon 2006).

Tabela 1. Klasyfikacja krajobrazów naturalnych Polski (Richling 2013)

Table 1. Classification of Polish natural landscapes (Richling 2013)

Klasa krajobrazu	Rodzaj krajobrazu	Gatunek	
1. Krajobrazy nizin	1.1. Glacjalne	1.1.1. Równinne i faliste	
		1.1.2. Pagórkowate	
		1.1.3. Wzgórzowe	
	1.2. Peryglacjalne	1.2.1. Równinne i faliste	
		1.2.2. Pagórkowate	
		1.2.3. Wzgórzowe	
	1.3. Fluwioglacjalne	1.3.1. Równinne i faliste	
	1.4. Eoliczne	1.4.1. Pagórkowate	
		1.4.2. Wzgórzowe	
	2. Krajobrazy wyżyn i niskich gór	2.1. Lessowe – eoliczne	2.1.1. Wysoczyzn słabo rozciętych
			2.1.2. Wysoczyzn silnie rozciętych
		2.2. Węglanowe i gipsowe – erozyjne	2.2.1. Zwartych masywów ze skałkami
2.2.2. Izolowanych połączonych wzniesień			
2.2.3. Płaskowyżów falistych			
2.3. Krzemianowe i glinokrzemianowe – erozyjne		2.3.1. Pogórzy	
		2.3.2. Pojedynczych wzniesień	
3. Krajobrazy gór średnich i wysokich	3.1. Gór średnich – erozyjne	3.1.1. Regła dolnego (jodłowo-bukowe)	
		3.1.2. Regła górnego (świerkowe)	
	3.2. Gór wysokich – erozyjne i glacjalne	3.2.1. Subalpejskie (kosodrzewiny)	
		3.2.2. Alpejskie (halne)	
		3.2.3. Subniwalne (turniowe)	
4. Krajobrazy dolin i obniżeń	4.1. Zalewowych den dolin – akumulacyjne	4.1.1. Równin zalewowych w terenach nizinnych i wyżynnych	
		4.1.2. Równin zalewowych w terenach górskich	
	4.2. Tarasów nadzalewowych – akumulacyjne	4.2.1. Równin tarasowych w terenach nizinnych i wyżynnych	
		4.2.2. Równin tarasowych w terenach górskich	
	4.3. Deltowe – akumulacyjne	–	
	4.4. Równin bagiennych – akumulacyjne	–	
	4.5. Obniżeń denudacyjnych i kotlin w terenach wyżynnych i górskich – erozyjne	–	

Celem Europejskiej Konwencji Krajobrazowej jest identyfikacja i zachowanie społecznie pożądanym parametrów jakościowych krajobrazu, czyli określonych, oczekiwanych wskaźników jakości krajobrazu. W pierwszej kolejności należy najpierw ocenić stopień antropogenicznego przekształcenia określonego obszaru, a także aktualnego sposobu użytkowania krajobrazu. W tabeli przedstawiono 12-stopniową skalę antropogenicznego przekształcenia krajobrazu (Tabela 2).

Została opracowana na podstawie klasyfikacji Kondrackiego oraz Richlinga – to znaczy, że jest z nimi spójna. Według Chmielewskiego prace nad określaniem wskaźników i standardów jakości krajobrazu danego obszaru powinno poprzedzić sporządzenie mapy stopnia antropogenicznego przekształcenia i sposobu użytkowania krajobrazu na podstawie poniższej skali zamieszczonej w Tabeli 2 (Chmielewski 2013).



Ryc. 2. Zróżnicowanie pokrycia terenu po obu stronach granicy polsko-białoruskiej – zdjęcie satelitarne N-35-50\_2000.sid, wykonane w roku 2000 w barwach umownych z urządzenia ETM satelity Landsat (Solon 2006) z naniesionym przebiegiem granicy polsko-białoruskiej (czerwona linia)

Fig. 2. Diversification of land cover on both sides of the Polish-Belarusian border – satellite image N-35-50\_2000.sid, taken in 2000 in conventional colors from the ETM device of the Landsat satellite (Solon 2006) with the Polish-Belarusian border marked (red line)

Tabela 2. Klasyfikacja krajobrazów pod względem stopnia ich antropogenicznego przekształcenia i sposobu użytkowania (Chmielewski 2012, zmodyfikowane)

Table 2. Classification of landscapes in terms of the degree of their anthropogenic transformation and the way of use (Chmielewski 2012, modified)

	Typy		
	Przyrodnicze	Przyrodniczo-kulturowe	Kulturowe
Podtypy	Pierwotne i zbliżone do pierwotnych	Harmonijne	Harmonijne
	Harmonijnie użytkowane	Dysharmonijne	Dysharmonijne
	Degradowane	Zdegradowane	Zdegradowane
	Podlegające renaturalizacji	Podlegające odnowie	Podlegające odnowie

Opracowane typologie w krajach europejskich zostały utworzone w skalach od 1:1000000 do 1:10000 lub w rozdzielczości przestrzennej od 50 m do 3 km (Majchrowska 2013). W Polsce badania nad metodami wykorzystania istniejących zbiorów danych przestrzennych w audycie krajobrazowym prowadzi I. Solecka (Solecka i in. 2019), a nad metodami i potrzebą uwzględnienia rzeźby terenu P. Władysławski, J. Adamczyk i A. Cieszewska (2020).

### Cel i zakres badań

Celem założonych eksperymentów było opracowanie metody wydzielenia jednostek krajobrazowych za pomocą narzędzi GIS, wybranie i przetestowanie stosowanych zbiorów danych przestrzennych potrzebnych do sporządzenia audytu oraz opracowanie mapy zidentyfikowanych jednostek krajobrazowych jako produktu końcowego całego procesu technologicznego. W części eksperymentalnej wykorzystano również dodatkowe zbiory danych przestrzennych, tj. zdjęcia satelitarne Sentinel-2 oraz ortofotomapę lotniczą. W badaniach

skupiono się na opracowaniu metodyki wyznaczenia jednostek krajobrazowych z wykorzystaniem zbiorów danych przestrzennych, metod ich przetwarzania i narzędzi analitycznych. Wskazano na potencjał zbiorów danych przestrzennych i automatyzacji procesów analitycznych w technologii GIS możliwy do określenia na podstawie wykonanych testów na obszarze badawczym. Badania zostały przeprowadzone na obszarze miejsko-wiejskiej gminy Zwoleń. Jest to teren położony w południowo-wschodniej części województwa mazowieckiego, w centralnej części powiatu zwoleńskiego. Gmina zajmuje obszar 161,12 km<sup>2</sup>, z czego powierzchnia miasta wynosi 15,78 km<sup>2</sup>, natomiast wsi 145,34 km<sup>2</sup>. Gmina ma charakter rolniczy, co daje odpowiednie warunki dla rozwoju przemysłu rolno-spożywczego. Grunty orne zajmują powierzchnię 9743 ha (89,7% użytków rolnych), sady – 232 ha (2,1% użytków rolnych), łąki i pastwiska – 892 ha (8,2% użytków rolnych). Dużą część terenu stanowią krajobrazy chronione. Miejsce to jest atrakcyjne pod względem walorów krajobrazowych i przyrodniczych, jak również pod względem rozwoju turystyki i agroturystyki (Strategia rozwoju gminy Zwoleń na lata 2018–2028, 2018). Gmina leży

w dwóch mezoregionach: równinie radomskiej i równinie kozienickiej. Do testów wykorzystano oprogramowanie ArcGIS (10.5.1) firmy ESRI.

### Źródła danych przestrzennych

Audyt krajobrazowy wymaga bardzo dużej ilości danych o odpowiedniej szczegółowości. Optymalna skala dla obszaru gminy w podobnych opracowaniach to 1:10 000, jednakże istnieje wiele map o tematyce środowiskowej w skalach 1:25 000 i 1:50 000 z różnymi klasami obiektów. Dlatego jako dane referencyjne wykorzystano i przetestowano takie zbiory, jak: BDOT10k (1:10 000) dostępna na zamówienie w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii (GUGiK), NMT o dokładności wysokościowej 7–8 m i szczegółowości terenowej odpowiadającej rozdzielczości przestrzennej 30 m i udostępniony przez serwis Earth Explorer (prowadzony przez Instytut Geologiczny USA), a także dodatkowe źródła, jak: mapa glebowa w skali 1:100 000 dostępna odpłatnie na zamówienie w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG–PIB) oraz mezoregiony fizycznogeograficzne w skali 1:50 000 udostępnione przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska (GDOŚ). Dodatkowo wykorzystano także zdjęcia satelitarne Sentinel-2 o rozdzielczości 10 m i 20 m w formacie TIFF, pobrane z serwisu Earth Explorer, w układzie UTM WGS 1984 strefa 34N oraz ortofotomapę lotniczą z 2017 roku pozyskaną z GUGiK (w czasie prowadzenia badań była to najbardziej aktualna ortofotomapa).

### Metodyka badań

W opracowaniu „Studia nad regionalizacją fizycznogeograficzną Polski” została opisana metoda delimitacji regionów fizycznogeograficznych (Kistowski, Myga-Piątek, Solon 2018), którą także zaadoptowano w przyjętej metodyce badań. Według Kistowskiego i in. (2018) wydzielenie mikroregionów powinno odbyć się na podstawie mezoregionów opracowanych przez Kondrackiego lub ich aktualizacji. Wskazuje on na zasadność kierowania się podstawowymi zasadami: (a) Delimitację należy przeprowadzić metodą dedukcyjną. Granice mezoregionów można skorygować w wyniku zastosowania bardzo szczegółowych danych przestrzennych; (b) Za kryteria delimitacji mikroregionów powinno się przyjąć cechy stabilne i będące komponentami nadrzędnymi, czyli budowę geologiczną i rzeźbę terenu. Jako uzupełnienie trzeba się posłużyć komponentami dodatkowymi, takimi jak woda, gleby i roślinność; (c) Szczegółowość wykorzystanych danych przestrzennych powinna być wybrana na podstawie kompromisu pomiędzy zastosowaniem dla potrzeb krajobrazu, a możliwościami finansowymi i czasowymi. Dostępne materiały i dane przestrzenne należą do przedziału skalowego 1:10 000–1:500 000. Bardzo duża prędkość wykonania delimitacji z wykorzystaniem danych jak najbardziej dokładnych, skłania do posłużenia się raczej materiałami

o skali 1:50 000 (Kistowski, Myga-Piątek, Solon 2018). We wszystkich tych etapach pomocne są dane teledetekcyjne.

W celu poprawnej interpretacji pokrywy glebowej i roślinności zdjęcia satelitarne Sentinel-2 przedstawiono z trzech różnych okresów – wiosennego (15.04.2018), letniego (08.08.2018) i jesiennego (12.09.2018). Dzięki temu można było odróżnić obszary stale pokryte roślinnością (lasy, użytki zielone) od terenów uprawnych. Lasy i użytki zielone są widoczne na wszystkich trzech zdjęciach. Natomiast pokrycie terenów uprawnych zmienia się w przeciągu roku. Wiosną przedstawia odkrytą pokrywę glebową z niewielkim wzrostem upraw. W okresie letnim rozwój roślinności na terenach upraw jest najbardziej widoczny. Natomiast jesienią wiele plonów zostaje już zebranych i pokrywa glebowa z powrotem staje się odsłonięta. Na podstawie ortofotomapy lotniczej nastąpiło uszczegółowienie wyznaczonych jednostek krajobrazowych. Uwzględnienie zobrazowania Sentinel-2 było przydatne do wyznaczenia obiektów leśnych, a także pozwoliło na porównanie względem ortofotomapy lotniczej.

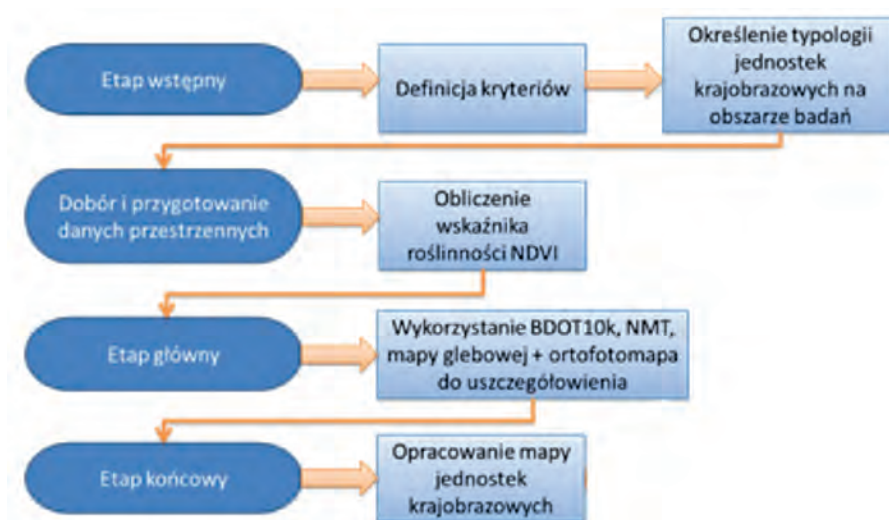
### Koncepcja i realizacja prac eksperymentalnych

Delimitacja jednostek krajobrazowych została przeprowadzona na podstawie wybranych kryteriów. Za podstawowe czynniki krajobrazowe uznano pokrycie terenu, rzeźbę (morfologię) terenu oraz czynniki glebotwórcze. Typologię pokrycia terenu opracowano na podstawie bazy danych przestrzennych BDOT10k. Wykorzystano w tym celu następujące klasy: PTWP – woda powierzchniowa, PTZB – zabudowa, PTLZ – teren leśny i zadrzewiony, PTRK – roślinność krzewiasta, PTUT – uprawa trwała, PTTR – roślinność trawiasta i uprawa rolna, PTKM – teren pod drogami kołowymi, szynowymi i lotniskowymi, PTPL – plac, PTSO – składowisko odpadów, PTWZ – wyrobisko i zwałowisko, PTNZ – pozostały teren niezabudowany. Baza BDOT10k była podstawą wykonanych badań. Pokrycie terenu najbardziej wpływa na postrzeganie krajobrazu oraz na jego walory i estetykę. Z tego powodu kryterium to najmocniej wpłynęło na wydzielenie jednostek krajobrazowych w niniejszym opracowaniu. Gleby włączono do kryteriów wydzielenia jednostek, ponieważ mają bezpośredni, a także pośredni wpływ na postrzeganie krajobrazu. Pośredni, gdyż wpływają na żyzność siedlisk czy wykształcenie się zbiorowisk roślinności i sposób użytkowania. Natomiast bezpośrednio jest widziana barwa czy inne cechy gleby (wilgotność, struktura *etc.*), które także oddziałują na walory wizualne krajobrazu. Charakterystykę rzeźby terenu przedstawiono za pomocą przetworzeń NMT w postaci warstw rastrowych spadków i kierunku ekspozycji.

Eksperyment przeprowadzono w kilku krokach przedstawionych na Ryc. 3. **Etapem wstępnym** była charakterystyka obszaru badawczego, opracowanie schematu postępowania oraz wybór kryteriów do określenia typologii jednostek na obszarze badań. Następnym krokiem to dobór i przygotowanie odpowiednich zbiorów

danych przestrzennych, a także aktualizacja granic mezoregionów fizycznogeograficznych, włączenie nowych obiektów do klasy obiektów tereny leśne bazy danych BDOT10k, dodanie nowego atrybutu do mapy glebowo-rolniczej scalającego trzy istniejące atrybuty – kompleks, typ i rodzaj gleby, przetworzenie numerycznego modelu terenu w celu otrzymania mapy spadków i ekspozycji. **Etap główny** to wstępne wygenerowanie jednostek krajobrazowych z klas obiektów BDOT10k i uszczegółowienie granic na podstawie konturów glebowo-rolniczych i pochodnych NMT oraz ortofotomapy lotniczej. **Etap końcowy** to ostateczne opracowanie mapy jednostek krajobrazowych (Ryc. 3).

W etapie wstępnym przy wykonywaniu delimitacji regionów fizycznogeograficznych zastosowano metodę opisaną w „Studiach nad regionalizacją fizycznogeograficzną Polski” (Kistowski, Myga-Piątek, Solon 2018). Wzięto pod uwagę: wybór metody regionalizacji, w tym przyrodnicze kryteria jej wykonania; określenie liczby poziomów taksonomicznych regionalizacji; ustalenie minimalnej powierzchni regionu; możliwość automatyzacji procesu regionalizacji przy użyciu narzędzi GIS. W wyznaczeniu jednostek krajobrazowych uwzględniono następujące uwarunkowania: pokrycie terenu, typy gleb, morfologię terenu w postaci kąta nachylenia terenu (spadki terenu) i kierunku ekspozycji. Dla pokrycia terenu przyjęto kryteria przedstawione w Tabeli 3.



Ryc. 3. Schemat blokowy doświadczenia

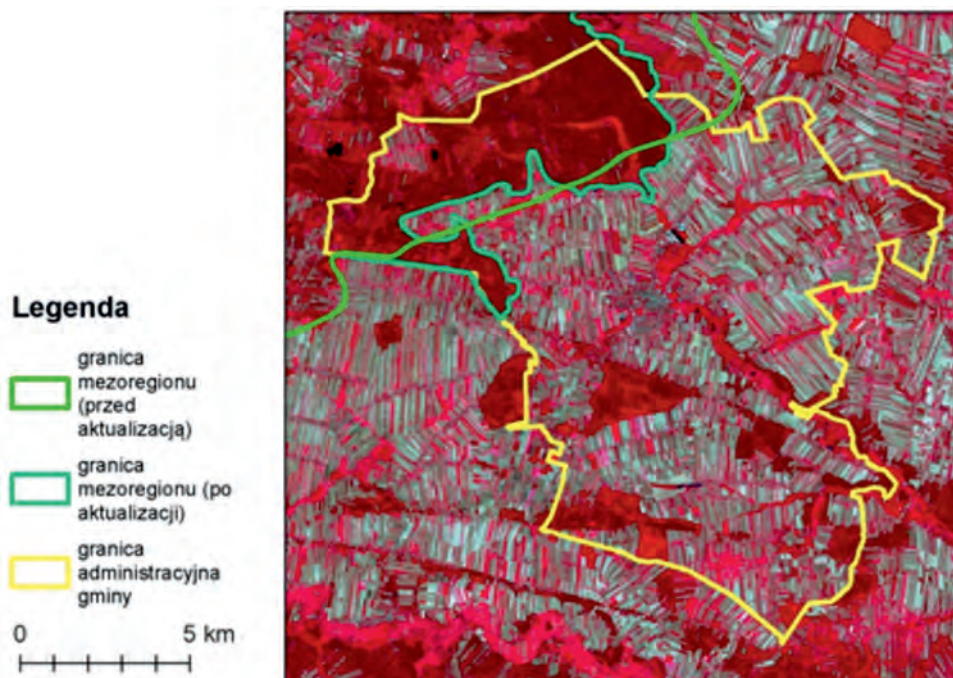
Fig. 3. Block diagram of the experiment stages

Tabela 3. Kryteria wraz z przyjętymi parametrami do wyznaczenia jednostek krajobrazowych

Table 3. Criteria with adopted parameters for the determination of landscape units

Kryterium	Parametr	Typ jednostki
Dominacja lasu jako pokrycia terenu	Udział obszarów leśnych w powierzchni >70%	Leśny
Dominacja roślinności trawiastej i uprawy rolnej oraz uprawy trwałej jako pokrycia terenu	Udział obszarów uprawy rolnej i uprawy trwałej w powierzchni >70%	Wiejski z przewagą użytków rolnych
Dominacja roślinności trawiastej i uprawy rolnej, uprawy trwałej oraz zabudowy jako pokrycia terenu	Udział obszarów uprawy rolnej i uprawy trwałej oraz zabudowy w powierzchni >70%	Wiejski z przewagą terenów zabudowanych
Występowanie uprawy trwałej, użytków rolnych, zabudowy pokrycia terenu	Udział obszarów uprawy trwałej, uprawy rolnej, zabudowy w powierzchni >70%	Podmiejski
Dominacja zabudowy oraz roślinności trawiastej i uprawy rolnej jako formy pokrycia terenu	Udział obszarów uprawy rolnej oraz zabudowy w powierzchni >70%	Miejscowości o charakterze wiejskim
Dominacja zabudowy, terenu leśnego i terenu niezabudowanego jako formy pokrycia terenu	Udział obszarów leśnych, terenu niezabudowanego i obszarów leśnych w powierzchni >70%	Zabudowa nierolnicza na terenach wcześniej rolniczych
Dominacja zabudowy jako pokrycia terenu; Występowanie placu jako formy terenu	Udział obszarów zabudowy i placów w powierzchni >70%	Miejscowości z zachowanym układem historycznym

Wszystkie sceny satelitarne przygotowano do dalszych analiz, w tym sprawdzono odniesienie przestrzenne i wykonano transformację do układu UWPG1992 oraz utworzono kompozycje barwne. Przykładowe zobrazowanie w kompozycji standardowej (RGB 843 – kanał bliskiej podczerwieni, kanał czerwony i zielony)



Ryc. 4. Podział gminy Zwoleń na mezoregiony fizycznogeograficzne (przed i po aktualizacji granic) na tle Sentinel-2 w kompozycji barwnej RGB 843

Fig. 4. Division of Zwoleń commune into physico-geographical mesoregions (before the borders were updated) against the background of Sentinel-2 in the RGB 843 color composition

Do bazy danych przestrzennych BDOT10k włączono nowe obiekty w klasie: tereny leśne. Za pomocą obrazu NDVI<sup>1</sup> (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*) pozyskano zasięgi lasu na podstawie zdjęć satelitarnych Sentinel-2 ze wszystkich trzech okresów i wzięto część wspólną zidentyfikowanych obiektów. Wskaźnik przyjmuje wartości od -1 do 1. Wysoka wartość wskaźnika określa występowanie terenów zielonych na danym obszarze. W opracowaniu M. Krukowskiego i in. (2016) wykazano, że obszary roślinności wysokiej mają większą wartość biomasy, tym samym wyższe wartości wskaźnika NDVI niż roślinność niska. Na tej podstawie przyjęto, że lasy występują dla wskaźnika powyżej wartości 0,35. Następnie wykonano etap odrzucenia poligonów szczytkowych, które nie spełniają ogólnych kryteriów bazy dotyczących minimalnej powierzchni, tj. 1000 m<sup>2</sup> (Rozporządzenie..., 2011). Utworzoną warstwę dołączono do warstwy wektorowej lasów BDOT10k. Różnica między warstwą lasów pochodzącą z BDOT10k a uzyskaną ze wskaźnika NDVI (Ryc. 5) pokazuje, jak ważna jest aktualizacja danych. Wyniki audytu mają oddawać rzeczywisty stan krajobrazu, a wykorzystywane zbiory danych często są mało aktualne. Dane BDOT10k pochodzą z 2013 roku

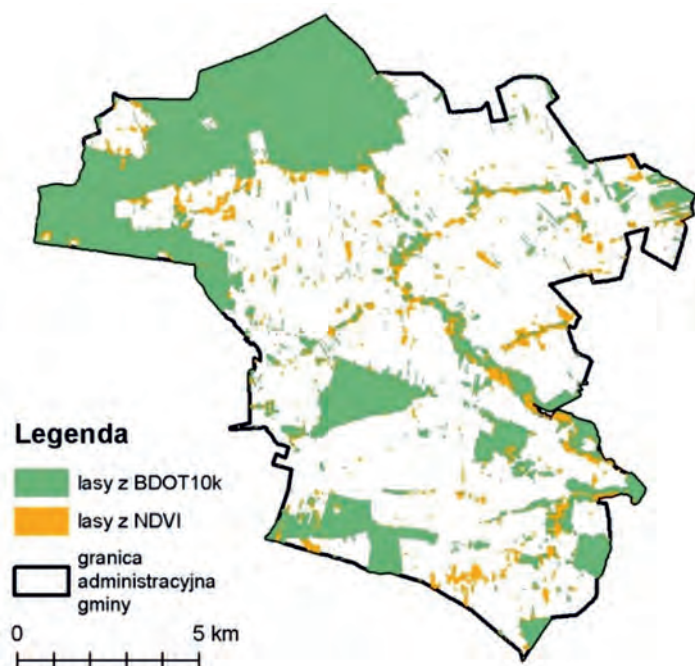
<sup>1</sup> NDVI – znormalizowany wskaźnik roślinności według Rouse (Rouse 1974, za: H.G. Jones, R.A. Vaughan (2010)).

przedstawiono na Ryc. 4. Widać, że pierwotna granica mezoregionów przechodziła przez obszar lasu i była zbyt mocno zgeneralizowana. Z tego też powodu wymagała ona aktualizacji i uszczegółowienia – nowy kontur poprowadzono po krawędzi lasu.

i obszar lasów w przeciągu 7 lat uległ zmianie. Wskaźnik NDVI pozwolił na aktualizację klasy terenów leśnych, a samo zobrazowanie Sentinel-2 do weryfikacji granic jednostek krajobrazowych.

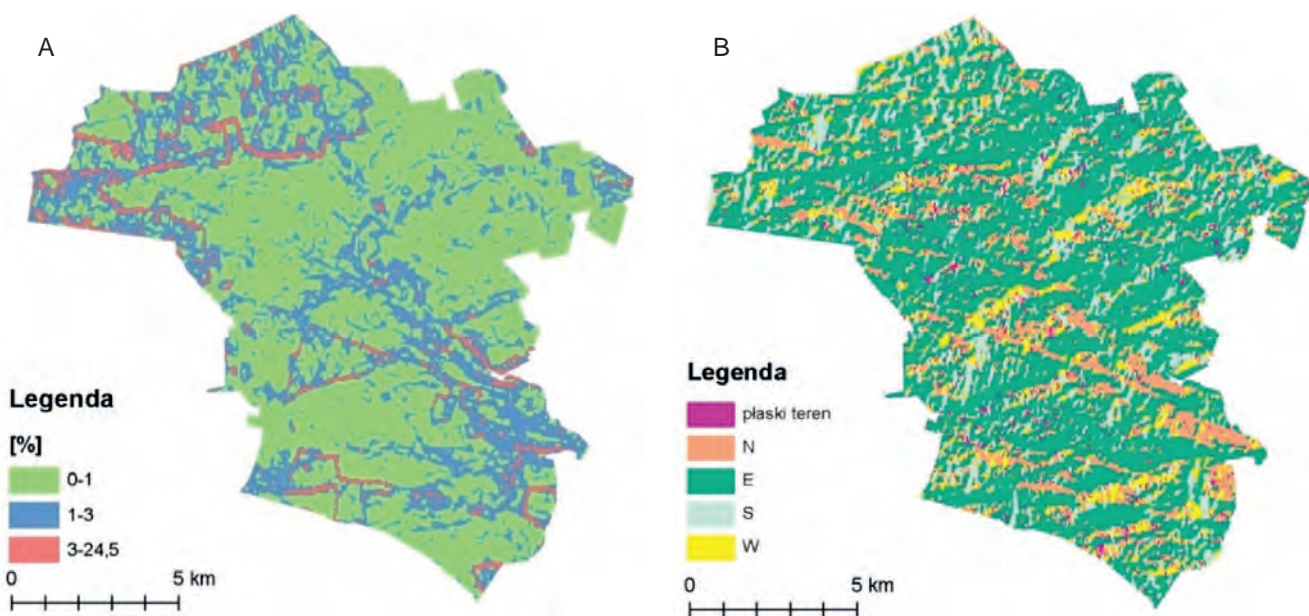
Kolejnym krokiem było przetworzenie Numerycznego Modelu Terenu w celu otrzymania mapy spadków terenu oraz mapy ekspozycji. Obszar gminy Zwoleń charakteryzuje się terenami słabo i umiarkowanie nachylnymi – 0–24,5%, czyli 0–11°. Na podstawie interpretacji wizualnej oceniono, że spadki o wartościach 0–1% zajmują zdecydowaną większość powierzchni opracowywanego terenu, w tym w dużej mierze leżą na obszarach rolniczych. Spadki o wartościach 1–3% znajdują się na terenach lasów lub zabudowy. Natomiast bardzo charakterystyczne obszary wyznaczały spadki powyżej 3% – były to w dużej części granice między różnymi formami pokrycia terenu, na przykład między lasami a uprawami rolnymi. Mapa spadków (Ryc. 6A) została zatem zreklasyfikowana do 3 klas: 0–1%, 1–3% i powyżej 3%. Mapa ekspozycji (Ryc. 6B) natomiast zawierała pięć klas: teren płaski, przeważający kierunek północny (0, 45°) i (315°, 360°), wschodni (45°, 135°), południowy (135°, 225°) oraz zachodni (225°, 315°). Mapy spadków terenu i kierunku nasłonecznienia włączono do procesu wydzielenia jednostek krajobrazowych.





Ryc. 5. Różnica między warstwą lasów pochodzącą z BDOT10k a warstwą lasów uzyskaną ze wskaźnika NDVI

*Fig. 5. The difference between the forest layer from BDOT10k and the forest layer obtained from NDVI index*



Ryc. 6. Mapa spadków (A) i ekspozycji terenu (B) gminy Zwolenie wygenerowana z SRTM

*Fig. 6. Map of slopes and aspects of the Zwolenie commune generated from SRTM*

Etapem głównym było przeprowadzenie delimitacji jednostek krajobrazowych z klas obiektów Bazy Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k w oparciu o kompozycję barwną Sentinel-2, a następnie uszczegółowienie konturów na podstawie ortofotomapy i pozostałych warstw tematycznych (glebowej i rzeźby terenu).


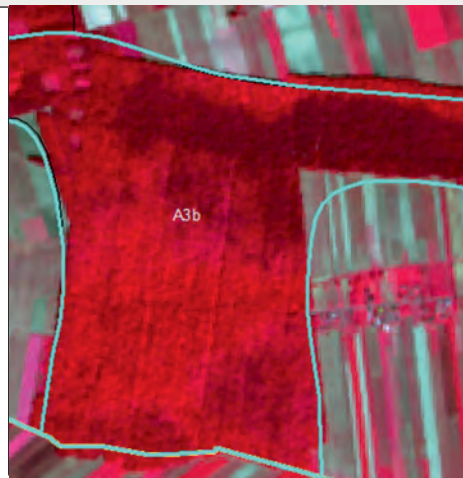
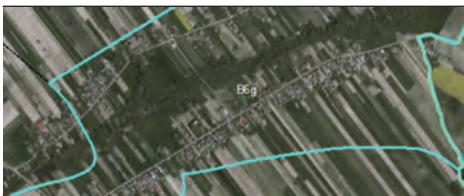
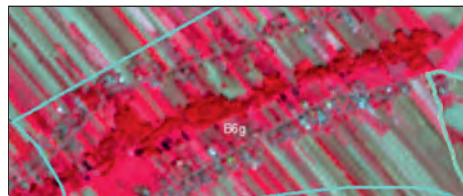

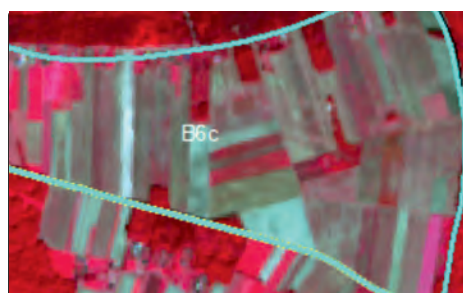
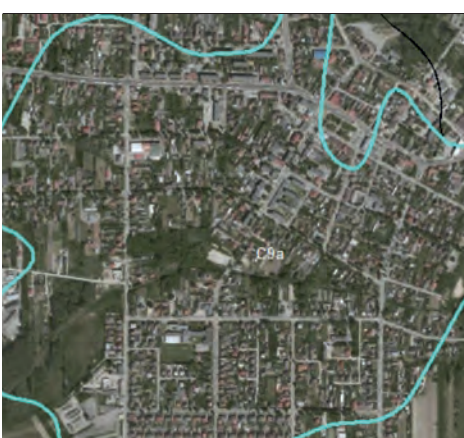

## Wyniki


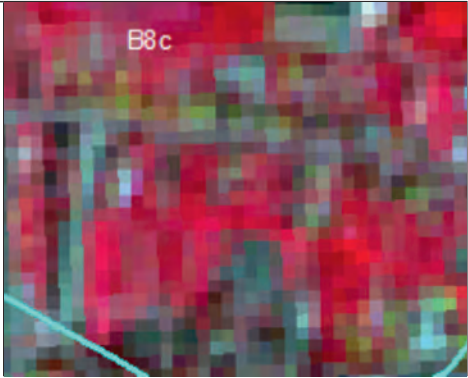

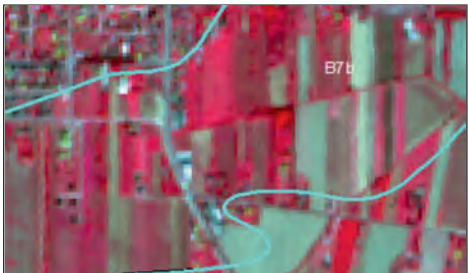
W Tabeli 4 przedstawiono przykłady klas typologicznych wydzielonych na podstawie BDOT10k wraz z ich charakterystycznymi cechami. Zestawienie to pokazuje

porównanie między ortofotomapą lotniczą a zobrazowaniem Sentinel-2. Na zdjęciach satelitarnych z łatwością można wyróżnić jednostki leśne, które są dużymi obszarami oraz użytki rolne. Natomiast trudniej wyróżnić typy jednostek zawierające zabudowę, które są niewielkie, słabiej widoczne na zdjęciu satelitarnym i tworzą „rozmyte” tło (Ryc. 7). Do wydzielenia zabudowy o wiele bardziej pomocna będzie ortofotomapa lotnicza. Na niej dokładnie widać szczegółowe elementy infrastruktury i zabudowy. Użytki rolne również są dobrze widoczne na ortofotomapie. Jej ograniczeniem jest informacja spektralna w zakresie widzialnym (tzw. RGB).

Tabela 4. Przykłady klas typologicznych wydzielonych na podstawie BDOT10k na tle ortofotomapy lotniczej oraz Sentinel-2 w kompozycji RGB 843

Table 4. Examples of typological classes separated on the basis of BDOT10k against the background of an aerial orthophotomap and Sentinel-2 in the composition RGB 843

Typ jednostki	Cechy charakterystyczne	Przykład – ortofotomapa	Przykład – Sentinel-2 (kompozycja RGB 843)
A3b	Dominacja lasów		
B6g	Dominacja wiejskich terenów zabudowanych wraz z uprawami rolnymi		
B6c	Dominacja użytków rolnych zawierających małe pola		
C9a	Dominacja zabudowy – miejscowości z zachowanym układem historycznym, mające swój punkt centralny		

Typ jednostki	Cechy charakterystyczne	Przykład – ortofotomapa	Przykład – Sentinel-2 (kompozycja RGB 843)
B8c	Dominacja zwartej zabudowy wiejskiej		
B7b	Tereny leżące pod miastami, dominacja upraw trwałych, terenów rolnych, a także występowanie zabudowy		

Porównując ortofotomapę lotniczą i zdjęcia satelitarne Sentinel-2 należy stwierdzić, że oba produkty są komplementarne i zasadne do wykorzystania w audycie krajobrazowym. Ortofotomapa lotnicza ze względu na szczegółowość (rozdzielczość przestrzenna od kilku do kilkudziesięciu cm) jest przydatna do weryfikacji

i aktualizacji bazy danych przestrzennych BDOT10k, interpretacji jednostek o gęstej zabudowie i uszczegółowienia przebiegu granic. Zdjęcia satelitarne Sentinel-2 są dobrym źródłem do automatycznego pozyskania i aktualizacji danych o roślinności oraz do opracowania wstępnej wersji wydzielen na poziomie ogólnym (Ryc. 7).



Ryc. 7. Jednostki krajobrazowe na zobrazowaniu Sentinel-2 z 15.04.2018 r. z przykładami różnic (czerwone elipsy) uwzględnionymi w procesie aktualizacji

Fig. 7. Landscape units at Sentinel-2 image from 15.04.2018 with examples of differences (red ellipses) included in the update process

Uzyskaną wstępną warstwę z konturami jednostek wykorzystano do opracowania ostatecznej mapy jednostek krajobrazowych (Ryc. 8). Dobrano odpowiednie nazwy typologii krajobrazu na podstawie typologii krajobrazów opracowanej na potrzeby audytu krajobrazowego (Solon, Chmielewski, Myga-Piątek, Kistowski 2014) dla każdej z wyodrębnionych jednostek, a także nadano im odpowiedni kod zgodnie z numeracją mezoregionów. Dodatkowo zaproponowano strukturę bazy danych jednostek krajobrazowych przedstawioną w Tabeli 5, uzupełnioną o wartości powierzchni i obwodu. Część atrybutów może być dziedziczona (np. atrybuty regionu), część może pochodzić z uniwersalnej listy (np. typ krajobrazu), co znacząco przyspieszy opracowanie takiej bazy danych.

Tabela 5. Struktura bazy danych jednostek krajobrazowych  
Table 5. Structure of landscape units database

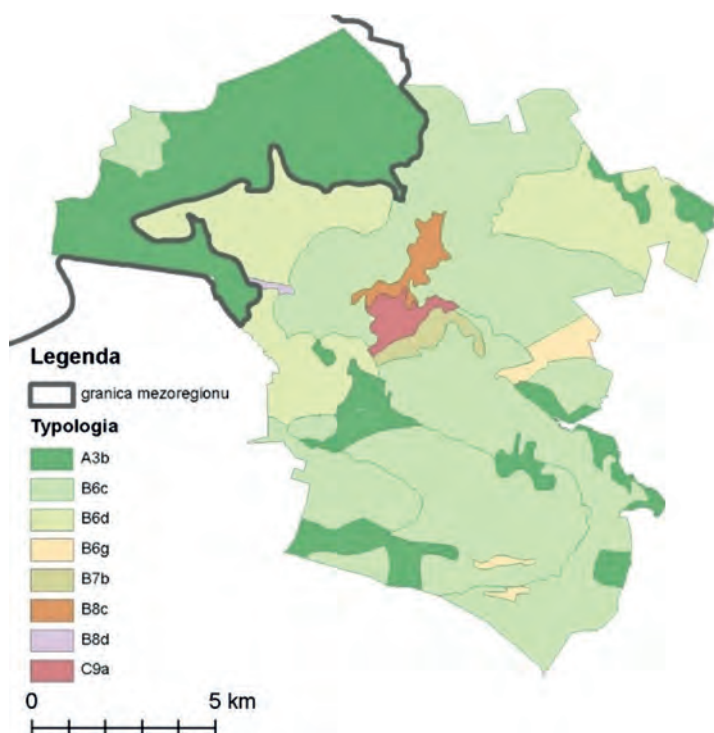
Atrybut	Typ danych	Opis
Mikro_k	String(10)	Kod mikroregionu, zapis postaci xxx.xxx
Mikro_n	String(255)	Nazwa mikroregionu
Geo_R_k	String(20)	Kod podokręgu geobotanicznego w postaci A.1.1.a
Geo_R_n	String(255)	Nazwa podokręgu geobotanicznego
Geo_T_k	String(10)	Kod typu potencjalnego krajobrazu roślinnego
Geo_T_n	String(255)	Nazwa typu potencjalnego krajobrazu roślinnego
Typ_kraj	String(255)	Typ krajobrazu naturalnego
Kult_k	String(10)	Kod regionu historyczno-kulturowego
Kult_n	String(255)	Nazwa regionu historyczno-kulturowego
Kraj_k	String(20)	Kod krajobrazu
Ktaj_T	String(255)	Typ krajobrazu
Gmin1_n	String(100)	Nazwa gminy, w której leży większość krajobrazu
Gmin1_d	Integer	Stopień dominacji
Gmin2_n	String(100)	Nazwa gminy, w której leży mniejsza część krajobrazu
Gmin2_d	Integer	Stopień subdominacji
prior	String(3)	Czy jest to krajobraz priorytetowy
Pow	Double	Powierzchnia wyrażona w km <sup>2</sup>
Obw	Double	Obwód wyrażony w km

Opracowana mapa przedstawia 30 jednostek krajobrazowych. Obszary wiejskie z przewagą użytków rolnych zajmują zdecydowanie największą część. Na drugim miejscu znalazły się tereny leśne. Pozostałe typy zajmują niewielką część gminy. Porównując jednostki ze względu na przynależność do mezoregionu widać, że na terenie równiny kozienickiej znalazły się jedynie dwie, natomiast reszta leży w obszarze równiny radomskiej. Najmniejsza wyznaczona jednostka ma powierzchnię 0,231 km<sup>2</sup> i obwód 2,110 km. Natomiast pole powierzchni największej jednostki wynosi 31,675 km<sup>2</sup>, a obwód 51,712 km. Sumaryczne zestawienie jednostek krajobrazowych ze względu na rodzaj typologii przedstawiono w Tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie jednostek krajobrazowych ze względu na rodzaj typologii

Table 6. List of landscape unit areas by the type of typology

Identyfikator typologii	Opis typologii	Powierzchnia sumaryczna (km <sup>2</sup> )
A3b	Krajobrazy przyrodnicze, naturalne; Leśne z przewagą siedlisk lasowych	43,180
B6c	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Wiejskie z przewagą mozaikowo rozmieszczonych użytków rolnych, tworzących małe pola	82,292
B6d	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Wiejskie z przewagą mozaikowo rozmieszczonych użytków rolnych, tworzących pola średniej wielkości	28,081
B6g	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Wiejskie z przewagą terenów zabudowanych o charakterze wiejskim	2,659
B7b	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Mozaikowe podmiejskie	1,790
B8c	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Miejscowości o zwartej, wielorzędowej zabudowie o charakterze wiejskim	2,071
B8d	Krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, naturalne i antropogeniczne; Zróżnicowana typologicznie i przestrzennie zabudowa nierolnicza na terenach wcześniej rolniczych	0,259
C9a	Krajobrazy kulturowe, antropogeniczne; Miejscowości z zachowanym układem historycznym	1,907



Ryc. 8. Mapa jednostek krajobrazowych gminy Zwolen

Fig. 8. Map of landscape units of the Zwolen commune

Model automatycznego przetwarzania danych wejściowych BDOT10k, NMT i mapy glebowo-rolniczej zaprojektowano w Model Builder ArcGIS. Obejmuje on działania przygotowawcze w zakresie agregacji i łączenia klas obiektów BDOT10k, aktualizacji danych o lasach w oparciu o zobrazowanie Sentinel-2, przetworzenie NMT i mapy glebowej oraz usunięcia poligonów szczytkowych i wygładzania konturów do momentu ręcznej weryfikacji i edycji granic. Opracowany model jest na tyle uniwersalny, że można wykorzystać w innych gminach o podobnym charakterze.

## Dyskusja i podsumowanie

Znajomość zbiorów danych i umiejętność ich prawidłowego wykorzystania, analizowania i identyfikowania obiektów znajdujących się na nich jest kluczowa w identyfikacji jednostek krajobrazowych. Na potrzeby audytu krajobrazowego należy zwrócić uwagę między innymi na właściwy i uzasadniony wybór zbiorów danych przestrzennych. Niezbędnym kryterium jest pokrycie terenu pozyskane z BDOT10k i zaktualizowane na podstawie ortofotomapy lotniczej lub satelitarnej. Istotnym kryterium są formy rzeźby terenu (doliny, stoki, równiny *etc.*). O istotności uwzględnienia rzeźby w analizie krajobrazu traktuje opracowanie P. Wądkowskiego i in. (2020). Pewnym uproszczeniem w tej analizie jest wykorzystanie produktów NMT w postaci mapy spadków i ekspozycji. Wykorzystany tu model SRTM daje jedynie poglądowe informacje o rzeźbie. Natomiast pozostałe dane o formach morfologicznych są możliwe do pozyskania z innych źródeł, np. Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000. W przedstawionych analizach nie zostało uwzględnione także

kryterium litologii powierzchniowych utworów geologicznych, do którego należałoby wykorzystać bazę danych zawierającą charakterystykę budowy geologicznej. Także mapy glebowe w skali 1:100 000 dają jedynie poglądowe informacje o rozmieszczeniu przestrzennym gleb. Warto uwzględnić bardziej szczegółowe opracowanie, jak np. mapy glebowo-rolnicze w skali 1:250 000.

Zaletą danych teledetekcyjnych jest aktualność oraz w przypadku zdjęć satelitarnych rozdzielczość spektralna (13 kanałów). Dzięki informacji spektralnej jest możliwość automatyzacji detekcji obiektów za pomocą prostych przetworzeń, jak np. NDVI (dla roślinności) albo bardziej złożonych metod klasyfikacji wielospektralnych z zakresu uczenia maszynowego. W wyniku otrzymujemy aktualną informację o pokryciu terenu. Oba źródła danych ze względu na swoje wersje archiwalne są pomocne przy śledzeniu zmian pokrycia terenu na przestrzeni lat, co przyda się do opracowywania audytów w przyszłości. Ponadto mogą posłużyć nie tylko na etapie wydzielenia jednostek, ale też przy ich opisie i waloryzacji. Ze względu na odmienny charakter zobrazowań satelitarnych i lotniczych proponuje się wykorzystać:

- zobrazowanie Sentinel-2 (lub o podobnej rozdzielczości przestrzennej) do weryfikacji granic mezoregionów, automatycznej aktualizacji danych o lasach oraz wstępnego przygotowania wydzielenia w formie „szkicu”;
- ortofotomapy lotnicze do uszczegółowienia i edycji granic jednostek oraz ich opisu.

Ważnym aspektem w kontekście opracowywania całego audytu krajobrazowego jest rozważanie przebiegu granic jednostek nie tylko w obrębie gminy, ale biorąc pod uwagę także jej sąsiedztwo. Część wydzielonych jednostek krajobrazowych na terenie gminy może

mieć swoją kontynuację w sąsiedniej gminie. Przez to wydzielona jednostka nie tworzy zamkniętej całości. Taka ocena będzie bardzo ważna na przykład na etapie wyznaczania krajobrazów unikalnych, priorytetowych. Automatyzacja procesu daje możliwość rozszerzenia analizowanego obszaru i uspołnienia całej procedury dla powiatu czy województwa. Należy jednocześnie podkreślić, że specjalistyczna wiedza jest niezastąpiona i jednocześnie trudna do implementacji jako uniwersalny model.

## Bibliografia

- Chmielewski T.J., 2013, Wskaźniki i standardy jakości krajobrazu.
- Jones H.G., Vaughan R.A., 2010, Remote sensing of vegetation, Principles, techniques and applications, Oxford University Press, Oxford.
- Kielsznia M., 2013, Identyfikacja i waloryzacja krajobrazów – wdrażanie Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, GDOŚ, Warszawa.
- Kistowski M., Szydłowski J., 2015, Zastosowanie GIS w delimitacji regionów fizycznogeograficznych w kontekście wdrażania Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska, Gdańsk.
- Kistowski M., Myga-Piątek U., Solon J., 2018, Studia nad regionalizacją fizycznogeograficzną Polski, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyńskiego, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Kondracki J., 2002, Geografia regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Krajewski P., Mastalska-Cetera B., 2016, Rola audytu krajobrazowego w kontekście zasad funkcjonowania wybranych obszarów chronionych, Problemy Ekologii Krajobrazu, 43, 63–72.
- Krukowski M., Cebryk P., Plusa J., 2016, Klasyfikacja terenów zieleni w Lublinie na podstawie zdjęcia satelitarne IKONOS 2, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Majchrowska A., 2013, Doświadczenia innych krajów w identyfikowaniu typów krajobrazowych, Identyfikacja i waloryzacja krajobrazów – wdrażanie Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, GDOŚ, Warszawa.
- Myga-Piątek U., Nita J., Sobala M., Pukowiec K., Dzikowska P., Żemła-Siesicka A., Piątek J., 2015, Sporządzenie audytu krajobrazowego – testowanie metodyki identyfikacji i oceny krajobrazu, Envi Consulting Janusz Piątek, Będzin.
- Peil T., Sooväli H., Palang H., Oja T., Mander Ü., 2004, Estonian landscape study: Contextual history, BELGEO, 2–3: 231–244.
- Richling A., 1992, Kompleksowa geografia fizyczna, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Richling A., 2013, Jednostki krajobrazowe, ich istota i przydatność, GDOŚ, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 roku w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz.U., 2011, 2011.279.1642).
- Solecka I., Bothmer D., Głogowski A., 2019, Recognizing Landscapes for the Purpose of Sustainable Development – Experiences from Poland, Sustainability, 11, 3429.
- Solon J., 2006, Granice mozaiki krajobrazowej a granica kulturowa, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG, 5: 64–71.
- Solon J., 2008, Przegląd wybranych podejść do typologii krajobrazu, Problemy Ekologii Krajobrazu, 20.
- Solon J., 2013, Wybrane podejścia do typologii krajobrazu w Polsce i ich przydatność dla implementacji Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, Identyfikacja i waloryzacja krajobrazów – wdrażanie Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, GDOŚ, Warszawa.
- Solon J., 2013, Wykorzystanie cech biotycznych w typologii i regionalizacji krajobrazowej, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa, <http://ochrona przyrody.gdos.gov.pl/files/artykuly/5458/4.pdf>
- Solon J., Chmielewski T.J., Myga-Piątek U., Kistowski M., 2014, Opracowanie szczegółowej instrukcji postępowania, prowadzącej wykonawcę audytu od rozpoczęcia prac do pełnego zakończenia. Przygotowanie opracowania pt. „Identyfikacja i ocena krajobrazów – metodyka oraz główne założenia”, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Strategia rozwoju gminy Zwoleń na lata 2018–2028, 2018, Zwoleń.
- Ustawa Krajobrazowa (Dz.U., 2015, poz. 774).
- Wałykowski P., Adamczyk J., Cieszewska A., 2020, Relief as an important factor in determining priority landscapes: A case study on Polish landscape parks, *Miscellanea Geographica – Regional Studies On Development*, 24(1), 42–50, <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2020-0003>

## Źródła danych

- Zdjęcia satelitarne Sentinel-2, NMT, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- BDOT10k – Główny Urząd Geodezji i Kartografii, [gugik.gov.pl](http://gugik.gov.pl)
- Mapa glebowo-rolnicza – Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy.
- Mezoregiony fizycznogeograficzne – Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, <https://www.gdos.gov.pl/dane-i-metadane>
- Ortofotomapa – GUGiK, <https://www.geoportal.gov.pl/uslugi/usluga-przekladania-wms>