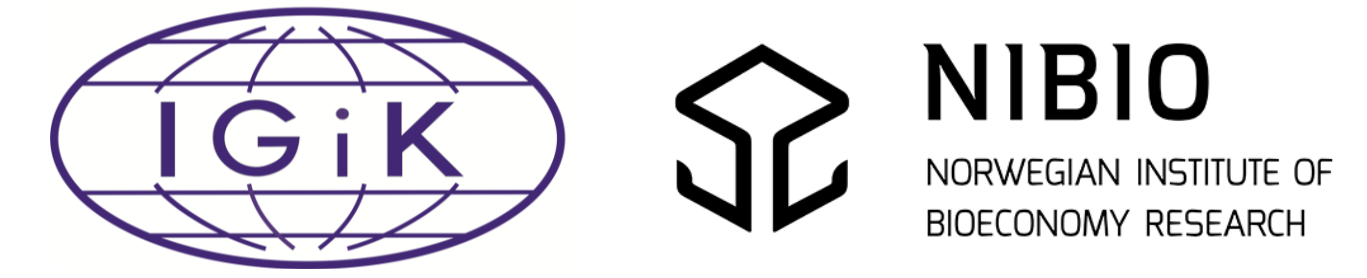


Wykrywanie zmian pokrycia terenu z użyciem wieloczasowych danych optycznych Sentinel-2 i platformy Google Earth Engine



Rynkiewicz Alicja¹, Hościło Agata¹, Lewandowska Aneta¹, Aune-Lundberg Linda², Nilsen Anne B.², Kończak Anna¹
¹Instytut Geodezji i Kartografii - Centrum Geomatyki Stosowanej, Warszawa, Polska
²Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Norwegia
 alicja.rynkiewicz@igik.edu.pl



WSTĘP

Zmiany pokrycia terenu i użytkowania ziemi mają istotny wpływ na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego, w szczególności na zmiany klimatu i globalne ocieplenie. Informacja przestrzenna o zmianach pokrycia terenu i użytkowaniu ziemi znajduje zastosowanie w monitoringu zasobów naturalnych, ochronie środowiska, zachowaniu różnorodności biologicznej czy planowaniu przestrzennym i urbanistyce.

Celem pracy badawczej było opracowanie metody wykrywania zmian pokrycia terenu (ang. land cover changes, LCC) na podstawie wieloczasowych danych satelitarnych Sentinel-2 z zastosowaniem algorytmu uczenia maszynowego – lasy losowe (Random Forest). Metodę rozwijano w oparciu o platformę Google Earth Engine. Mapowanie zmian pokrycia terenu wykonano w interwale rocznym w okresie od 2018 do 2021 roku.

Badania zostały wykonane w ramach projektu InCoNaDa: www.inconada.eu



PROJEKT InCoNaDa

Projekt InCoNaDa „Rozpowszechnienie wykorzystania informacji o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi pochodzących z integracji usług Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) oraz krajowych baz danych” jest finansowany z Funduszy Norweskich poprzez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Głównym **Celem projektu** jest zwiększenie zainteresowania informacjami o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi pochodzącymi z integracji danych programu Copernicus, usług programu Copernicus w zakresie monitorowania obszarów lądowych (CLMS) oraz krajowych baz danych.

Główne cele:

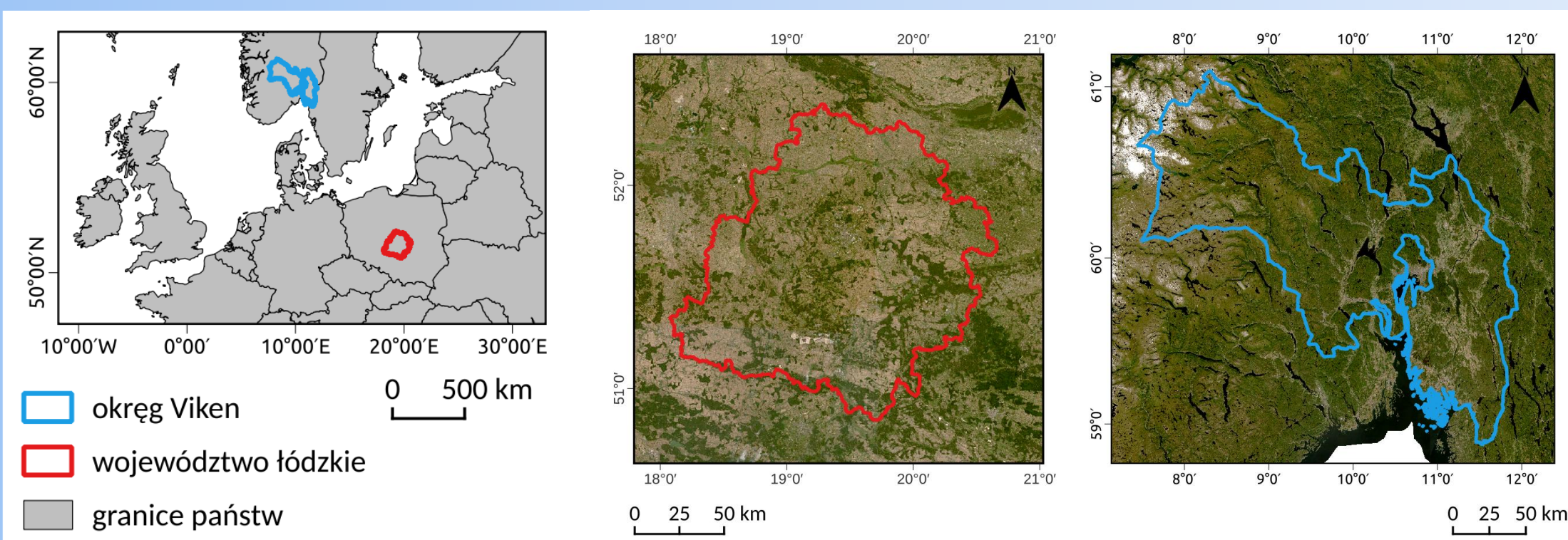
- opracowanie algorytmów pokrycia terenu i zmiany pokrycia terenu w oparciu o dane Sentinel-2 i uczenie maszynowe;
- zaprojektowanie i stworzenie prototypu aplikacji internetowej dostosowanej do potrzeb użytkowników, pozwalającej na tworzenia zapytań do bazy, generowanie produktów, integrację produktów CLMS oraz obliczanie statystyk;
- ocena potencjału produktów CLMS w planowaniu przestrzennym, monitorowaniu zasobów naturalnych, rolnictwie, ochronie środowiska oraz raportowaniu emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w sektorze użytkowania gruntów, zmian użytkowania gruntów i leśnictwie (LULUCF).

OBSZAR BADAŃ I DANE

Obszar badań: Polska - województwo łódzkie, Norwegia - region Viken wraz z miastem Oslo.

DANE: seria czasowa zobrażeń z satelity Sentinel-2 pozyskanych w okresie wegetacyjnym od maja do września dla każdego analizowanego roku od 2018 do 2021.

DANE REFERENCYJNE: krajowe ortofotomapy oraz mozaiki oparte na kompozycji zobrażeń Sentinel-2 pozbawionych chmur, cieni i śniegu.



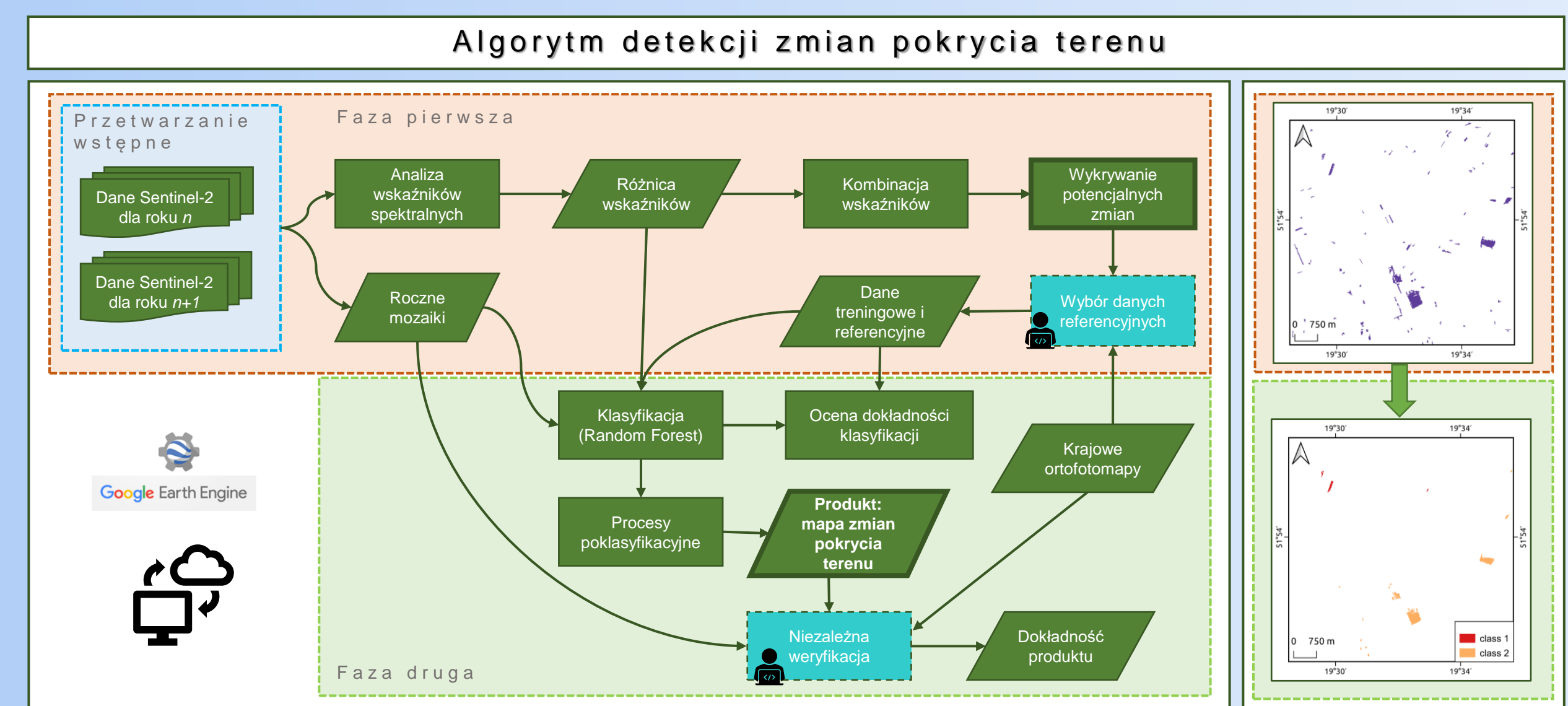
METODYKA

Metoda detekcji zmian pokrycia terenu składała się z dwóch faz. Faza pierwsza opierała się na analizie wskaźników spektralnych obliczanych na podstawie wieloczasowych danych Sentinel-2. Faza druga - zastosowanie algorytmu lasów losowych do klasyfikacji zmian w podziale na trzy klasy zmian pokrycia terenu:

Klasa 0 = obszar bez zmian,

Klasa 1 = zmiana roślinności drzewiastej – lasów i zadrzewień w kierunku obszarów nieleśnych pokrytych roślinnością trawiastą,

Klasa 2 = przekształcenie obszaru pokrytego roślinnością niską lub wysoką w tereny nieprzepuszczalne – zabudowa bądź nowopowstająca infrastruktura.

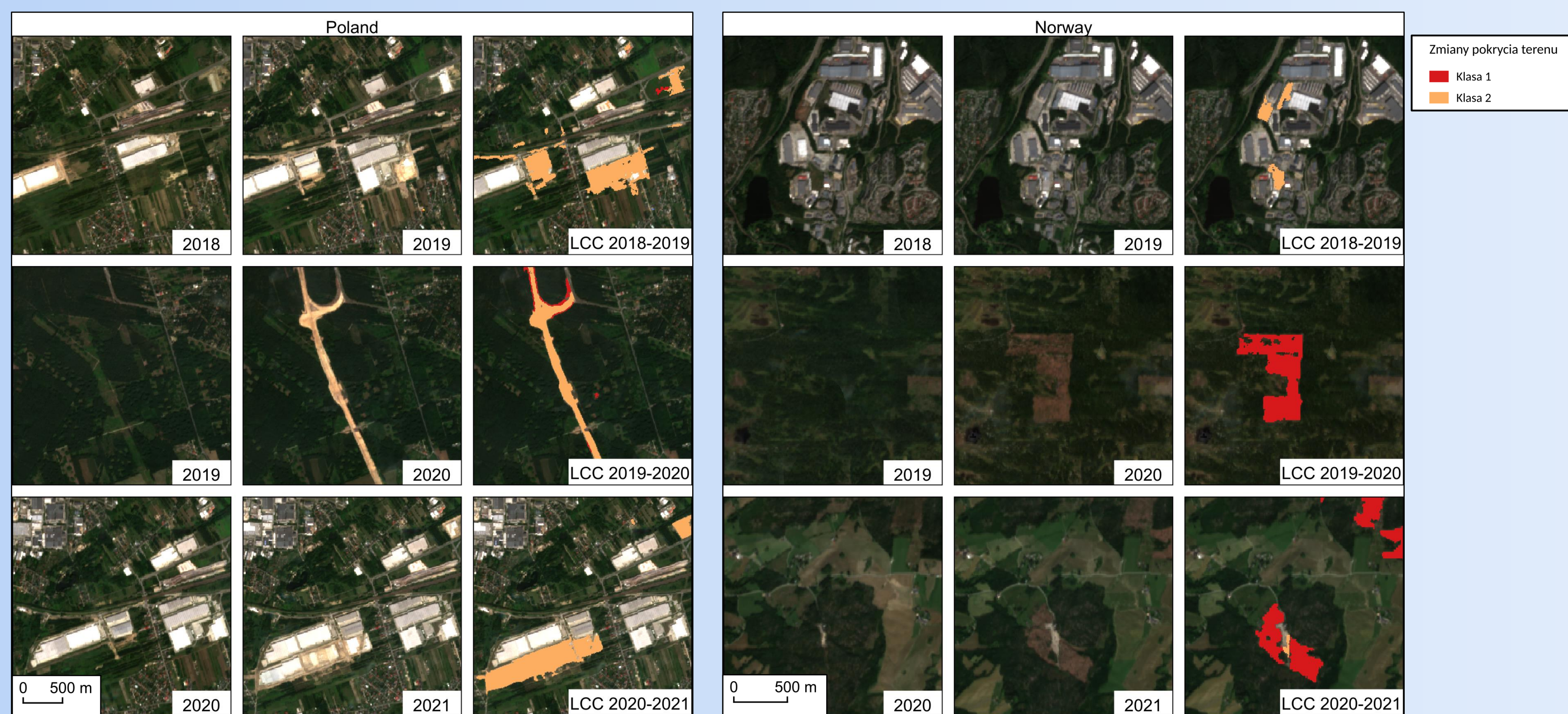


WYNIKI

Detekcję zmian wykonano dla następujących przedziałów czasu: 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, otrzymując trzy mapy zmian pokrycia terenu dla każdego obszaru badawczego. Dokładność modelu klasyfikacji zmian pokrycia terenu oceniono dla wszystkich przedziałów czasowych. We każdym przypadku dokładność całkowita (OA) była równa lub większa niż 0,97, a współczynnik Kappa większy niż 0,95.

Ocena dokładności klasyfikacji dla obszaru badań w Polsce i Norwegii.

	OA	Kappa	Dokładność użytkownika			Dokładność producenta		
			Klasa 0	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 0	Klasa 1	Klasa 2
Polska								
2018-2019	0,96	0,95	0,98	0,99	0,98	0,95	1,00	0,94
2019-2020	0,98	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	1,00	0,96
2020-2021	0,98	0,97	0,99	1,00	0,98	0,97	1,00	0,97
Norwegia								
2018-2019	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2019-2020	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
2020-2021	0,97	0,96	0,98	0,99	0,98	0,96	0,99	0,97



Przykłady zmian pokrycia terenu wykrytych w interwale rocznym w okresie od 2018 do 2021 roku. Od lewej do prawej: kolumna pierwsza prezentuje mozaikę dla roku n, kolumna druga – mozaikę dla roku n+1, kolumna trzecia – zmiany wykryte pomiędzy rokiem n a n+1. Rozdzielczość produktu wyniosła 0,2 ha.

Niezależna weryfikacja zmian

Przeprowadzono również niezależną weryfikację zmian pokrycia terenu dla okresu 2020-2021, w oparciu o ocenę wizualną i dane referencyjne. Dokładność całkowita dla obu obszarów badań wyniosła 0,94. Zmiany w klasie 2 osiągnęły nieco niższą dokładność – około 30 punktów z tej klasy powinno być sklasyfikowane jako klasa 0 (bez zmian), głównie grunty orne.

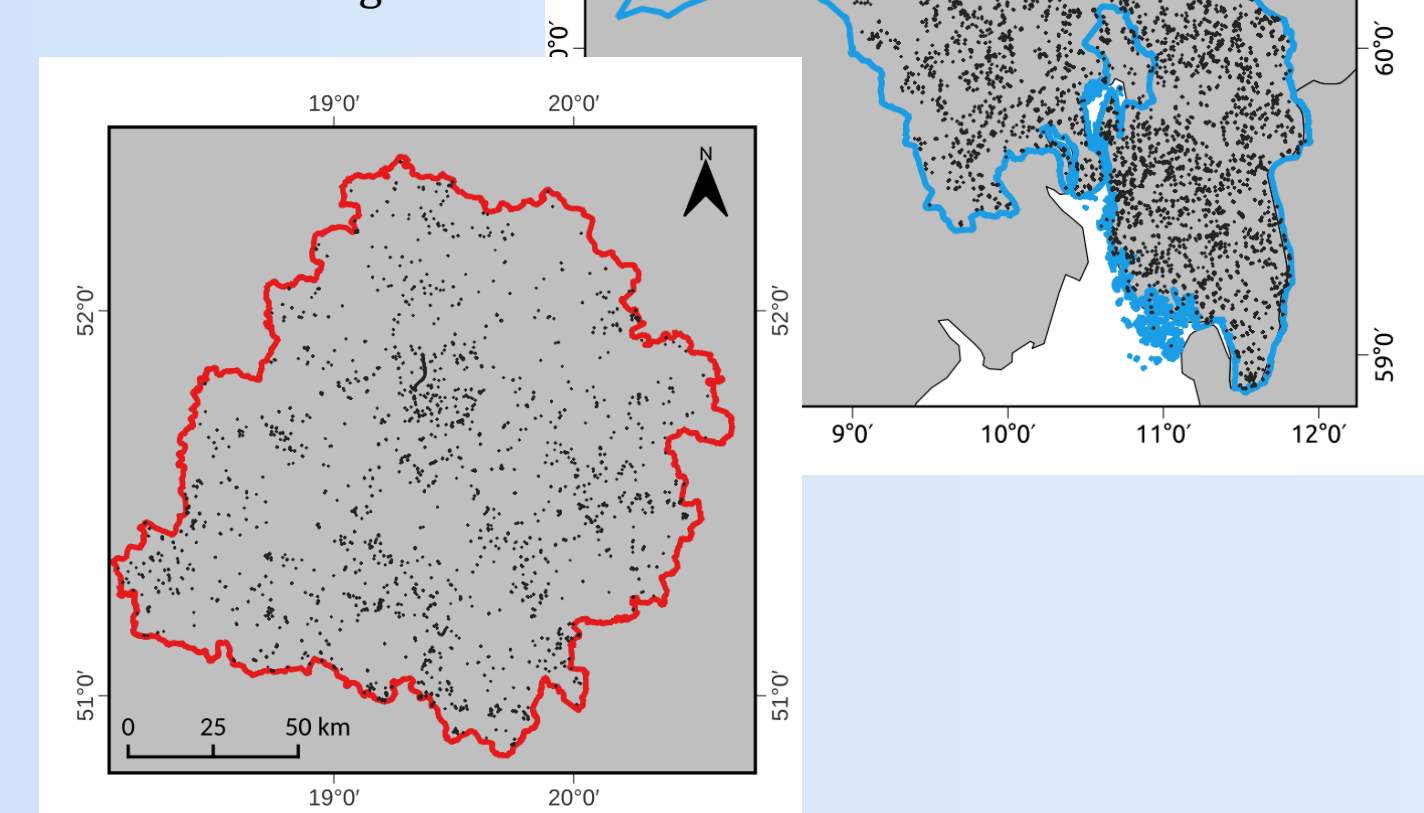
Macierz błędów dla niezależnej weryfikacji produktu dla Polski i Norwegii z okresu 2020-2021.

Wynik detekcji	Dane referencyjne				Total
	Klasa 0	Klasa 1	Klasa 2	Total	
Polska					
Klasa 0	198	0	2	200	
Klasa 1	2	198	0	200	
Klasa 2	33	0	167	200	
Total	233	198	169	600	
	OA = 0,94				
Norwegia					
Klasa 0	197	2	0	199	
Klasa 1	1	196	2	199	
Klasa 2	30	3	165	198	
Total	228	201	167	596	
	OA = 0,94				

Miary oceny jakości detekcji dla poszczególnych klas obliczone na podstawie macierzy błędów dla niezależnej weryfikacji produktu dla Polski i Norwegii z okresu 2020-2021.

	Precision	Recall	F1-Score	Misclassification rate	False positive rate	True negative rate
Polska						
Klasa 0	0,990	0,850	0,915	0,062	0,005	0,995
Klasa 1	0,990	1,000	0,995	0,003	0,005	0,995
Klasa 2	0,835	0,988	0,905	0,058	0,077	0,923
Średnia	0,938	0,946	0,938	0,041	0,029	0,971
Norwegia						
Klasa 0	0,990	0,864	0,923	0,055	0,005	0,995
Klasa 1	0,985	0,975	0,980	0,013	0,008	0,992
Klasa 2	0,833	0,988	0,904	0,059	0,077	0,923
Średnia	0,936	0,942	0,936	0,043	0,030	0,970

Rozkład zmian pokrycia terenu wykrytych w okresie 2020-2021 dla obszaru badań w Polsce i Norwegii.



PODSUMOWANIE

- Dwuetapowy algorytm detekcji zmian pokrycia terenu pozwala na wykrywanie zmian z dużą dokładnością w skali regionalnej.
- Niezależna weryfikacja przeprowadzona w Polsce i Norwegii potwierdziła skuteczność i niezawodność algorytmu w detekcji zmian w dwóch strefach klimatycznych.

- Duża część wykrytych zmian w obu krajach dotyczyła klasy 1 (zmiana roślinności drzewiastej – lasów i zadrzewień w kierunku obszarów nieleśnych), co jest częściowo związane z praktykami gospodarki leśnej.
- Liczba zmian w klasie 2 (przekształcenie obszaru pokrytego roślinnością niską lub wysoką w tereny nieprzepuszczalne) jest w Polsce większa niż w Norwegii.
- Zaprezentowana metoda wykazała jej uniwersalność, adaptowalność i możliwość zastosowania w skali regionalnej.

PODZIĘKOWANIA

Badania naukowe prowadzące do osiągnięcia niniejszych rezultatów otrzymały finansowanie z Norweskiego Mechanizmu Finansowego na lata 2014-2021 poprzez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach umowy w sprawie dofinansowania projektu InCoNaDa (nr projektu NOR/POLNOR/InCoNaDa/0050/2019-00).



1 Kongres Geoinformacyjny, 25-27.10.2023, Kraków