

Konferencja pn.:
Gospodarowanie zasobami wody w rolnictwie i na obszarach wiejskich

**„Monitorowanie zmian przestrzeni rolniczej na obszarach wiejskich
z wykorzystaniem zobrazowań satelitarnych”**

dr inż. Barbara Wiatkowska

7-8.10.2025 r., Wrocław



**Dofinansowane przez
Unię Europejską**



Materiał opracowany przez dr inż. Barbarę Wiatkowską na zlecenie Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Warszawie
Materiał dofinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Planu Strategicznego WPR 2023-2027
Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Cel i plan prezentacji

Cel :

Przykłady wykorzystania danych satelitarnych i GIS na potrzeby analiz z zakresu:

- Monitoringu przestrzenno-czasowych zmian pokrycia i użytkowania gruntów na obszarach wiejskich,
- Monitoringu kondycji upraw i obserwacji zmian w czasie,
- Monitoringu zmian hydrologicznych.

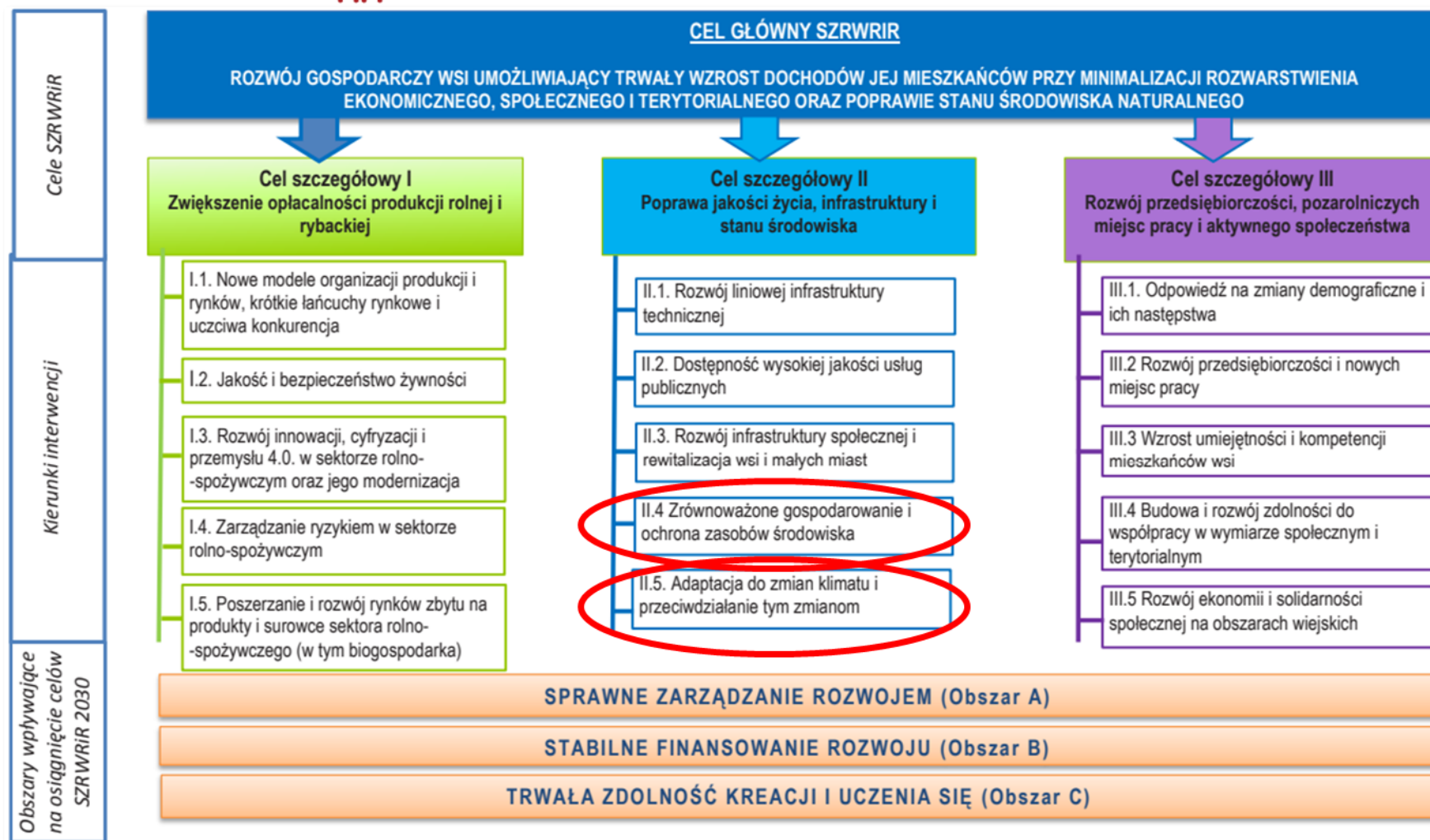
Plan:

- Podstawowe zagadnienia z zakresu teledetekcji satelitarnej i GIS,
- Przykłady danych teledetekcyjnych wykorzystywanych w satelitarnym monitoringu zmian przestrzeni rolniczej,
- Kompozycje barwne i teledetekcyjne wskaźniki wykorzystywane w satelitarnym monitoringu zmian przestrzeni rolniczej,
- Przykłady otwartych i komercyjnych aplikacji dedykowanych rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Wprowadzenie



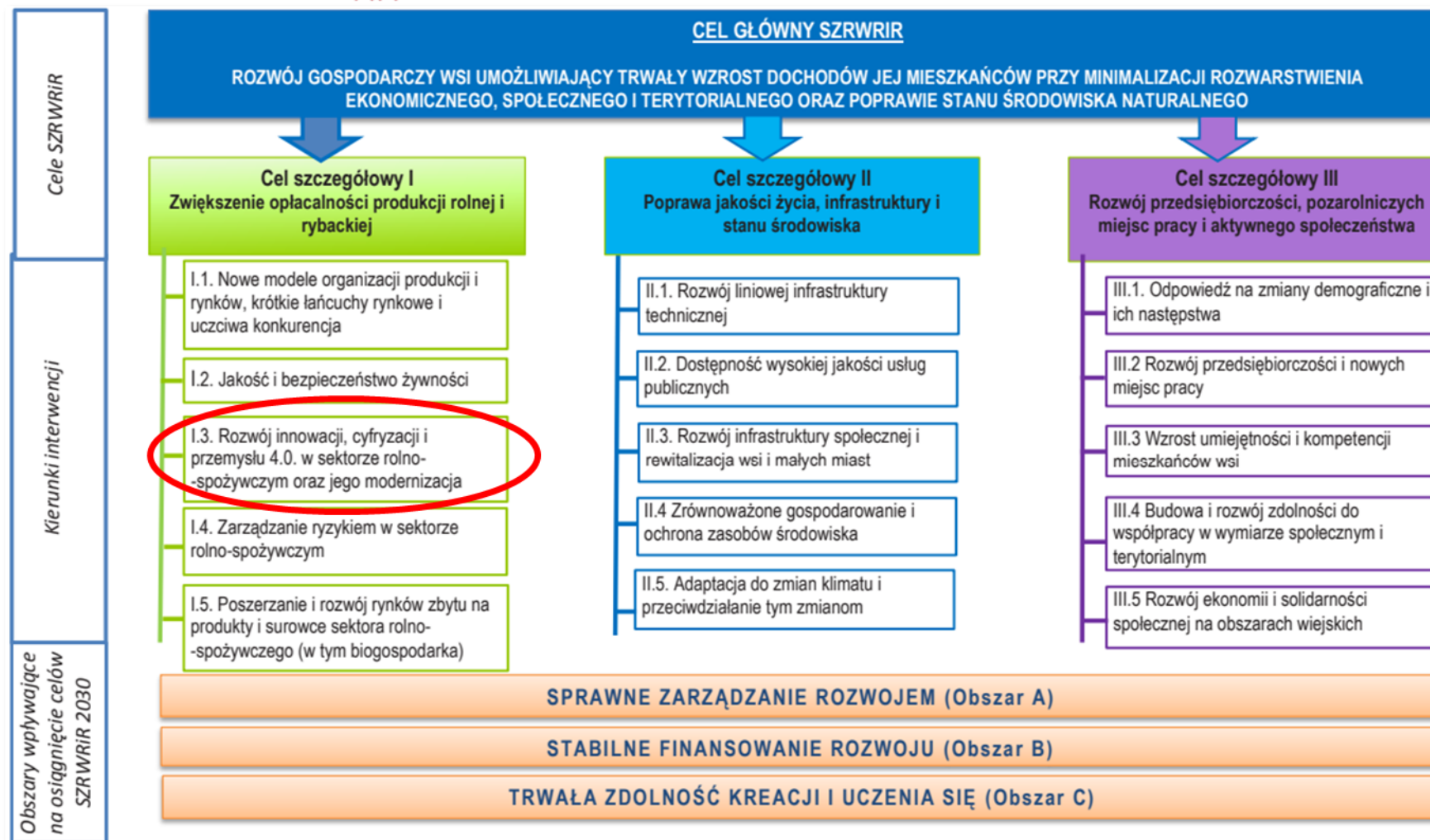
STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU WSI, ROLNICTWA I RYBACTWA 2030



Wprowadzenie



STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU WSI, ROLNICTWA I RYBACTWA 2030



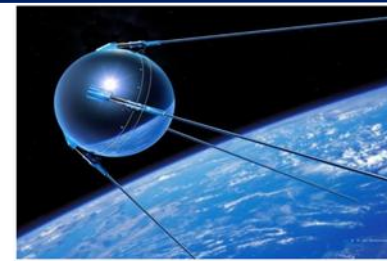
Wprowadzenie

- Postępujące zmiany klimatyczne powodują, że kluczowe dla rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich jest szybkie i trafne obserwowanie niekorzystnych zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym.
- Dlatego dla zachowania i racjonalnego gospodarowania przestrzenią rolniczą potrzebne są nie tylko ciągłe obserwacje pól uprawnych, ale także analizy w skali regionalnej związane z przestrzenno-czasowymi zmianami użytkowania terenu na obszarach wiejskich.
- Konieczne jest poszukiwanie źródeł dostarczających informacji przestrzennej, którą można wykorzystać w obszarze planowania i zagospodarowania przestrzennego obszarów wiejskich.
- Odpowiedzią na powyższe oczekiwania są dane teledetekcyjne, ogólnodostępne i komercyjne zobrażenia satelitarne, w oparciu o które wykonuje się monitoring pokrycia i użytkowania terenu oraz kondycji roślinności (Jia i in. 2014, Sun i in. 2019, Bielecka 2020, Wiatkowska i in. 2021).

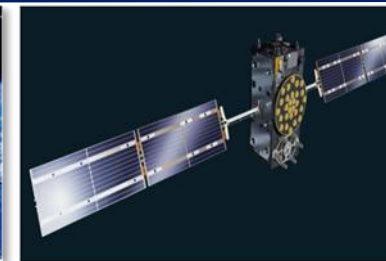
Definicja teledetekcji, rola i znaczenie satelitów

Era satelitarna trwa od lat 60 tych XX wieku, pierwszy sztuczny satelita ziemi to Sputnik, ZSRR 1957 r.

Szacuje się, że od roku 1957 na orbitach okołoziemskich zostało umieszczonych ponad 15 tys. różnych satelitów, a obecnie na orbicie ziemskiej znajduje się ponad 8 tys. satelitów, z czego ok. 6 tys. satelitów jest aktywna, a w samym 2020 roku na orbicie Ziemi umieszczono ponad 2 tys. satelitów.



Rys. Sputnik,
Źródło: ESA, 2021

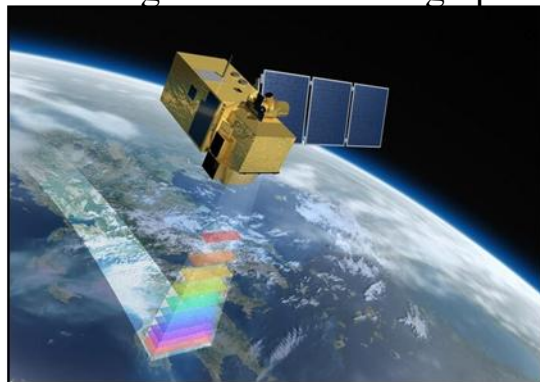


Rys. Galileo GNSS,
Źródło: ESA, 2020

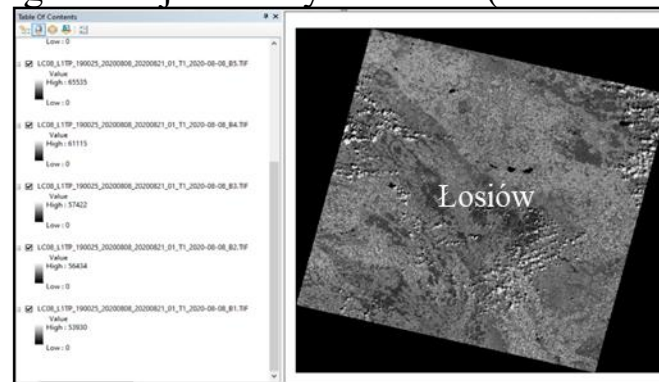


Źródło: Cieśliński P. „Co by było, gdyby... nagle zniknęły wszystkie satelity”, *Gazeta Wyborcza*, 2015

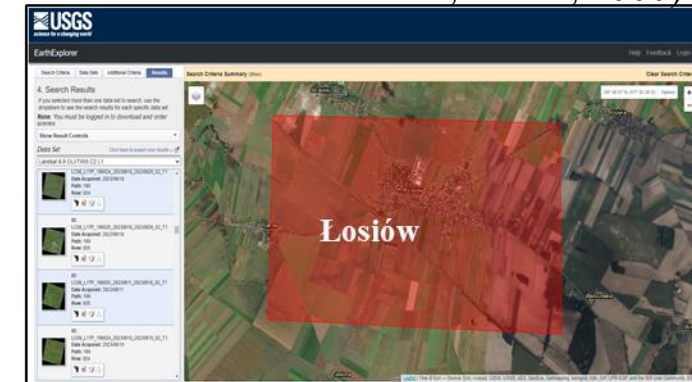
Teledetekcja to zdalne pozyskiwanie informacji o obiektach lub zjawiskach **za pomocą rejestracji promieniowania elektromagnetycznego** odbitego lub emitowanego przez różnego rodzaju obiekty na Ziemi (Committee on Earth Observation Satellites, CEOS, 2000).



Rys. Sentinel 3,
Źródło: ESA, 2021



Rys. Scena satelitarna Landsat 8 w programie ArcGIS Esri
Źródło: opracowanie własne na podstawie EarthExplorer, USGS



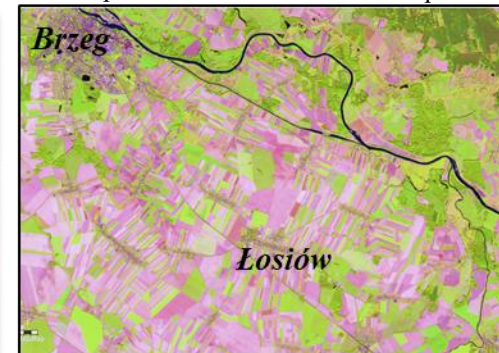
Rys. Zestaw produktów Landsat 8 w EarthExplorer USGS
Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



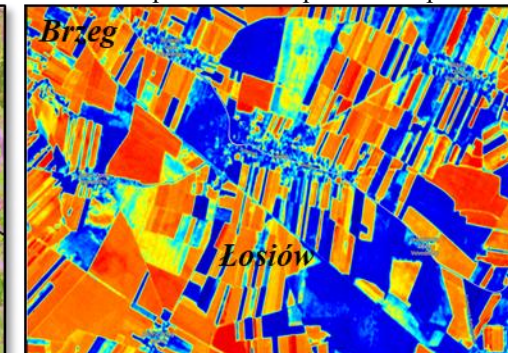
Rys. Kompozycja barwna RGB
Źródło: opracowanie własne



Rys. Kompozycja barwna CIR
Źródło: opracowanie własne

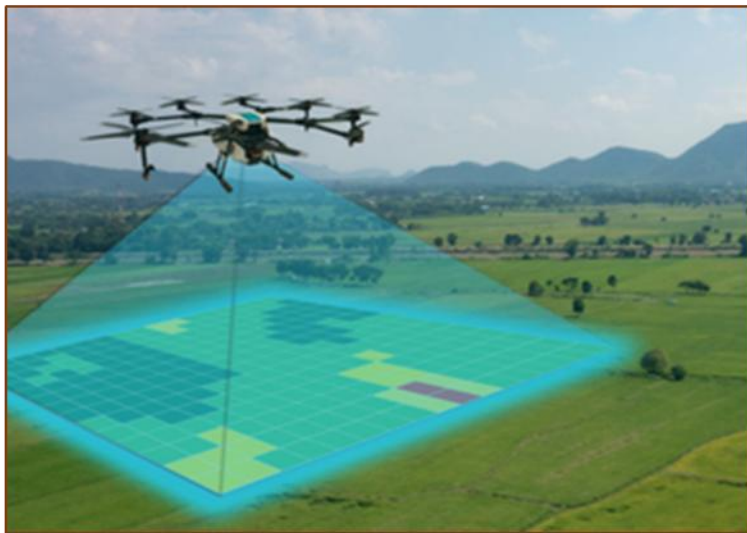


Rys. Kompozycja barwna SWIR
Źródło: opracowanie własne

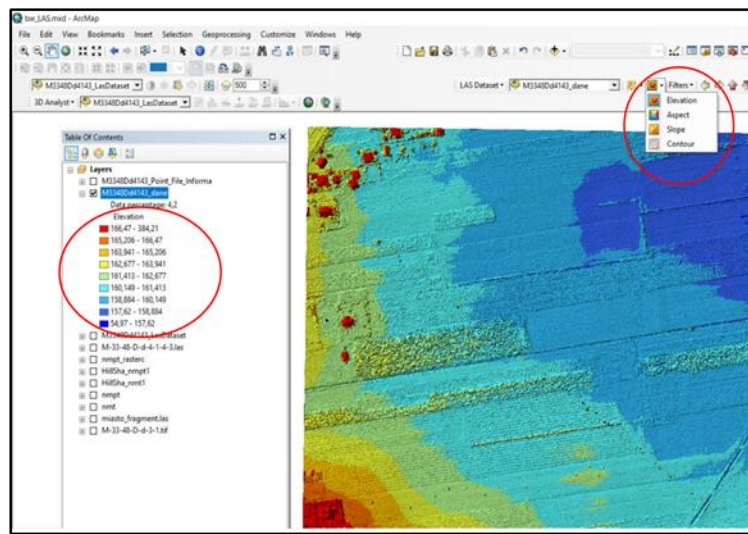


Rys. Indeks wilgotności
Źródło: opracowanie własne

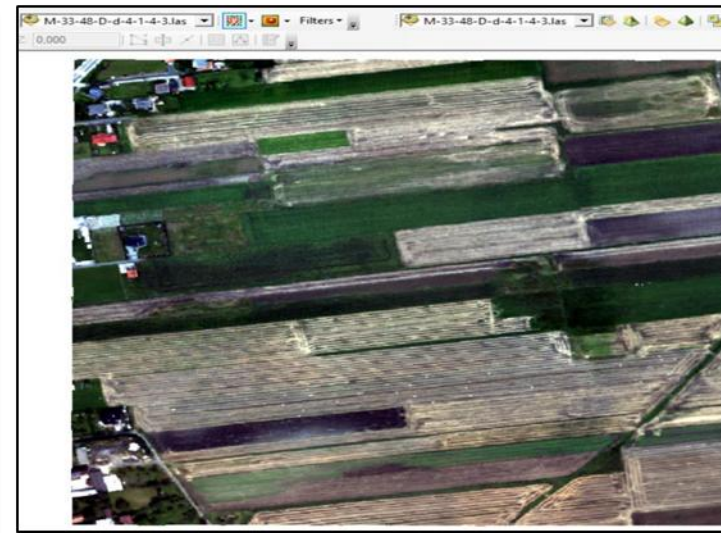
Skaning laserowy



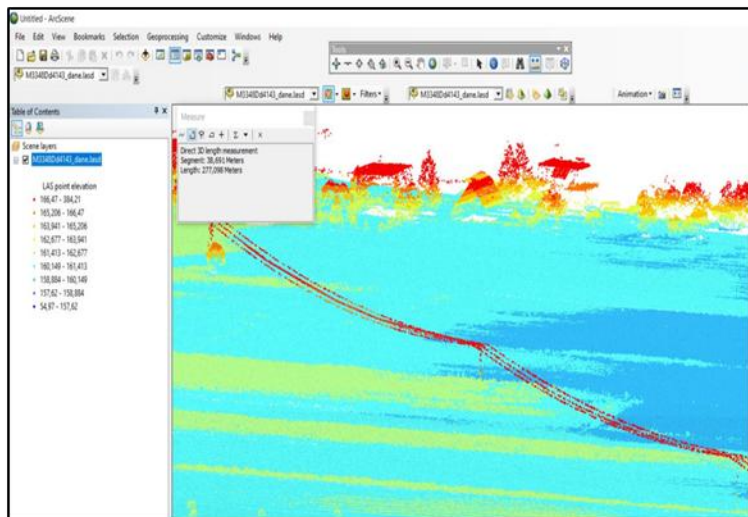
Rys. LiDAR aktywny system teledetekcyjny
Źródło: <https://geoforum.pl/news/34427/dronowe-rewelacje>



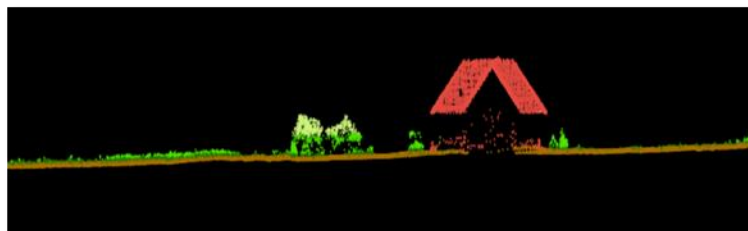
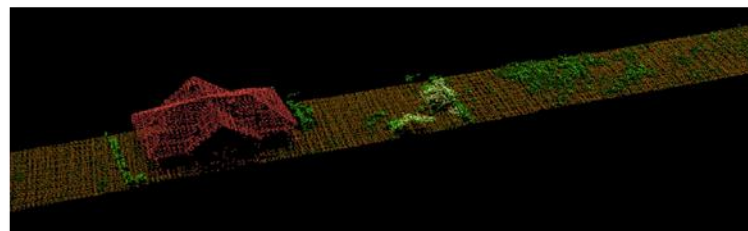
Rys. Sklasyfikowana chmura punktów 3D skanowania laserowego
Źródło: opracowanie własne



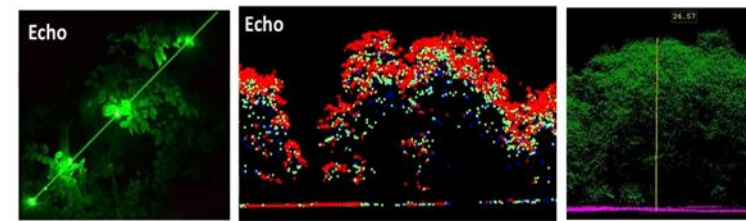
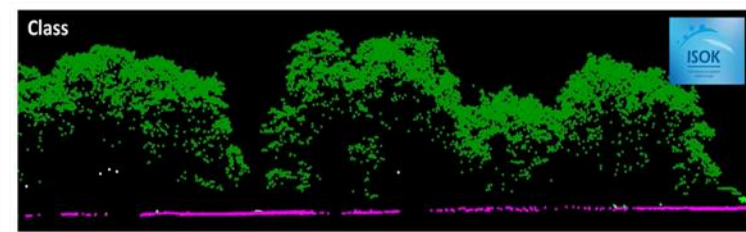
Rys. Ortofotomapa
Źródło: opracowanie własne



Rys. Chmurę punktów LAS w ArcScene
Źródło: opracowanie własne



Rys. Profil przez chmurę punktów ALS
Źródło: opracowanie własne

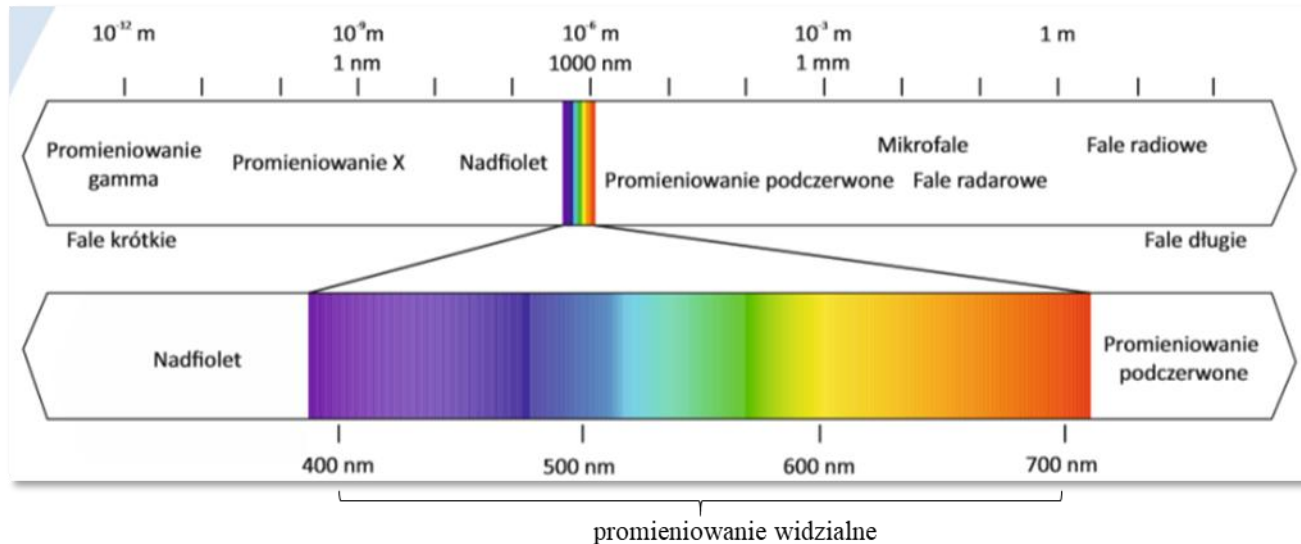


Rys. Chmura punktów ALS, odbicie od obiektów
Źródło: Wężyk P. Modelowanie przestrzenne GIS jakości życia w mieście. UR Kraków, 2016

Podstawy teledetekcji – promieniowanie elektromagnetyczne

Większość sensorów teledetekcyjnych wykorzystuje **promieniowanie elektromagnetyczne**, które jest odbijane lub emitowane przez obiekty na powierzchni Ziemi, a następnie rejestrowane przez sensory. Podstawowym źródłem promieniowania odbijanego przez obiekty jest Słońce.

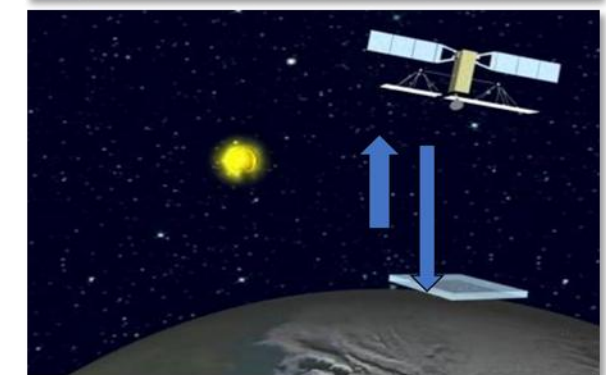
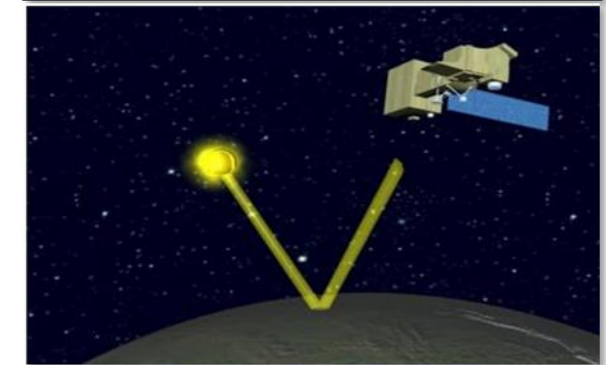
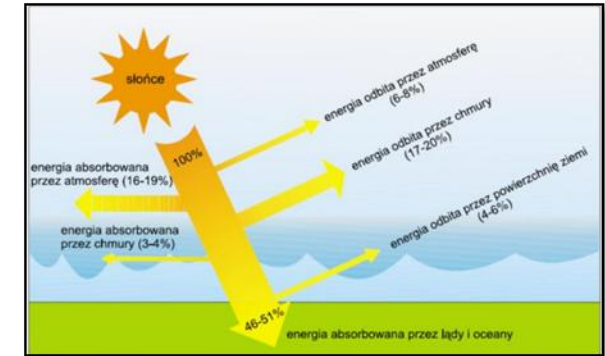
Sensory to urządzenia służące do wykrywania i rejestracji promieniowanie elektromagnetycznego, zbudowane z układów odpowiednich detektorów do rejestracji fal o określonej długości.



Rys. Rodzaje i zakresy promieniowania elektromagnetycznego

Kupidura P., Osińska-Skotak K., Wójtowicz A., (2019). Teledetekcja w rolnictwie. Szanse i możliwości, KOWR
(https://www.kowr.gov.pl/uploads/pliki/dep_innowacji/teledetekcja/teledetekcja_sat_w_rolnictwie.pdf)

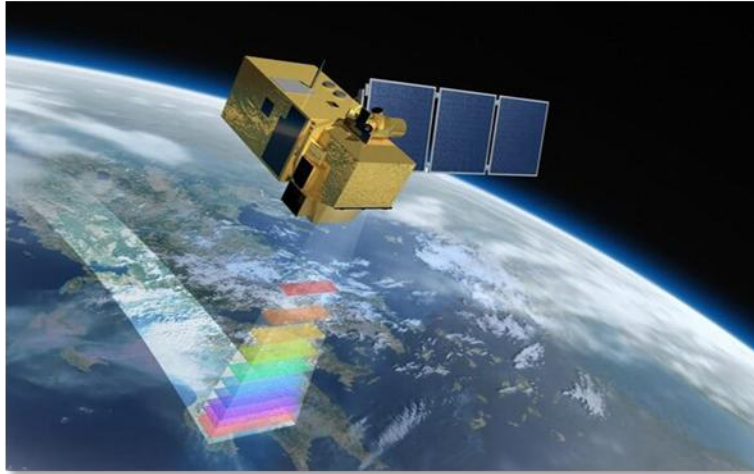
Zakres użytecznych fal obejmuje promieniowanie: **widzialne, bliską i średnią podczerwień, podczerwień termalną oraz mikrofale i promieniowanie radiowe**



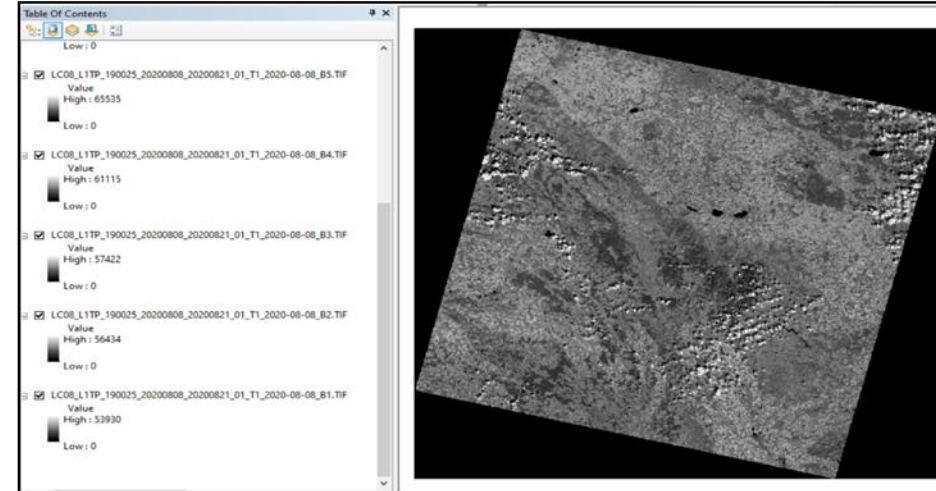
Rys. Metoda pasywna i aktywna rejestracji danych teledetekcyjnych

Źródło: Wężyk P., Cisko-Lesicka U. W prowadzenie do rolnictwa satelitarnego. Dane satelitarne dla administracji, za Wężyk 2019, ESA 2021 (<https://sat4envi.imgw.pl>)

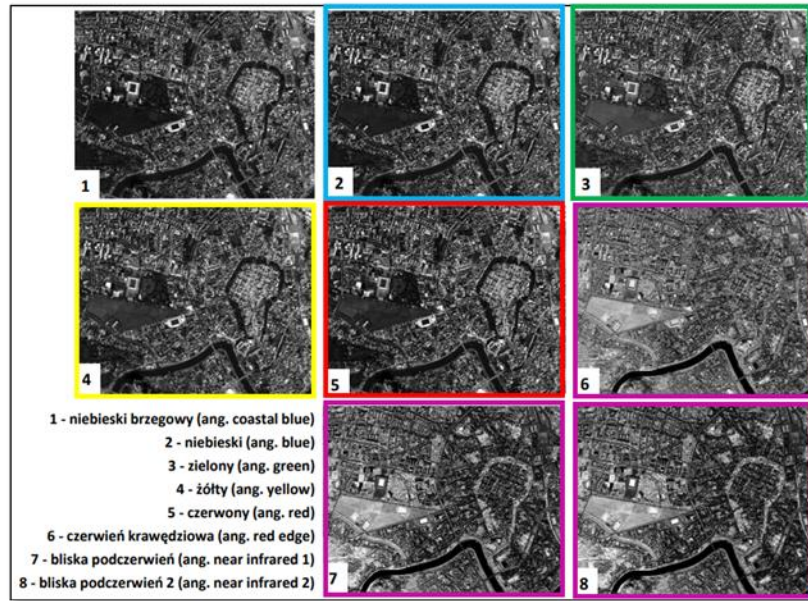
Analiza kanałów spektralnych – struktura obrazu cyfrowego



Rys. Sentinel 3, Źródło: ESA, 2021

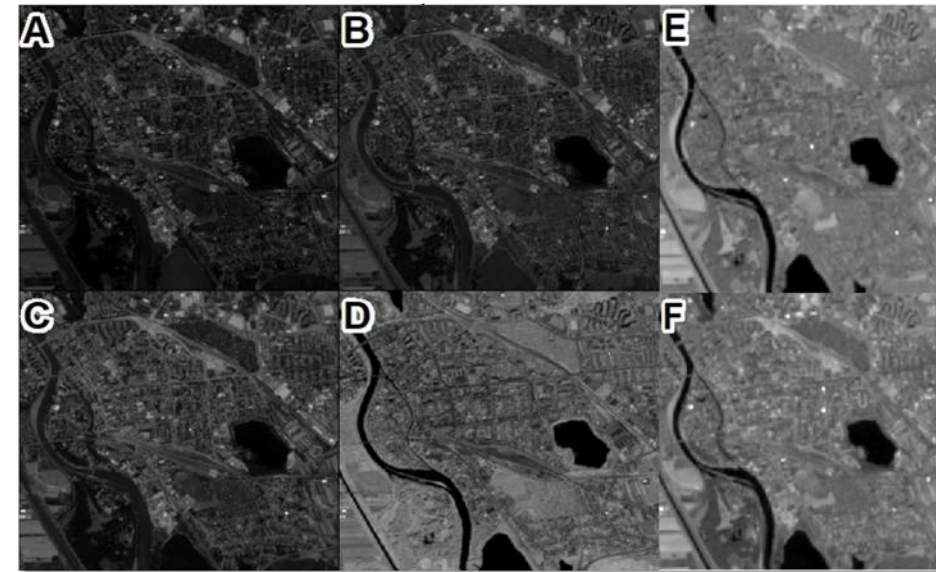


Rys. Kanał spektralny Landsat 8, Źródło: opracowanie



Rys. Obraz z WorldView 2 w pojedynczych kanałach

Źródło: Wężyk P., Cisko-Lesicka U. W prowadzenie do danych satelitarnych. Dane satelitarne dla administracji, za ProGea 4D, 2020 (<https://sat4envi.imgw.pl>)

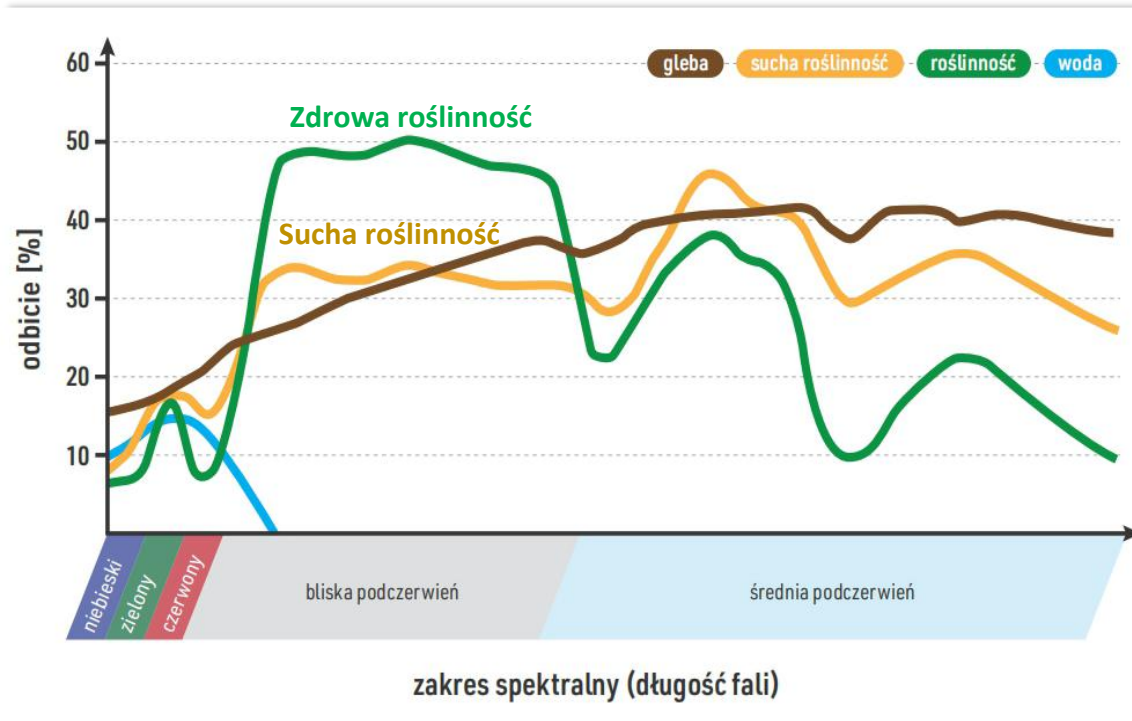


Rys. Obraz z satelity Sentinel 2 w pojedynczych kanałach spektralnych:

A) **niebieski**, B) **zielony**, C) **czerwony**, D) **bliskiej podczerwieni NIR**, E) **średniej podczerwieni - SWIR1**, F) **średniej podczerwieni - SWIR2**, Źródło: opracowanie własne

Analiza kanałów spektralnych – struktura obrazu cyfrowego

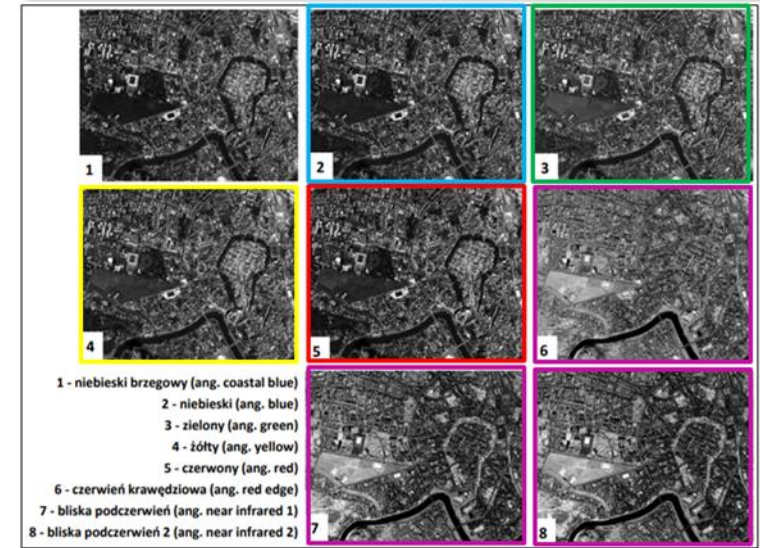
W zobrazowaniach wielospektralnych każdy z kanałów spektralnych dostarcza innych informacji o obiektach, które w różny sposób odbijają poszczególne zakresy promieniowania. Kanał bliskiej podczerwieni NIR umożliwia monitoring kondycji roślinności, zawartość chlorofilu, zawartość wody, suszy.



Rys. Przebieg krzywych spektralnych dla różnych obiektów – dla gleby, roślinności i wody

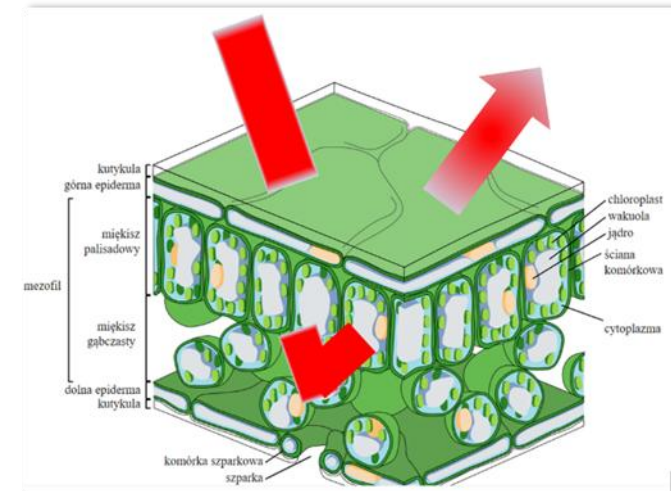
Źródło: Kupidura P., Osińska-Skotak K., Wójtowicz A., 2019

Ilość energii promieniowania dla danej długości fali docierająca do sensora po odbiciu od danego obiektu na powierzchni Ziemi.



Rys. Obraz z WorldView 2 w pojedynczych kanałach

Źródło: Wężyk P., Cisło-Lesicka U. W prowadzenie do danych satelitalnych. Dane satelitalne dla administracji, za ProGea 4D, 2020 (<https://sat4envi.imgw.pl>)

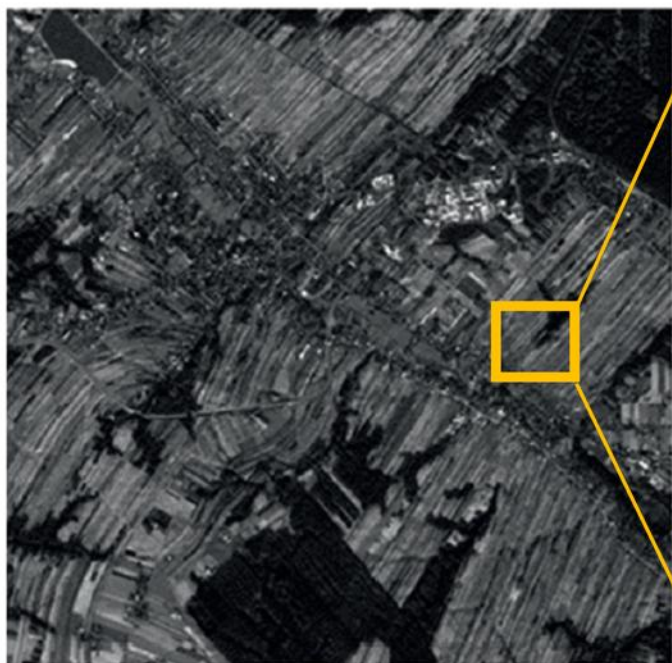


Rys. Struktura komórkowa zdrowego liścia

Źródło: <https://pl.wikipedia.org>

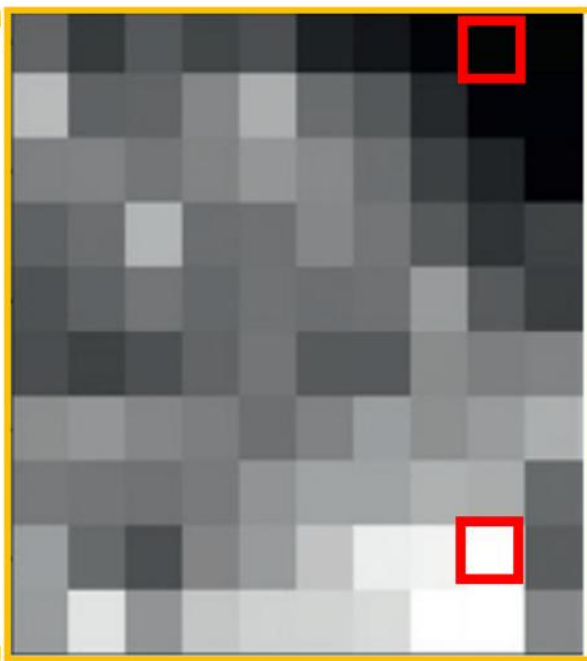
Analiza kanałów spektralnych – struktura obrazu cyfrowego

Obraz cyfrowy składa się z określonej liczby ułożonych w regularną siatkę dyskretnych najmniejszych elementów, zwanych pikselami. Każdy piksel ma przyporządkowaną jedną wartość radiometryczną określającą zdolności odbicia bądź emisji promieniowania przez obiekt jak również poziom energii źródła promieniowania np. Słońca.



Rys. Struktura obrazu satelitarnego

Źródło: opracowanie własne



Rys. Powiększony fragment obrazu satelitarnego

Źródło: opracowanie własne

168	145	161	151	156	132	128	118	109	110
215	167	168	187	208	172	161	136	116	116
183	184	177	185	195	188	173	148	134	114
167	173	212	173	175	187	177	162	141	150
158	167	177	170	176	173	175	198	163	147
155	150	157	168	177	163	163	190	182	185
191	195	187	182	174	184	200	192	199	209
179	177	176	180	194	203	203	210	207	171
200	171	156	186	198	220	241	243	248	164
199	236	194	221	227	228	232	248	249	187

Rys. Wartość radiometryczna

Źródło: opracowanie własne

Analizując jasność upraw rolniczych w poszczególnych kanałach spektralnych można interpretować ich ogólną kondycję, zasobność w chlorofil, zasobność gleb, potrzebę nawożenia i nawodnienia.

Analiza kanałów spektralnych – struktura obrazu cyfrowego

ZASTOSOWANIA:

- klasyfikacji pokrycia i użytkowania terenu • monitoringu plonów w rolnictwie,
- obserwacja biomasy lasów, • ochrona środowiska, • szacowanie skutków klęsk naturalnych i zmian klimatu (powódzie, susze, pożary), • w sektorze ubezpieczeń
- Satelitarne ogólnodostępne **zobrazowania średniorozdzielcze** np. **Landsat 5/8** i **Sentinel-2** stosowane są w globalnej obserwacjach powierzchni Ziemi.
- **Zobrazowania wysokorozdzielcze** wykorzystuje się głównie w szczegółowych analizach stosunkowo niewielkich obszarów Ziemi. Przykładowe satelity wysokorozdzielcze: **RapidEye, SPOT-5, PlanetScope Dove.**

Komercyjne zobrazowania satelitarne Planet konstelacji RapidEye dla jednodniowej obserwacji: konstelacja 5 satelitów działająca od 2009 r., zobrazowania o rozdzielczości 5 m, rejestrowane w 5 zakresach spektralnych (R, G, B, Red Edge (RE), Near Infrared (NIR)).



Rys. Kompozycja barwna na podstawie kanałów spektralnych konstelacji RapidEye, Źródło: opracowanie własne

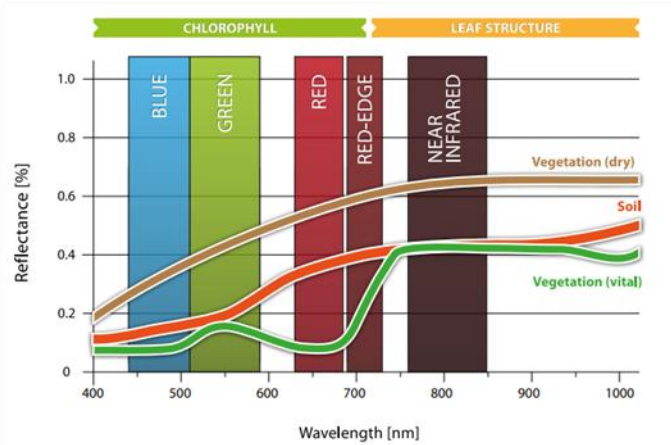


Figure 1: Typical spectral reflectance curves of selected surfaces in relation to the RapidEye spectral bands

Źródło: <https://earth.esa.int/eogateway/missions/rapideye>

Landsat 1, Landsat 2, Landsat 3, Multispectral Scanner System (MSS), Return Beam Vidicon (RBV)	Band 1 Visible blue Band 2 Visible green Band 3 Visible red	8
Landsat 4, Landsat 5 Multispectral Scanner System (MSS), Thematic Mapper (TM)	Band 4 Near-Infrared (NIR) Band 5 Short-wave Infrared Band 6 Thermal Band 7 Mid-Infrared Band 8 Panchromatic (PAN)	
Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)		
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 Visible ultra blue Band 2 Visible blue Band 3 Visible green Band 4 Red Band 5 Near-Infrared (NIR) Band 6 Shortwave Infrared (SWIR 1) Band 7 Shortwave Infrared (SWIR 2) Band 8 Panchromatic (PAN) Band 9 Cirrus Band 10 Thermal Infrared TIRS 1 Band 11 Thermal Infrared TIRS 2	11
Sentinel 2 Multi Spectral Imager (MSI)	Band 1 Coastal aerosol Band 2 Visible blue Band 3 Visible green Band 4 Visible red Band 5 Vegetation Red Edge Band 6 Vegetation Red Edge Band 7 Vegetation Red Edge Band 8 Near-Infrared (NIR) Band 8a Narrow Near-Infrared (NIR) Band 9 Water vapour Band 10 Shortwave Infrared Cirrus (SWIR) Band 11 Shortwave Infrared (SWIR) Band 12 Shortwave Infrared (SWIR)	12

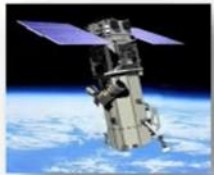
Rys. Kanały spektralne konstelacji Landsat i Sentinel
Źródło: opracowanie własne

Type	High-resolution optical imager	
Resolution [IFOV]	6.5m GSD at nadir, resampled to 5 m pixel size on orthorectified products	
Swath Width [FOV]	± 6.75° about nadir, corresponding to a swath of 77 km	
Bands	Blue	440-510 nm
	Green	520-590 nm
	Red	630-685 nm
	Red edge	690-730 nm
	NIR (Near Infrared)	760-850 nm

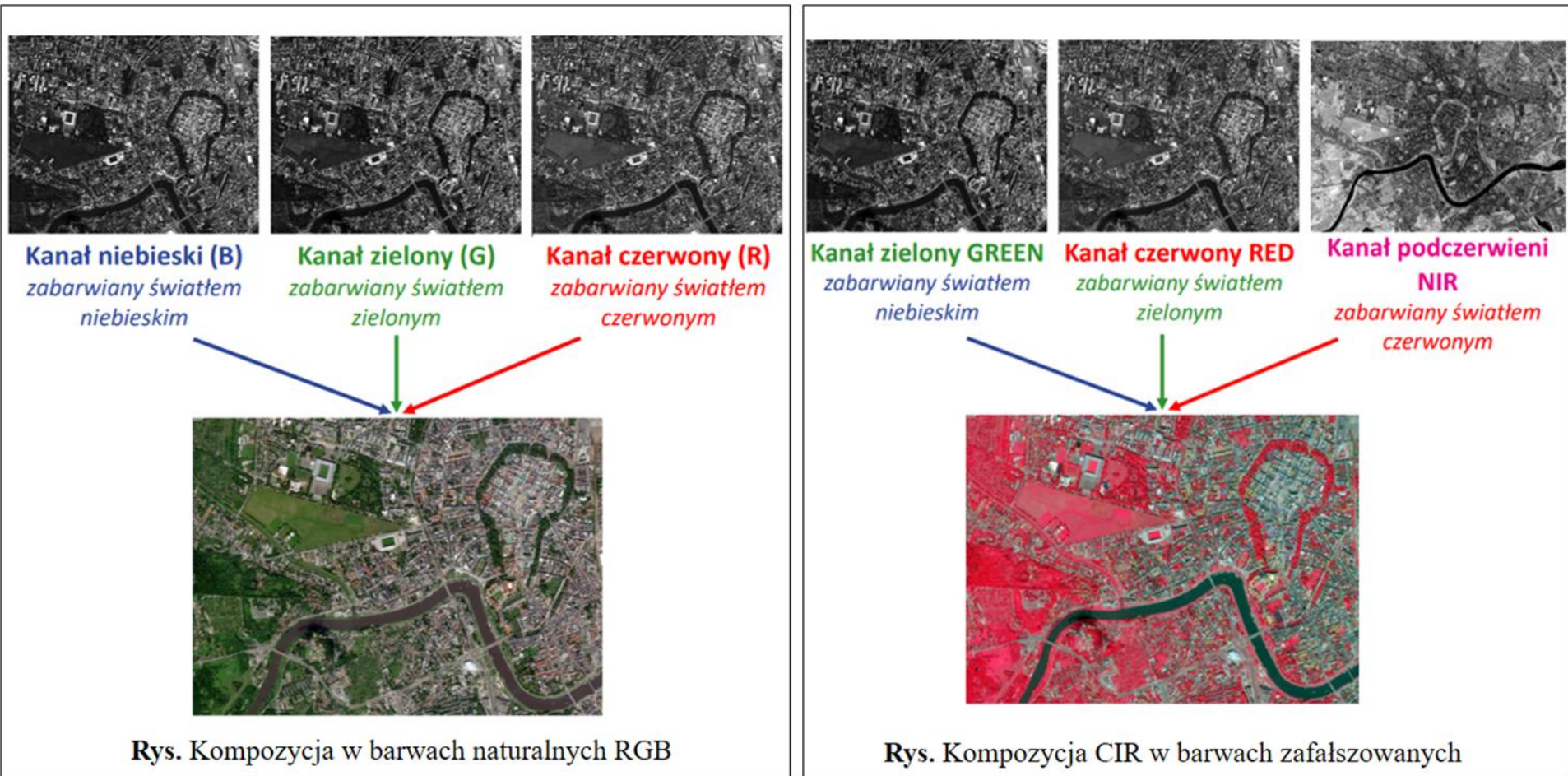
Rys. Kanały spektralne konstelacji RapidEye
Źródło: Planet

Kompozycje barwne obrazu

Odpowiednie zestawienie ze sobą trzech pasm odpowiadających składowym kolorów RGB dostarcza znacznie więcej informacji o terenie niż trudne do interpretacji pojedyncze zobrazowanie panchromatyczne (Hejmanowska 2020).

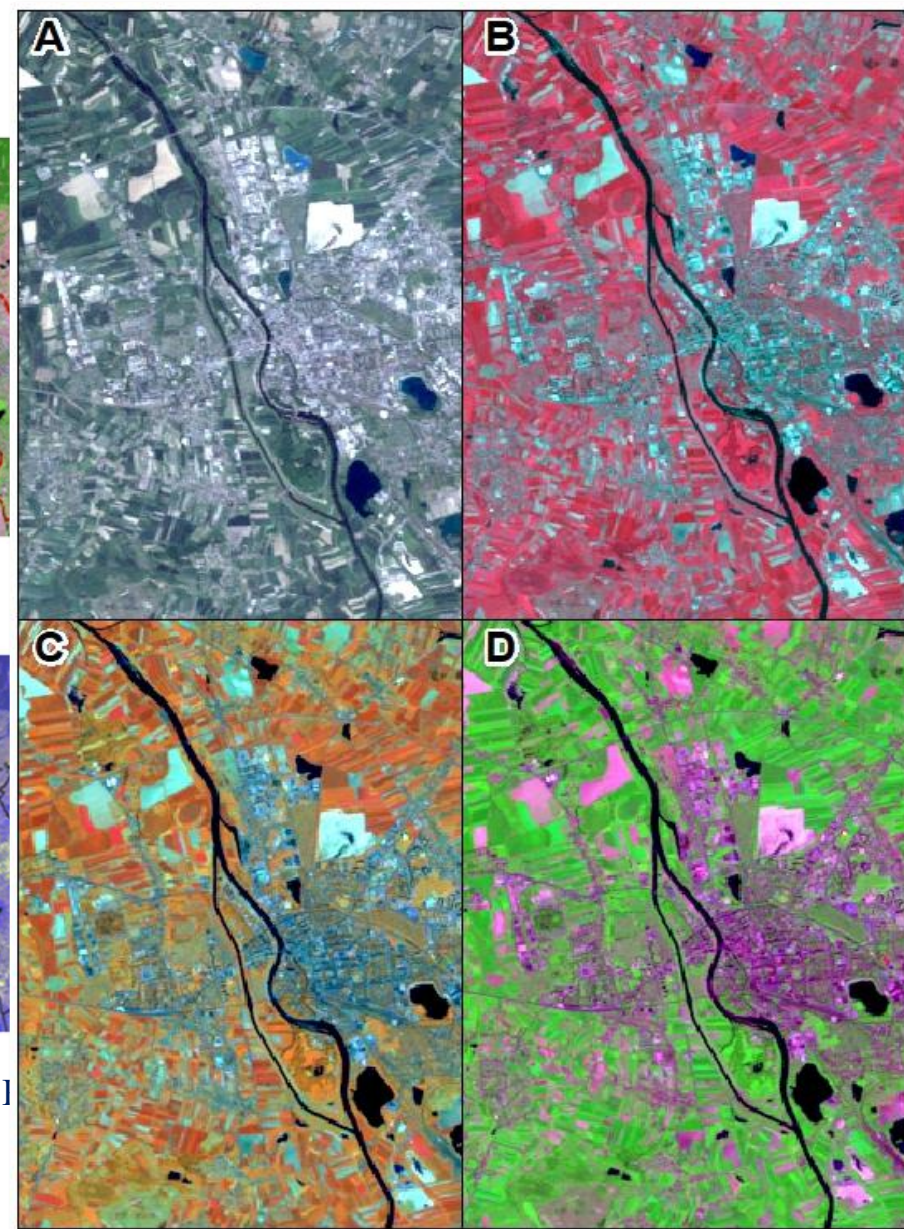
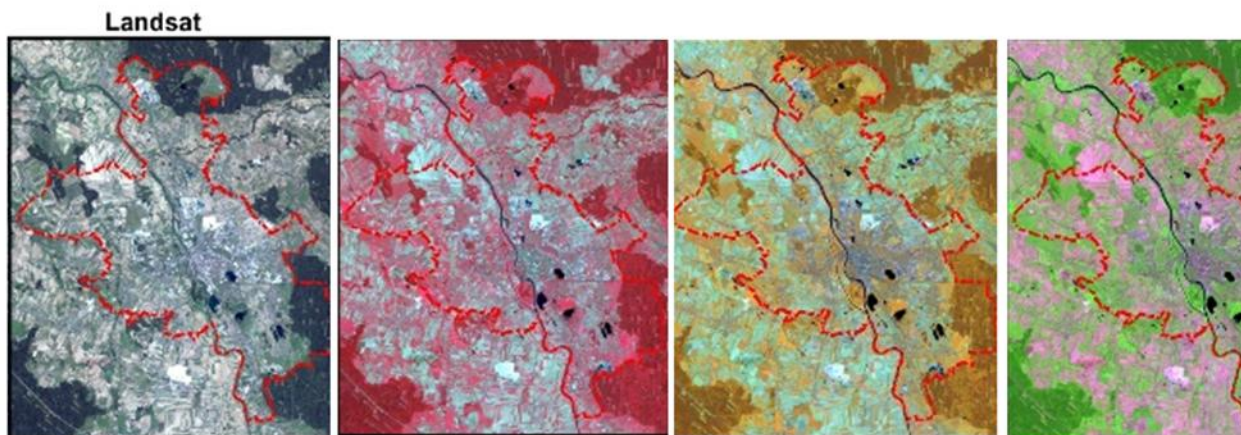


WorldView-2
DigitalGlobe



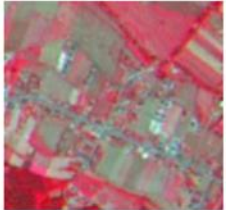
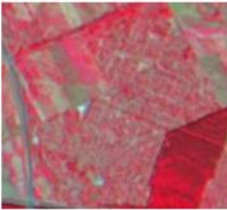
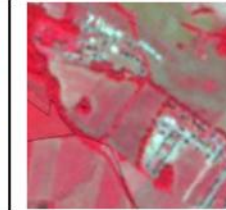
Źródło: Wężyk P., Cisło-Lesicka U. W prowadzenie do danych satelitarnych. Dane satelitarne dla administracji, za ProGea 4D, 2020 (<https://sat4envi.imgw.pl>)

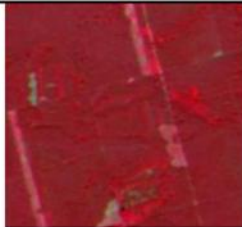
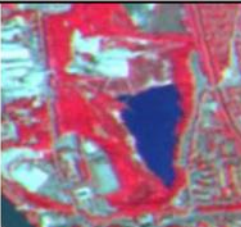
Modele kompozycji barwnych



Rys. Modele wybranych kompozycji barwnych dla różnych form zagospodarowania
Źródło: opracowanie własne

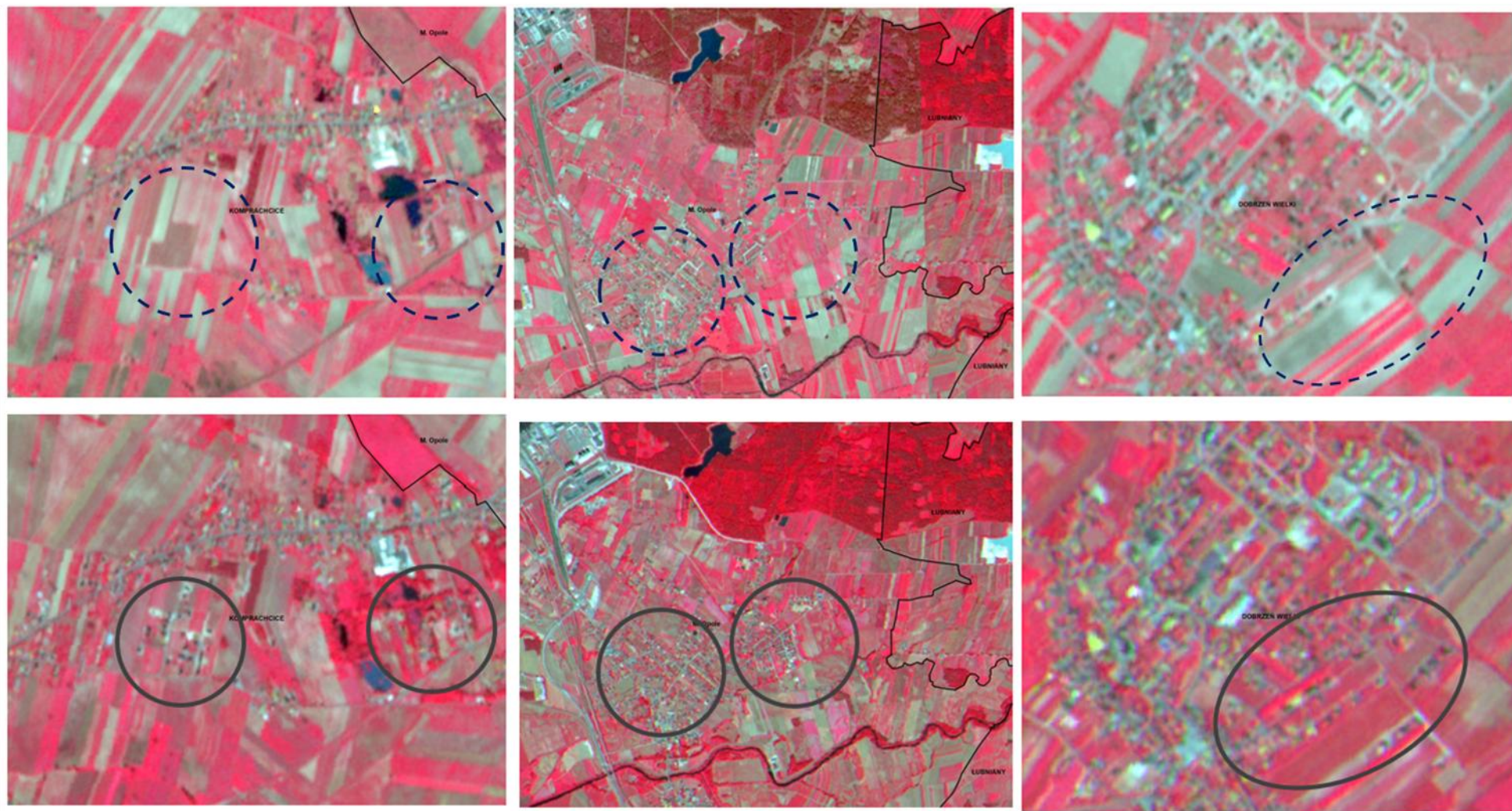
Fotointerpretacja pokrycia i użytkowania terenu

Klasa	1	2	3	4	5	6	7
Przykłady form zagospodarowania przestrzennego							
Sposób użytkowania	Mieszkalny, zabudowa wielorodzinna	Mieszkalny, zabudowa jednorodzinna	Mieszkalny, rolniczy, zabudowa jednorodzinna	Rekreacyjny	Przemysłowo-usługowy	Przemysłowy – wapienne kopalnie odkrywkowe	Tereny budowy
Stopień zainwestowania	bardzo wysoki	wysoki	średni	niski	wysoki	wysoki	średni
Stopień rozdrobnienia elementów tworzących formę zagospodarowania	niski	wysoki stopień rozdrobnienia obiektów mieszkalnych i terenów zieleni przydomowej	wysoki stopień rozdrobnienia obiektów mieszkalnych i użytków rolnych	wysoki stopień rozdrobnienia budowlanych obiektów wypoczynkowych i terenów zieleni urządzonej	niski	średni	wysoki stopień rozdrobnienia obiektów budowlanych
Pokrywa roślinna	roślinność urządzona niska	roślinność urządzona niska, w mniejszym stopniu wysoka	roślinność niska, w mniejszym stopniu wysoka	roślinność urządzona niska i wysoka	roślinność izolacyjna niska	roślinność izolacyjna niska	brak pokrywy roślinnej lub roślinność niska

Klasa	8	9	10	11	12
Przykłady form zagospodarowania przestrzennego					
Sposób użytkowania	Rolniczy	Leśny	Wody powierzchniowe, rekreacyjne	Wody powierzchniowe w małym stopniu rekreacyjne	Wody powierzchniowe rekreacyjne, kamionki wodne
Stopień zainwestowania	niski	niski	niski	średni	średni
Stopień rozdrobnienia elementów tworzących formę zagospodarowania	wysoki stopień rozdrobnienia pól użytków rolnych	niski	niski stopień rozdrobnienia obiektów wodnych i pokrywy roślinnej	średni stopień rozdrobnienia obiektów wodnych i pokrywy roślinnej	średni stopień rozdrobnienia obiektów wodnych i pokrywy roślinnej
Pokrywa roślinna	roślinność uprawna	roślinność wysoka	roślinność niska i wysoka	roślinność niska i wysoka	roślinność niska i wysoka

Źródło: opracowanie własne

Fotointerpretacja pokrycia i użytkowania terenu



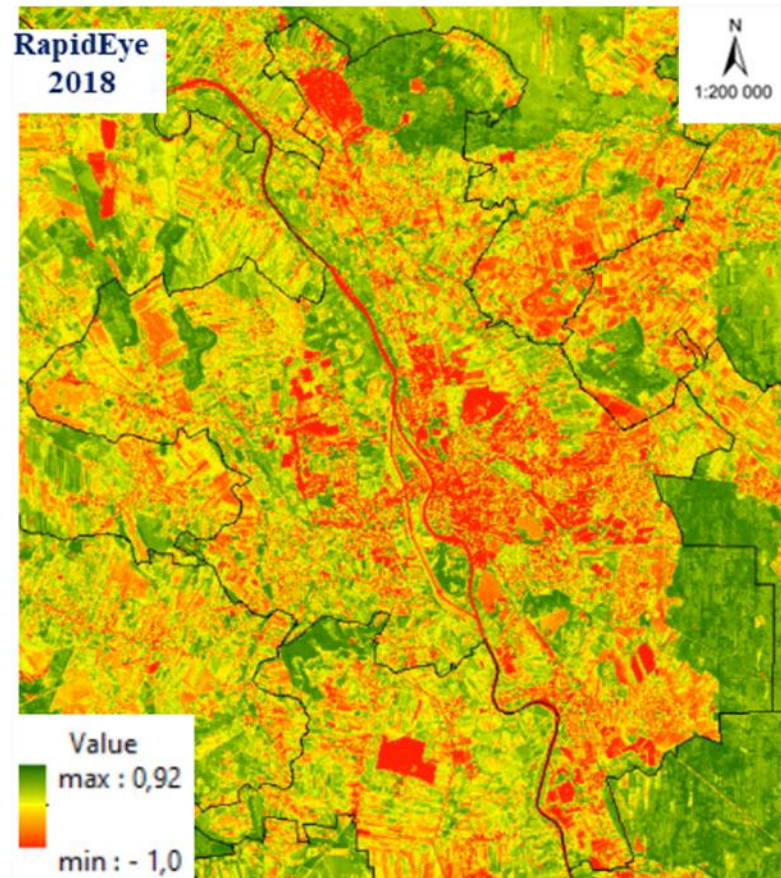
Rys. Przykłady zmiany koncentracji terenów zurbanizowanych

Źródło: opracowanie własne

Modele wskaźników teledetekcyjnych – spektralne wskaźniki roślinności

Zastosowanie wskaźników teledetekcyjnych:

- rolnictwo,
- typy i kondycja upraw,
- kondycja lasów,
- typy drzewostanów,
- detekcja suszy,
- podtopień,
- detekcja pożarów,
- geologia,
- kartowanie gleb,
- monitoring jakości wody
- i wiele innych

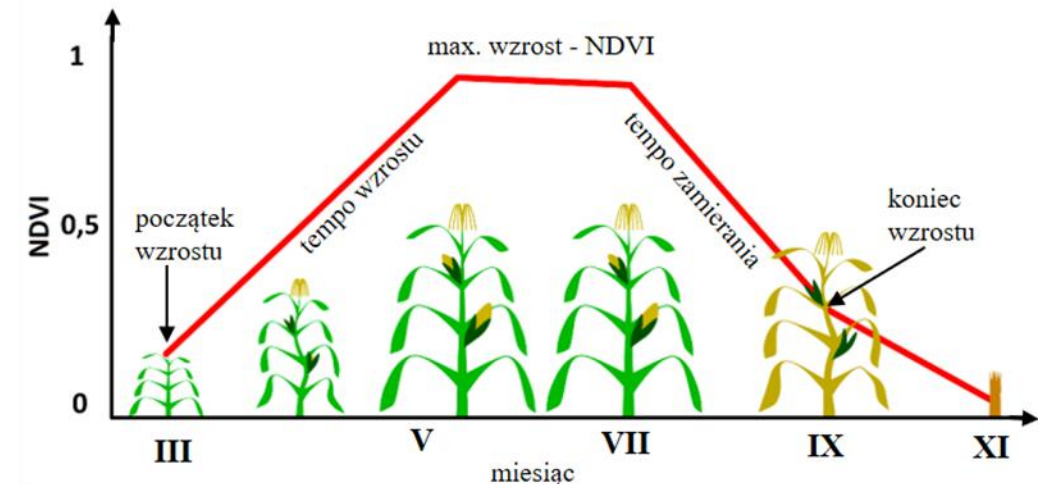


Rys. Wskaźnik wegetacji NDVI dla gmin podmiejskich Opola

Źródło: opracowanie własne

Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$



Rys. Fazy rozwoju fenologicznego roślin

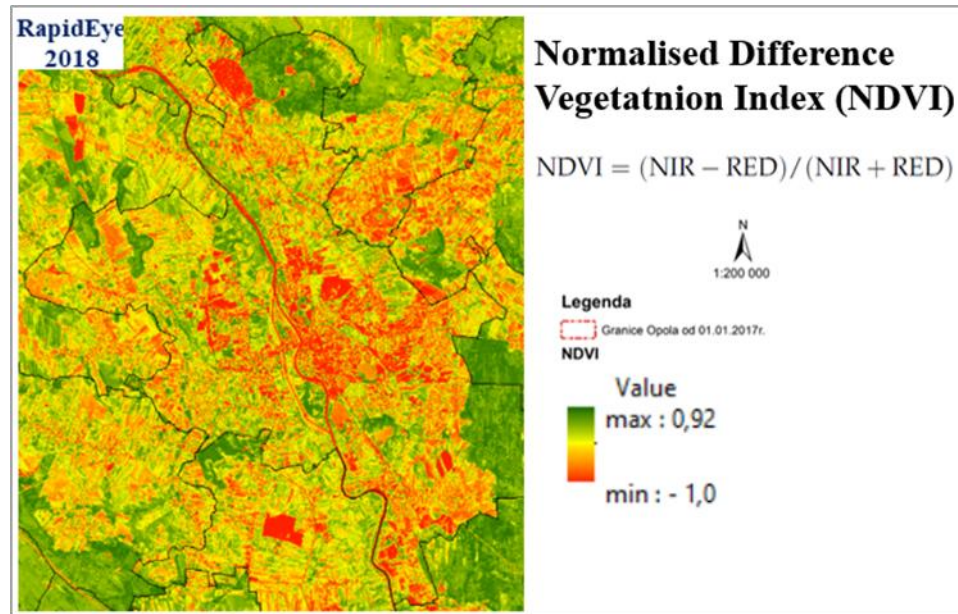
Źródło: Gatkowska M. Przykłady zastosowań obrazów satelitarnych w rolnictwie. Dane satelitarne dla administracji publicznej. Polska Agencja Kosmiczna, Warszawa 2016

Wskaźnik **NDVI** określa kondycję upraw, właściwości biofizyczne, jej zmiany w czasie oraz zróżnicowanie w obrębie pól uprawnych. Wartości NDVI (-1, 1): < 0 obszary wodne i zabudowane; ~ 0 – odkryta gleba; < 0,2 – roślinność rzadka, w złym stanie; 0,2-0,7 roślinności w różnej kondycji; > 0,7 – roślinność w dobrym i bardzo dobrym stanie.

Baza wskaźników teledetekcyjnych dostępna jest pod adresem <https://www.indexdatabase.de/>

Modele wskaźników teledetekcyjnych – spektralne wskaźniki roślinności

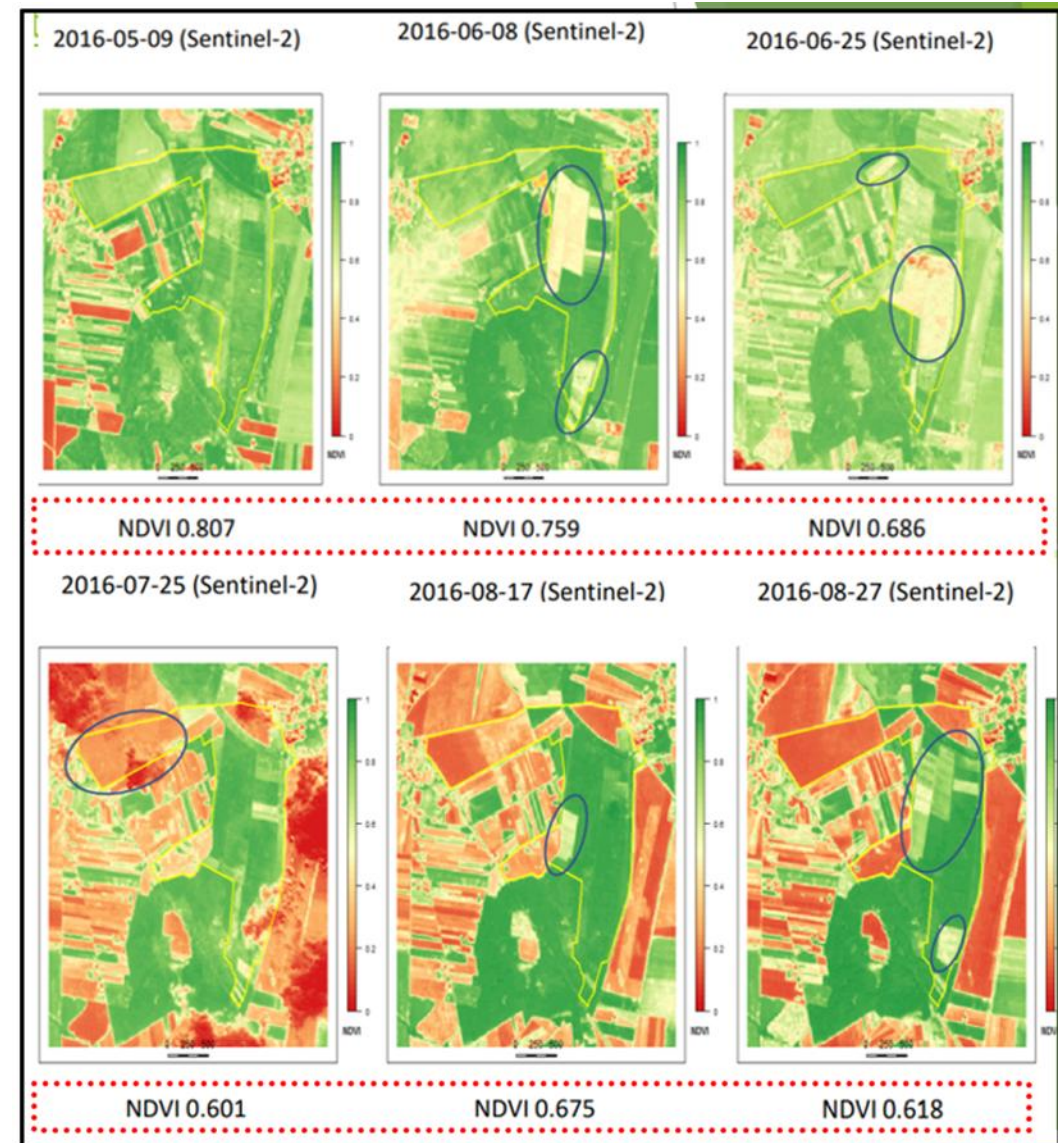
Wskaźniki są przekształceniami algebraicznymi, których zadaniem jest uproszczenie analiz obrazu wielospektralnego i pokazanie w postaci jednej liczby (miary) pewnych właściwości biofizycznych lub geofizycznych obiektów, które podlegają detekcji (Borsa i in. 2017).



Rys. Wskaźnik wegetacji dla gmin podmiejskich Opola , RapidEye, 2018

Źródło: opracowanie własne

Satelitarny monitoring upraw ułatwia kontrolę ich aktualnego stanu na poszczególnych polach oraz planowanie zabiegów agrotechnicznych. Pozwala obserwować zróżnicowanie kondycji upraw od zasiewu do wzrostu i zbioru: mapa potencjału plonu, prognozowanie plonu, mapa przebiegu suszy glebowej.

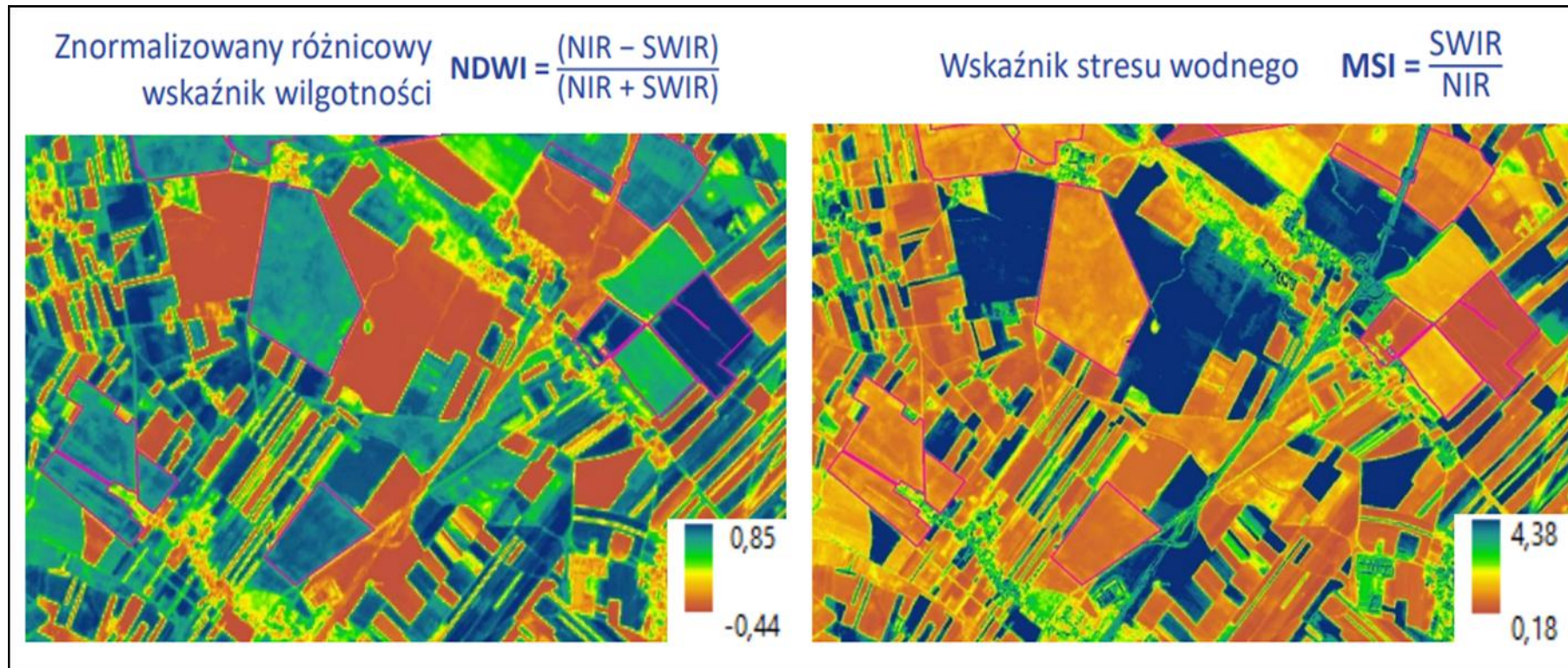


Rys. Zmiany wskaźnika NDVI – ujęcie retrospektywne

Źródło: Gatkowska M. Przykłady zastosowań obrazów satelitarnych w rolnictwie. Dane satelitarne dla administracji publicznej. Polska Agencja Kosmiczna, Warszawa, za IGiK, 2016

Modele wskaźników teledetekcyjnych – spektralne wskaźniki roślinności

Kolejne przykłady spektralnych wskaźników roślinności będących wynikiem przetwarzania cyfrowego obrazów satelitarnych to wskaźnik wilgotności **NDWI** (Normalised Difference Water Index) i wskaźnik stresu wodnego **MSI** (Moisture Stress Index). Obecnie znanych i stosowanych jest wiele wskaźników służących do określania zawartości wody w roślinach.



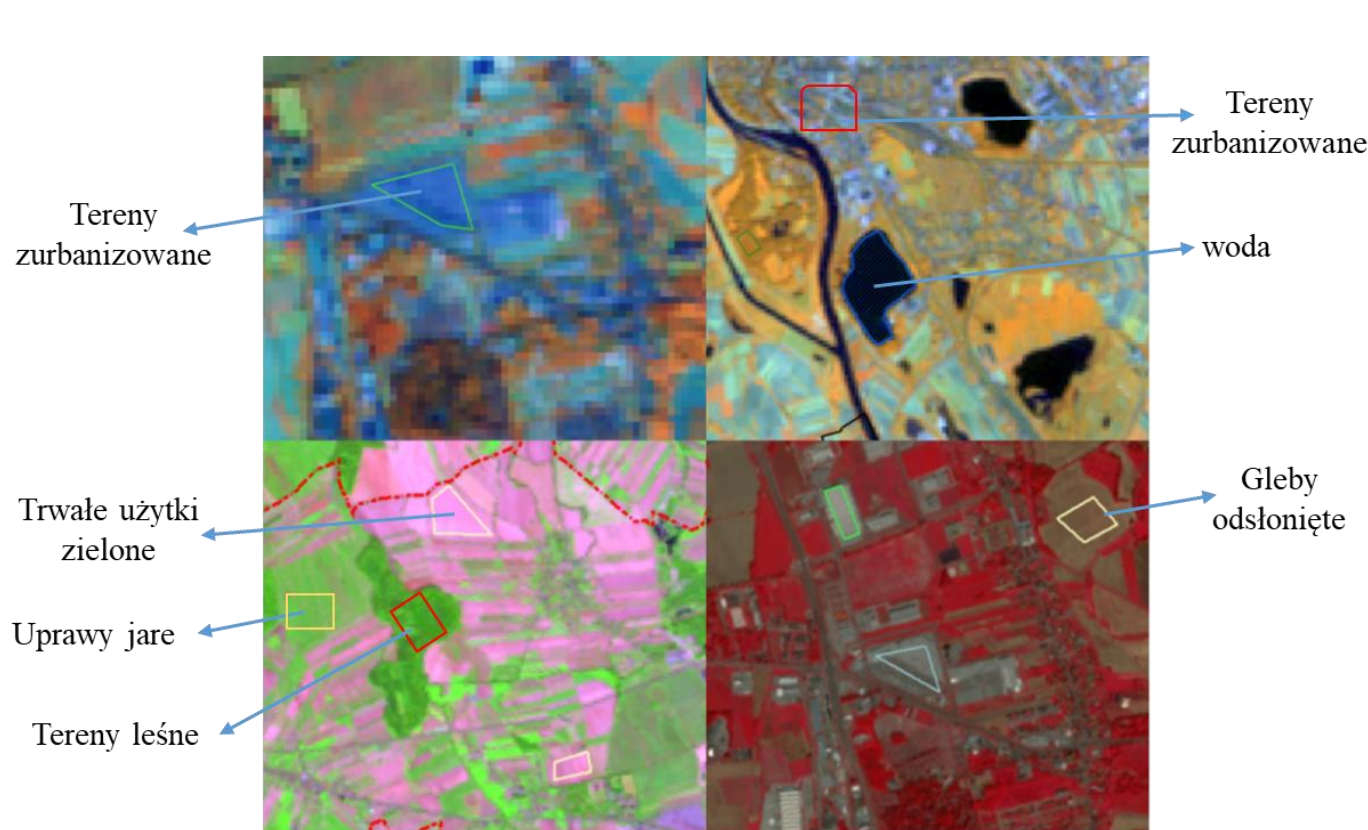
Źródło: Wężyk P., Cisko-Lesicka U. Wprowadzenie do danych satelitarnych. Dane satelitarne dla administracji, za ProGea 4D, 2020 (<https://sat4envi.imgw.pl>)

NDWI zapewnia pomiar zawartości wody w liściach, wyższa zawartość wody wskazuje na zdrowszą roślinność i odporność na zagrożenie pożarowe. MSI jest wskaźnikiem przeznaczonym do określania stopnia stresu wodnego roślinności, zakłada się, że roślina znajduje się w stresie, gdy temperatura jej powierzchni jest wyższa od temperatury powietrza.

Przetwarzanie cyfrowe obrazów satelitarnych – klasyfikacje pokrycia/użytkowania terenu

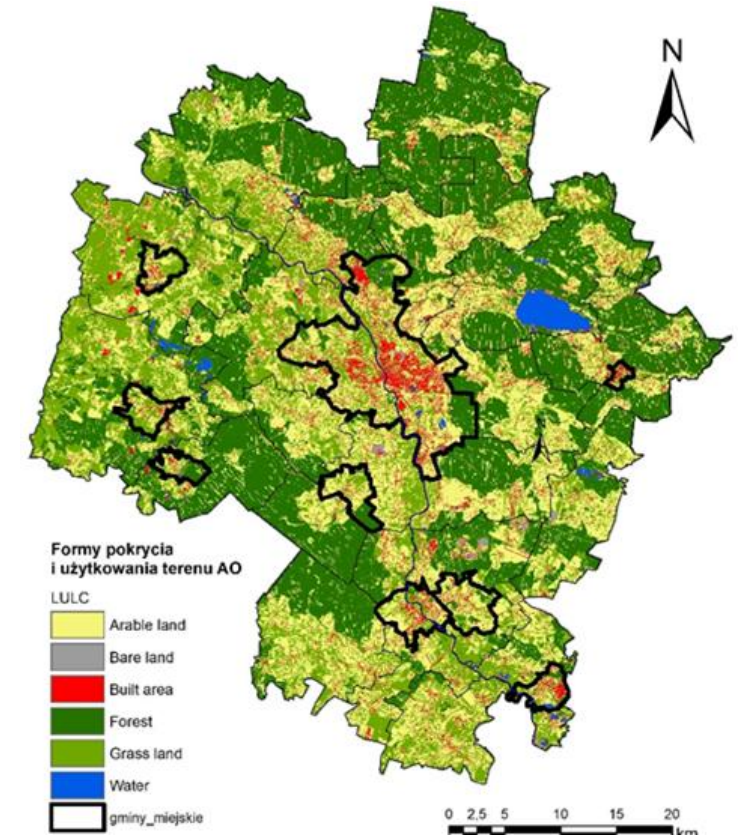
Algorytmy klasyfikacyjne nadzorowane – algorytm klasyfikujący porównuje każdy piksel obrazu wielospektralnego z pikselami próby treningowej i klasyfikuje go do predefiniowanej klasy, z której ta próba ucząca pochodzi.

Algorytmy nienadzorowane – algorytm klasyfikujący dokonuje podziału wielowymiarowej przestrzeni spektralnej na skupienia pikseli (klastry) wg określonych reguł i kryteriów decyzyjnych, proces jest iteracyjny.



Rys. Wyznaczanie pól treningowych z wykorzystaniem kompozycji barwnych

Źródło: opracowanie własne

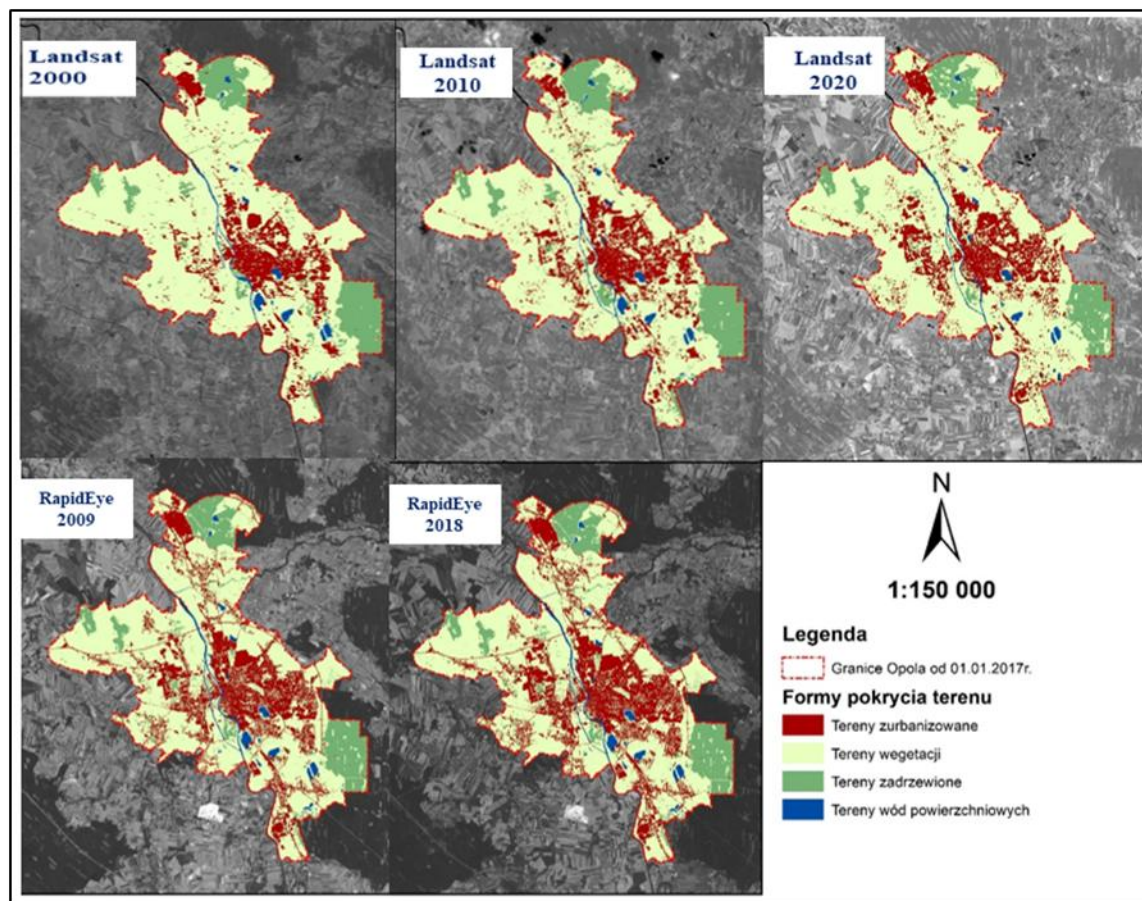


Rys. Mapy klas pokrycia i użytkowania terenu

Źródło: Wiatkowska B. et al. 2021. doi.org/10.3390/geosciences11080312

Zmiany pokrycia i użytkowania gruntów

Analiza przestrzenna i czasowa zmian użytkowania terenu wykonana na podstawie zobrażeń satelitarnych.



Rys. Mapy klas pokrycia i użytkowania terenu

Źródło: Wiatkowska B. et al. 2021. doi.org/10.3390/geosciences11080312

Tab. Wyniki nadzorowanej klasyfikacji spektralnej form użytkowania gruntów

Klasy pokrycia terenu		Landsat 5, Landsat 8			RapidEye	
		2000	2010	2020	2009	2018
Tereny zurbanizowane	ha	2291.05	2652.48	3172.52	3304.88	3528.97
	%	15.4	17.8	21.3	22.2	23.7
Tereny wegetacji	ha	10461.69	10117.1	9617.3	9396.3	9218.3
	%	70.3	68	64.6	63.1	62.0
Tereny zadrzewione	ha	1879.19	1846.3	1818.8	1884.6	1856.6
	%	12.61	12.4	12.2	12.7	12.4
Tereny wód powierzchniowych	ha	256.1	272.1	279.2	296.9	284.4
	%	1.71	1.83	1.9	2.0	1.9
Pow. Opola		14888 ha				
		100 %				

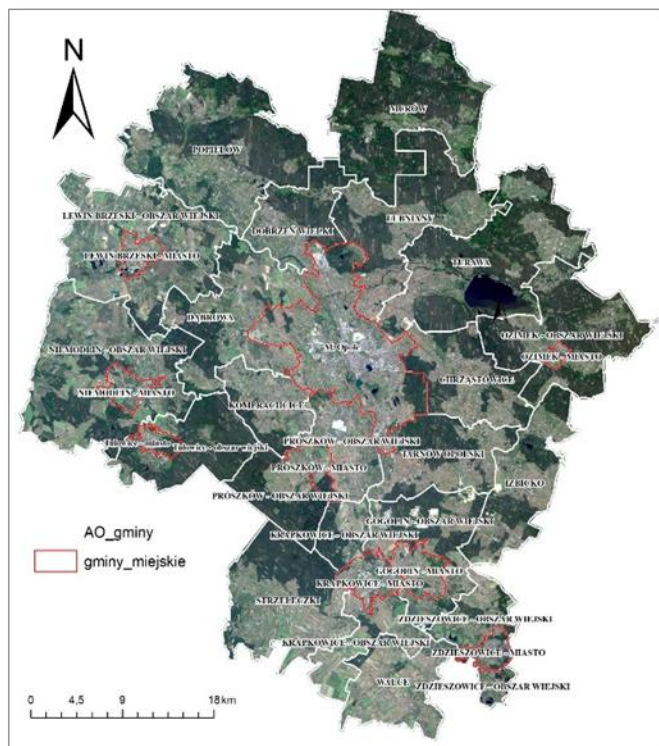
Źródło: Wiatkowska B. et al. 2021. doi.org/10.3390/geosciences11080312

Procentowy udział terenów zurbanizowanych w stosunku do pow. całkowitej miasta zwiększył się z 15,4 % w 2000 r. do 21,3% w 2020 r., kosztem terenów rolniczych.

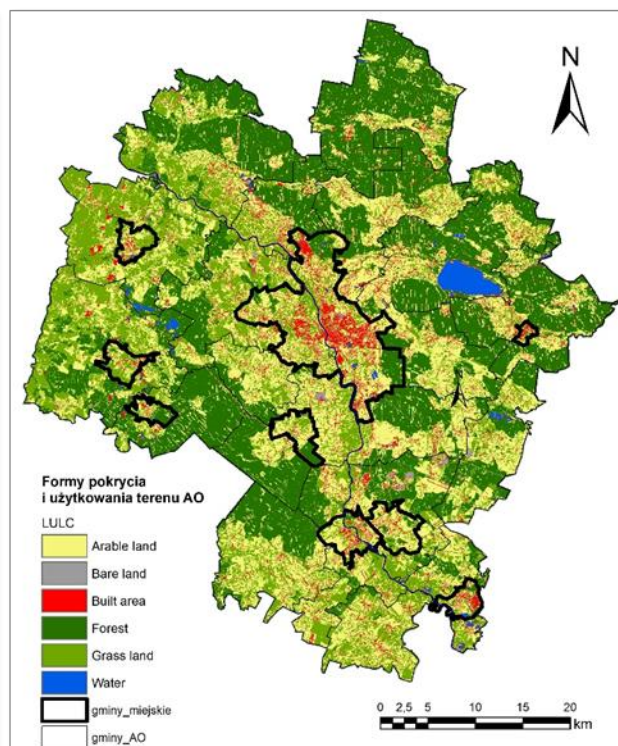
Największa intensywność rozwoju terenów zurbanizowanych wystąpiła w latach 2010-2020, kiedy terenów rolniczych ubyło o ponad 520 ha.

Zmiany pokrycia i użytkowania gruntów

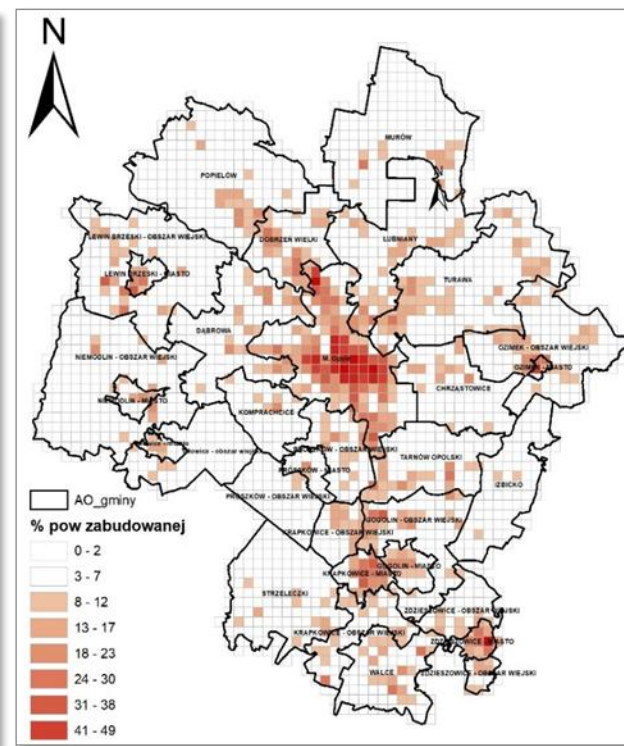
Koncentracja terenów rolniczych i zurbanizowanych w Aglomeracji Opolskiej



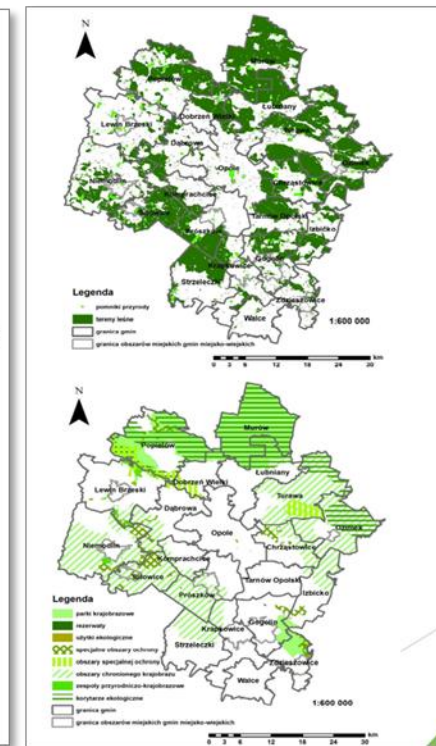
Rys. Kompozycja RGB, RapidEye 2018
Źródło: opracowanie własne



Rys. Formy użytkowania, RapidEye 2018
Źródło: opracowanie własne



Rys. Gęstość terenów zurbanizowanych,
RapidEye 2018, grid 1 km x 1 km
Źródło: opracowanie własne



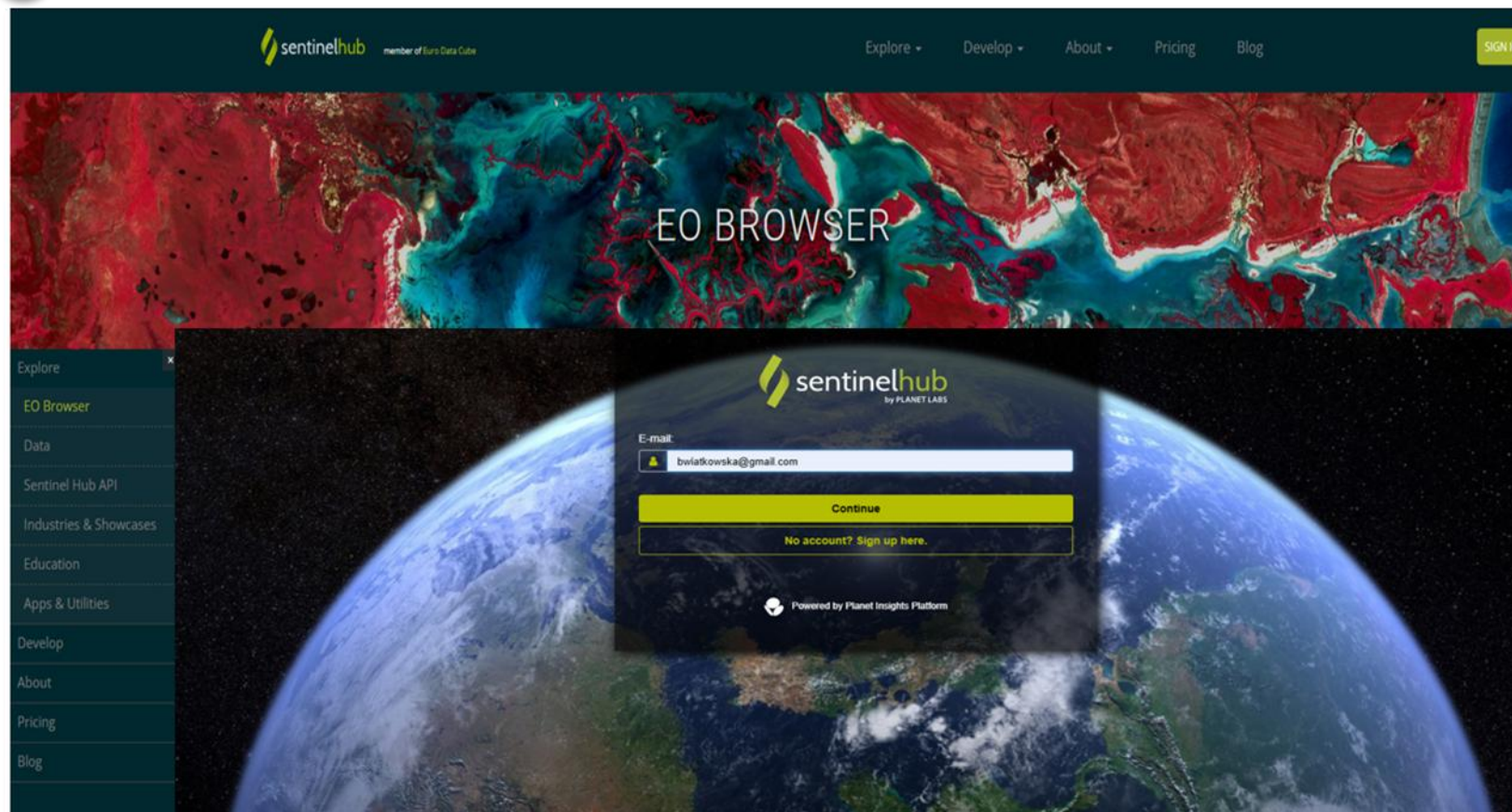
Rys. Formy ochrony przyrody,
RapidEye 2018
Źródło: opracowanie własne

Przetwarzanie wielospektralnych zobrażeń wykonano dla gmin wchodzących w skład AO tj. ok. 2370 km², wykorzystanie zobrażeń satelitarnych o tak dużym zasięgu przynosi korzyści w zakresie ograniczania kosztów oraz czasu badania.

Earth Observation (EO) Browser, European Space Agency (ESA) - aktualne i archiwalne zobrażenia satelitarne



Przykład aplikacji dedykowanej m.in. rolniczej przestrzeni produkcyjnej



The Sentinels



Landsat Collections



Commercial Collections



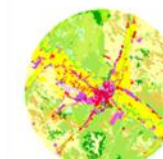
DEM



ENVISAT



MODIS



Copernicus services

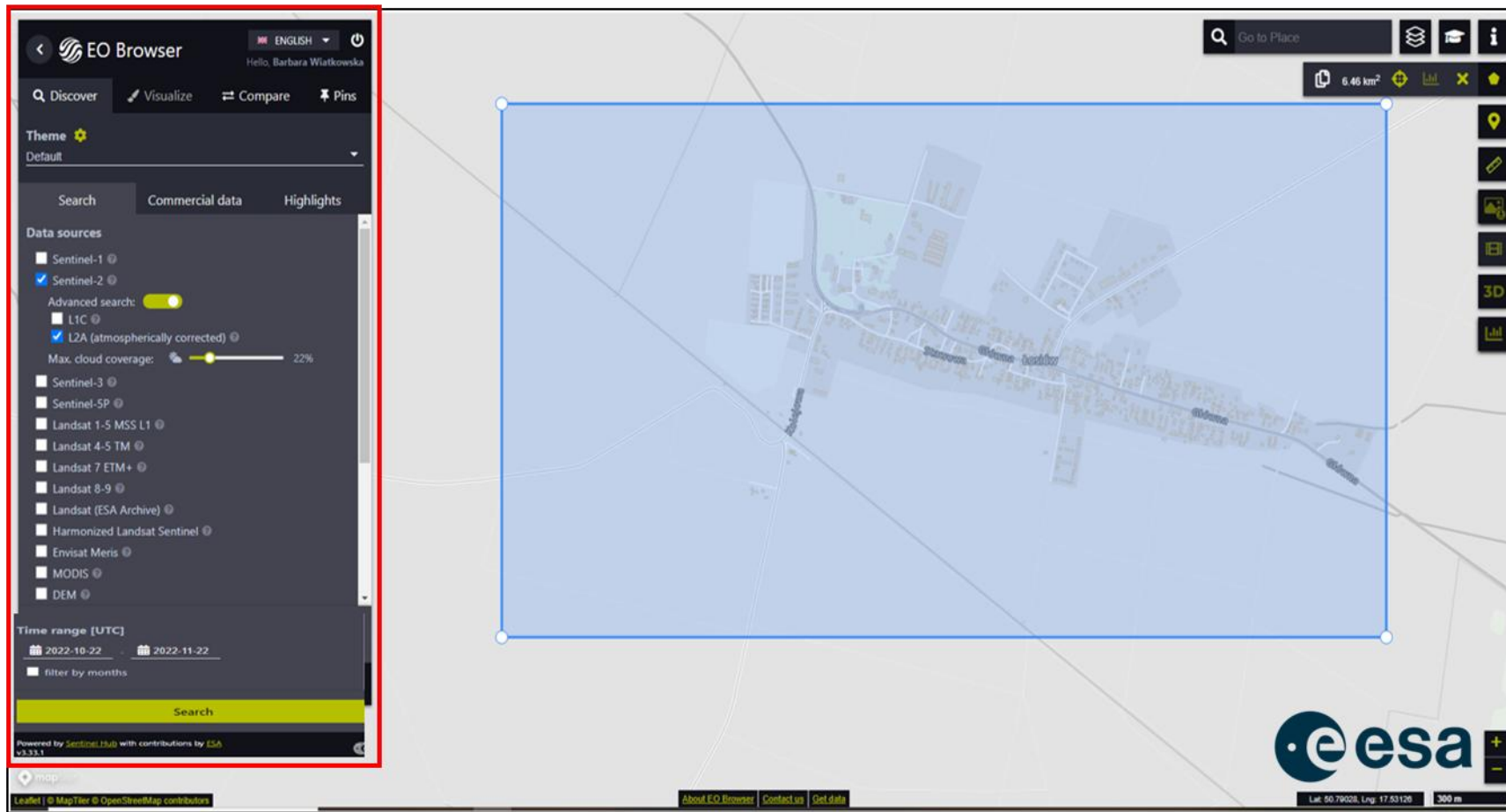


Other Public Collections

EO Browser -> przeglądarka danych z obserwacji Ziemi, aplikacja internetowa Europejskiej Agencji Kosmicznej do wyszukiwania, przeglądania i analizy aktualnych oraz archiwalnych obrazów satelitarnych w pełnej rozdzielczości: **Landsat 5/7/8/9**, **Sentinel-1/2/3/5P**, **MODIS**. Prezentuje dane w pełnej rozdzielczości, po zalogowaniu się dostępne są dodatkowe funkcje.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym: <http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

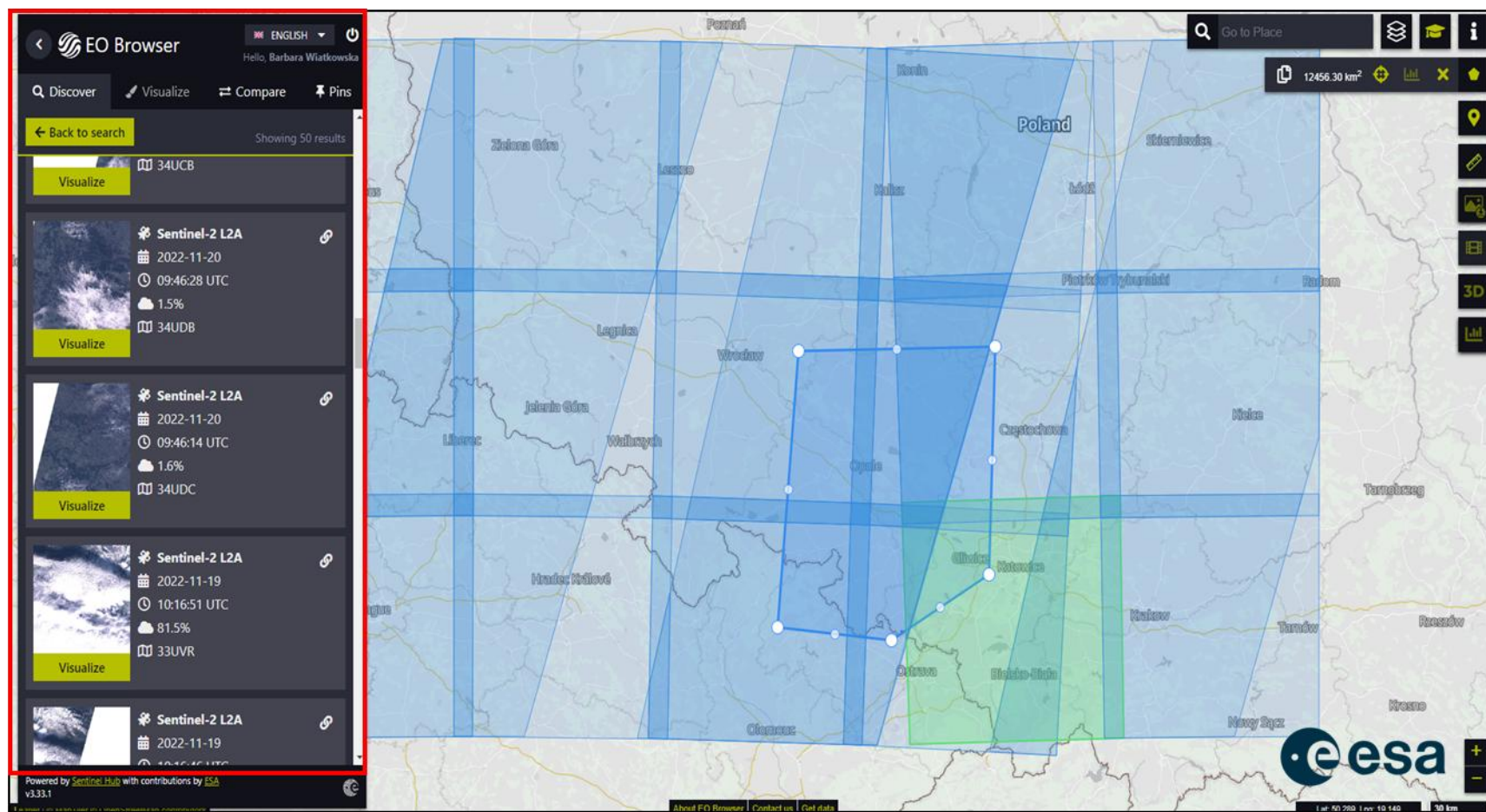


Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym <http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Źródło: opracowanie własne

Aplikacja EO Browser posiada menu główne znajdujące się z lewej strony okna. Aby wyszukać dostępne obrazy dla obszaru zainteresowania należy ustawić zasięg mapy w głównym oknie na właściwy teren, a następnie określić pozostałe kryteria wyszukiwania. tj. datę pozyskania obrazu oraz poziomem zachmurzenia danej sceny satelitarnej, wybór przedziału czasowego.

Earth Observation (EO) Browser, European Space Agency (ESA) - aktualne i archiwalne zobrazowania satelitarne



Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym <http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Źródło: opracowanie własne

Z lewej strony menu głównego, w głównym oknie mapy, pojawia się lista wszystkich dostępnych zobrazowań w postaci zasięgów scen satelitarnych z ich podglądami oraz podstawowymi danymi tj. datą i godziną pozyskania obrazu oraz poziomem zachmurzenia danej sceny satelitarnej.

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)



Kompozyt prawdziwego koloru w oparciu o pasma: 4, 3, 2 pochodzące z satelity Sentinel 2

Domyślnie, zobrazowanie wyświetlane jest w barwach naturalnych (wykorzystuje widzialne pasma światła czerwonego, zielonego i niebieskiego).

Kompozycja w barwach naturalnych pozwala na odwzorowanie pokrycia terenu w barwach zbliżonych do barw rzeczywistych, czyli takich jakie postrzega ludzkie oko. Roślinność przedstawiana jest na zielono, gleba w odcieniach beży, brązów, woda ma odcień ciemnoniebieski w zależności od stopnia czystości.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym
<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)



Kompozyt fałszywego koloru CIR w oparciu o pasma: 8, 4, 3 pochodzące z satelity Sentinel 2

Kompozyt fałszywego koloru, wykorzystujący pasma bliskiej podczerwieni, czerwieni i zieleni. Jest najczęściej używany do oceny gęstości i zdrowia roślin.

Dzięki wykorzystaniu pasma bliskiej podczerwieni, szczególnie dobrze odbija się chlorofil. Dlatego na obrazie w kolorowej podczerwieni gęstsza roślinność jest czerwona, obszary miejskie są białe. Kompozycja ta pozwala również odróżnić drzewa liściaste od drzew iglastych. Łąki przyjmują odcienie różu, odkryta gleba na polach uprawnych odcienie niebieskiego, a woda przybiera barwę czarną.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym

<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)



Kompozyt fałszywego koloru SWIR w oparciu o pasma: 12, 8A, 4 pochodzące z satelity Sentinel 2

Kompozyt fałszywego koloru, wykorzystujący pasma bliskiej podczerwieni, krótkiej podczerwieni i czerwieni. Jest najczęściej używany do szacowania ile wody jest obecne w roślinach i glebie, ponieważ woda absorbuje długości fal SWIR.

Na tym kompozycie roślinność występuje w odcieniach zieleni, ciemniejsze odcienie zieleni wskazują na gęstsza roślinność, gleby i obszary zabudowane są w różnych odcieniach brązu, a woda czarna.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym
<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

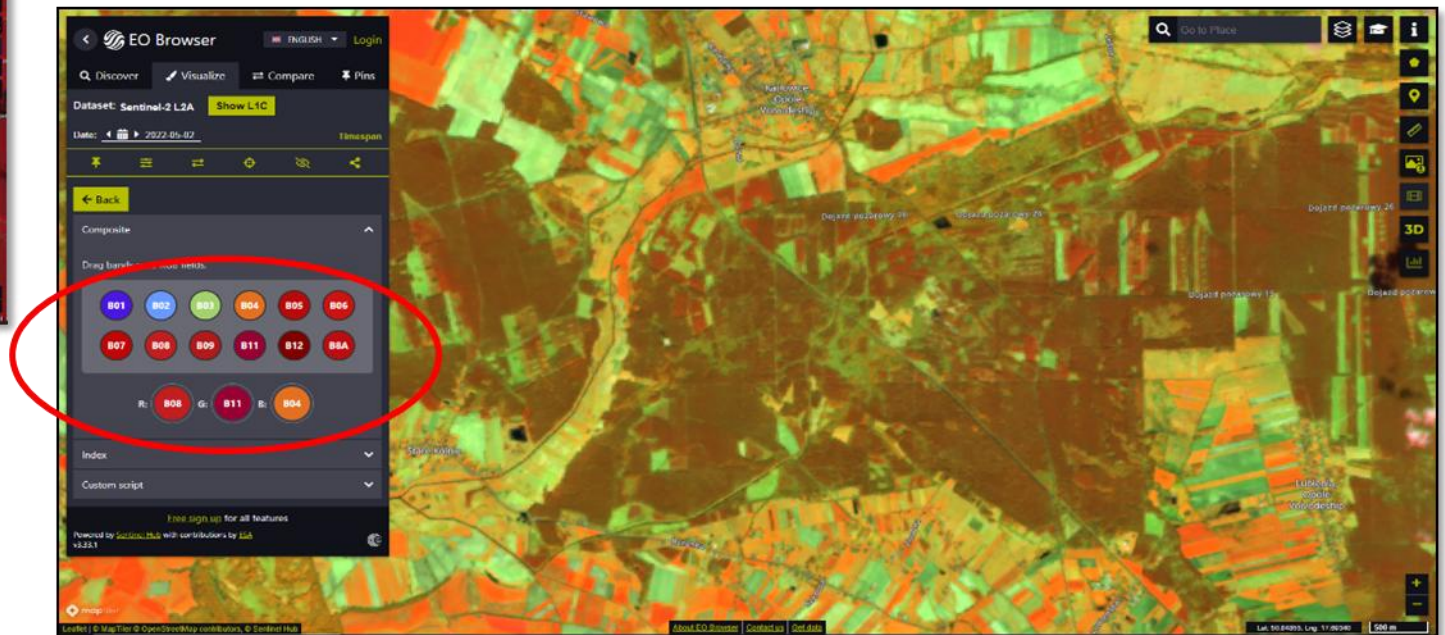
Własne kompozycje spektralne

Można również użyć własnej kompozycji barwnej. Po wybraniu Custom pojawia się okno wyboru kanałów spektralnych. Przez wskazanie trzech kanałów można stworzyć w tej aplikacji inną niż domyślne kompozycję barwną. Przykładowo, na obrazie Sentinel-2 mogą to być kolejno kanały 8, 11 i 4.

Taka kombinacja pozwala na lepsze rozróżnienie różnych form pokrycia terenu. Lasy iglaste mają barwę ciemnozieloną z odcieniem pomarańczowego, lasy liściaste zielono-pomarańczową, odkryte grunty są seledynowe, zabudowa niebiesko-fioletowa.



Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym
<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

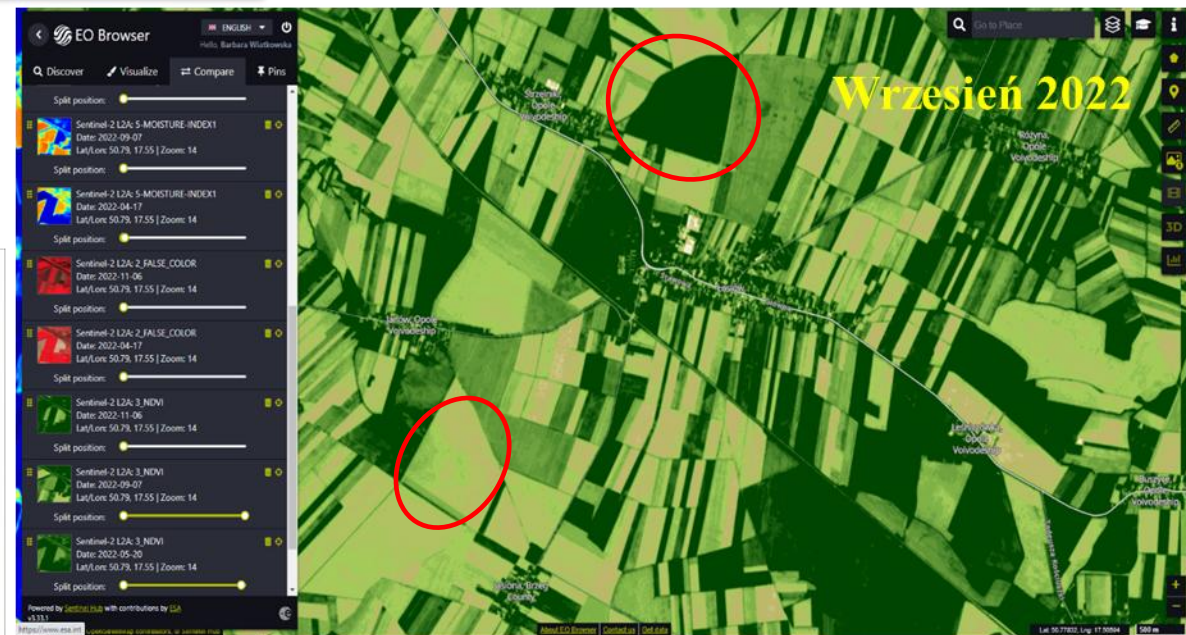
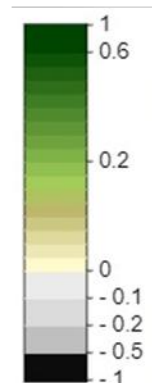


Wskaźnik Wegetacji (NDVI) w oparciu o pasma: $(B8 - B4)/(B8 + B4)$ pochodzące z satelity Sentinel 2

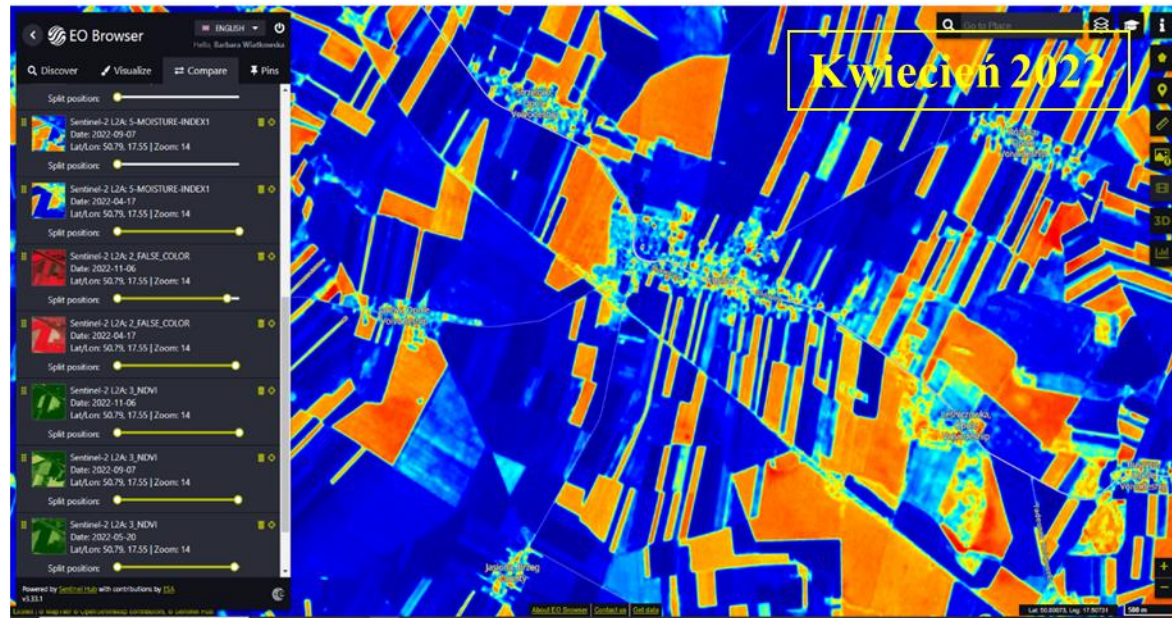
Wskaźnik wykorzystujący pasma bliskiej podczerwieni i czerwieni. Służącym do ilościowego określania stanu rozwoju i kondycji roślin. Wskazuje stan zdrowia roślin w oparciu o sposób, zakres wartości NDVI wynosi od -1 do 1.

Im wyższa wartość tego indeksu tym większa w danym miejscu biomasa. Wartości ujemne odpowiadają terenom pozbawionym roślinności-odkrytej, glebie, wodzie, terenom wybetonowanym, itp.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym
<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

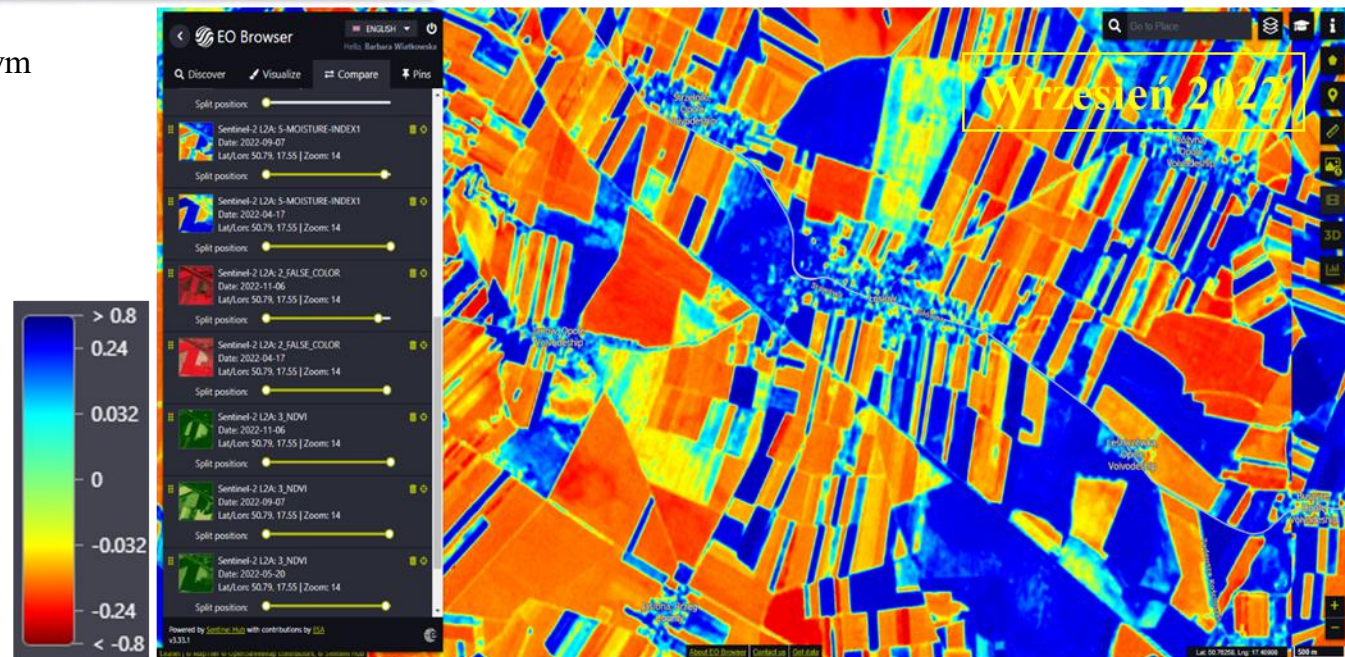


Wskaźnik Wilgotności (NDWI) w oparciu o pasma:
 $(B8A - B11) / (B8A + B11)$ pochodzące z satelity Sentinel 2

Wskaźnik wykorzystujący pasma bliskiej podczerwieni i krótkiej podczerwieni. Służącym do ilościowego określania zawartości wody w roślinności i monitorowania suszy, określa stres wodny roślin.

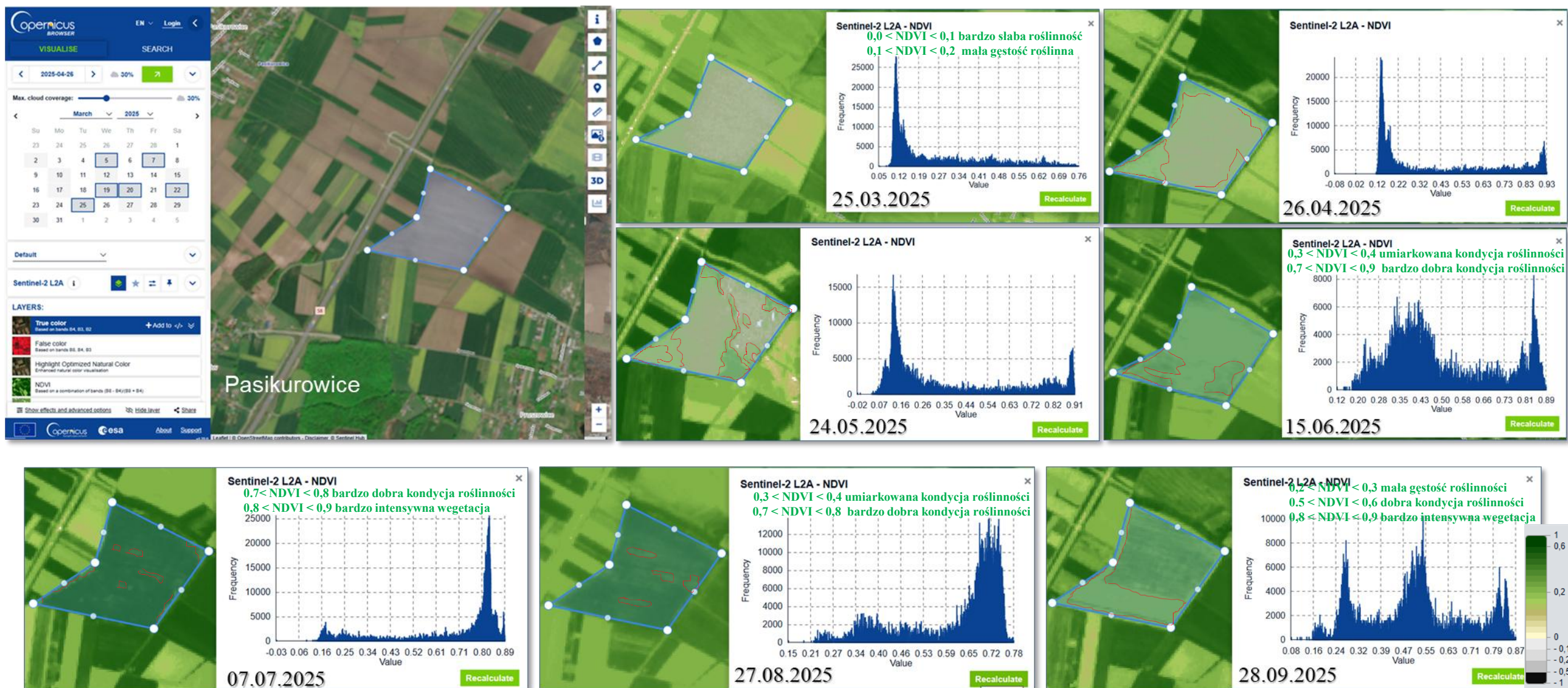
Zakres wartości NDWI wynosi od -1 do 1. Bardziej wilgotna roślinność ma wyższe wartości. Ale niższe wartości indeksu wilgotności sugerują, że rośliny są w stresie z powodu niewystarczającej wilgotności.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym
<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
Źródło: opracowanie własne



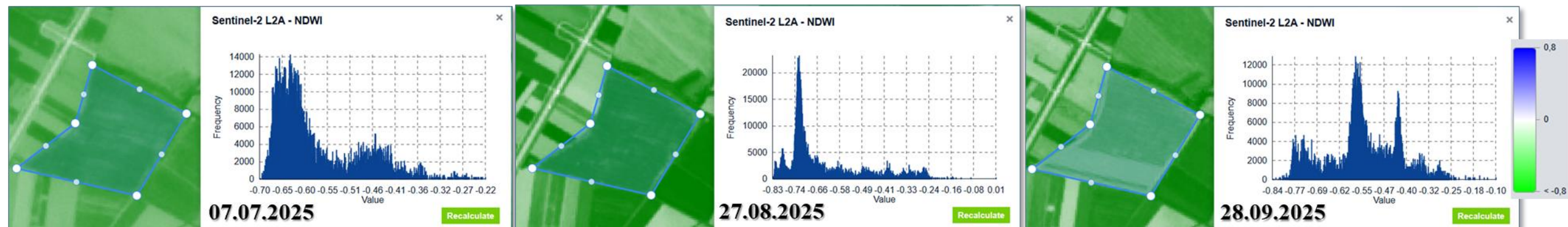
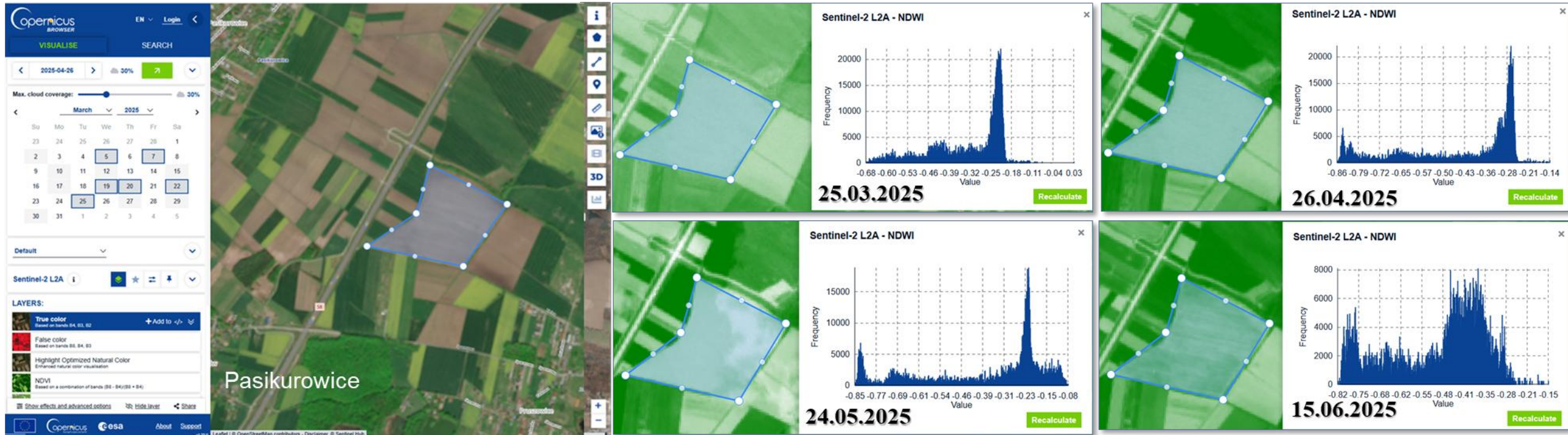
Analiza przestrzenno- czasowych zmian wskaźnika NDVI, Przykład aplikacji Copernicus Browser (ESA)

Wskaźnik wegetacji



Analiza przestrzenno- czasowych zmian wskaźnika NDWI, Przykład aplikacji Copernicus Browser (ESA)

Wskaźnik wilgotności



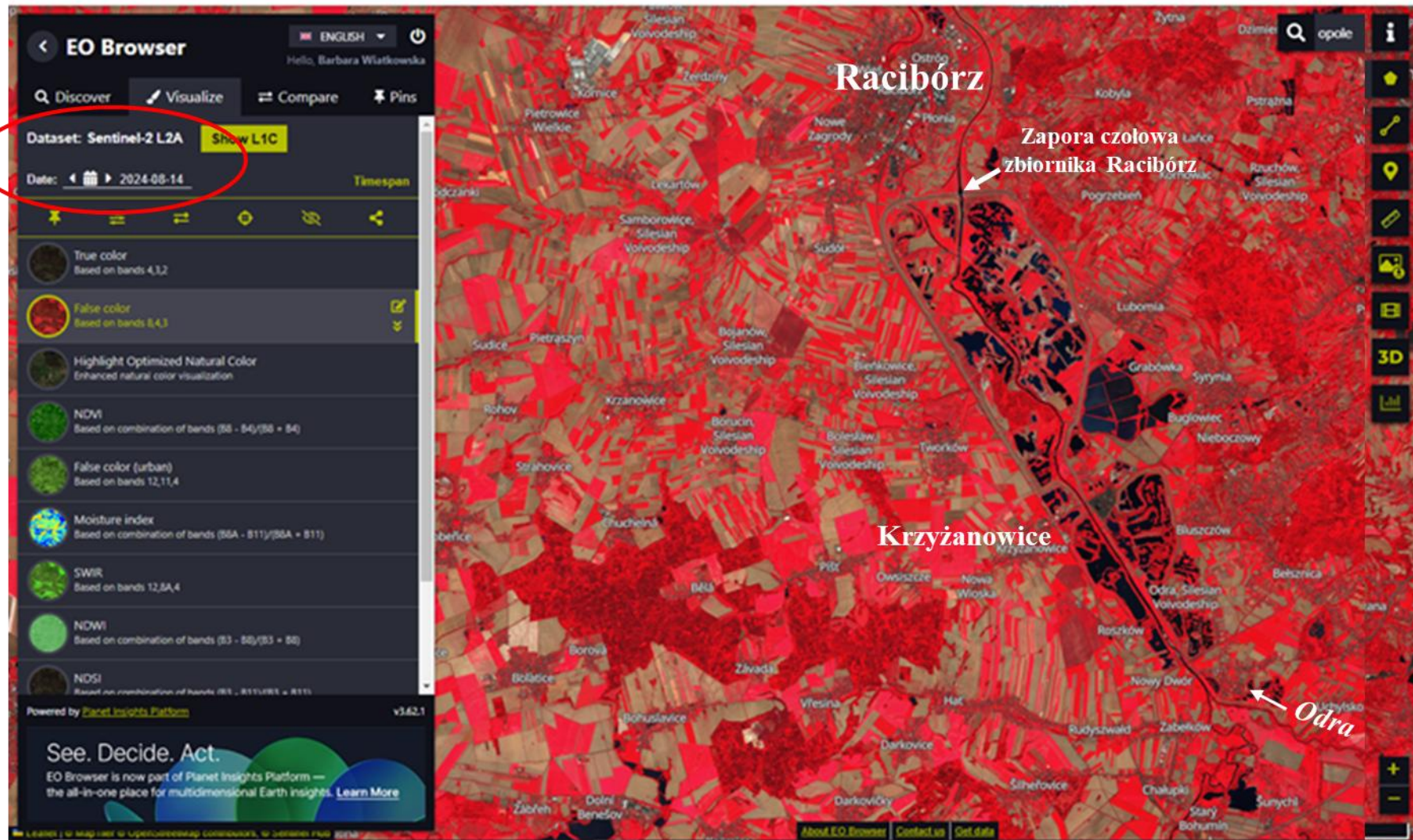
Wartości dla zbiorników wodnych są większe niż 0,5. Roślinność ma niższe wartości. Obiekty zabudowane mają wartości dodatnie od 0 do 0,2.

Aplikacja dostępna jest pod adresem internetowym <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

Suchy zbiornik Racibórz Dolny na Odrze, sierpień 2024 r.



Rys. Kompozycja barwna CIR (Color Infra Red) z wykorzystaniem kanału bliskiej podczerwieni (NIR) niewidzialnej dla oka ludzkiego

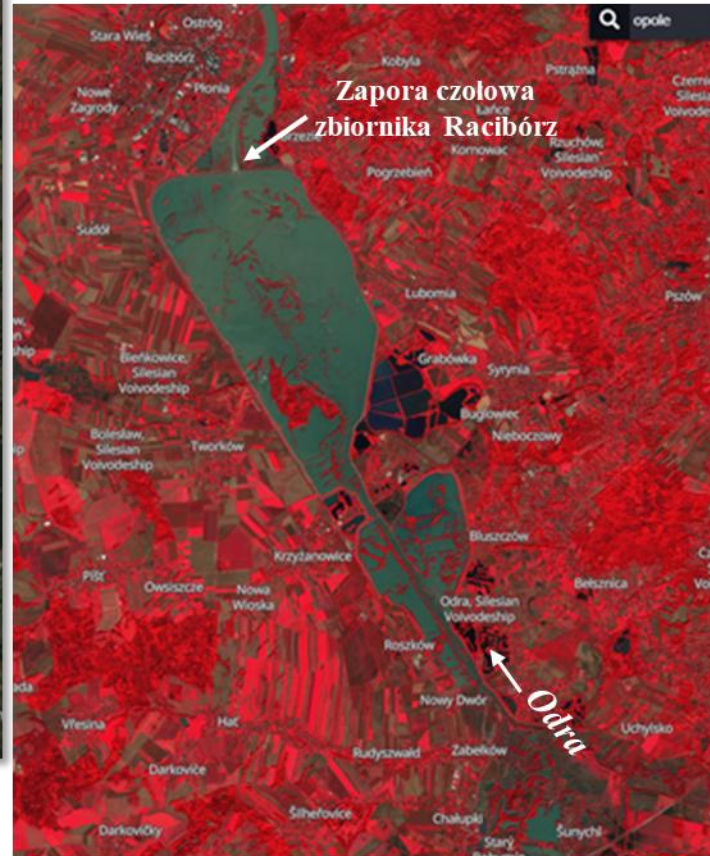
Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

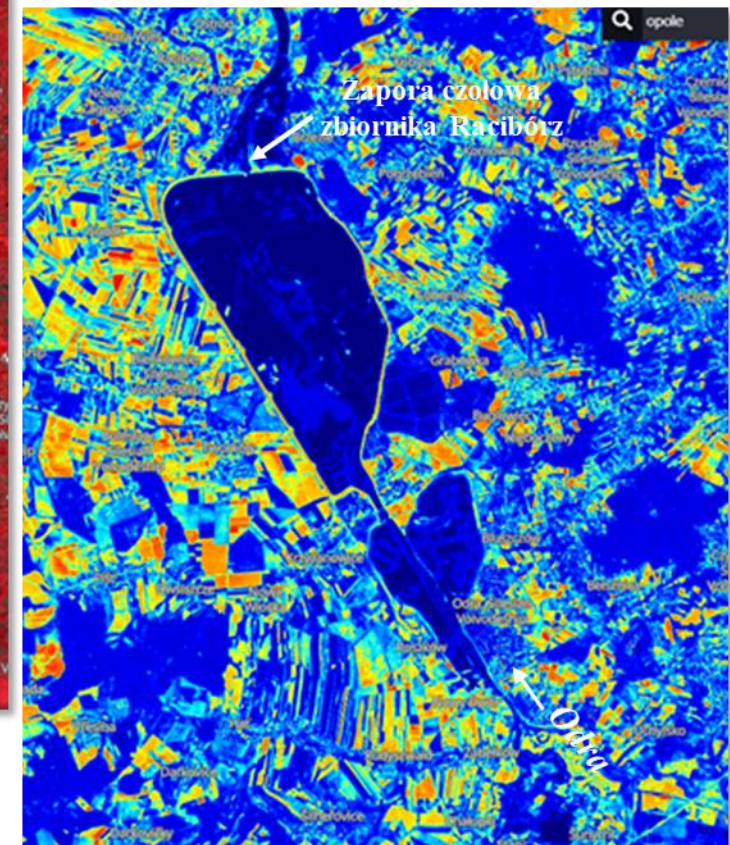
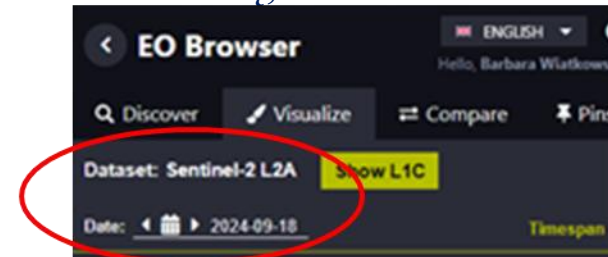
Zbiornik Racibórz Dolny piętrzący wody Odry, przechwytuje falę wezbraniową, 18.09.2024



Rys. Kompozycja w barwach naturalnych RGB
Źródło: opracowanie własne

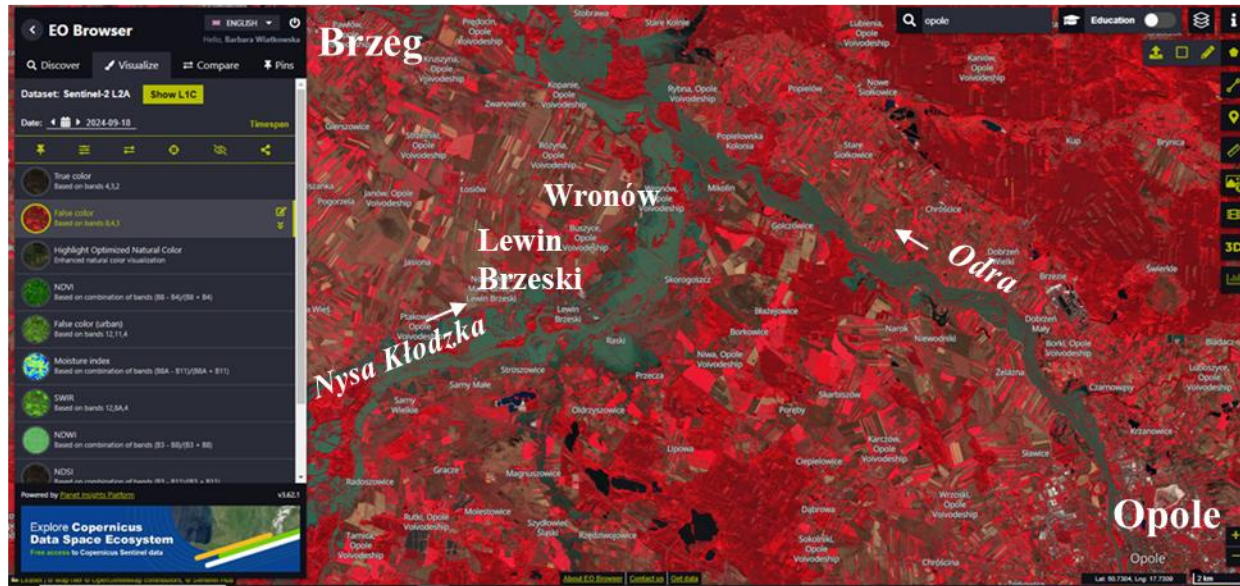


Rys. Kompozycja barwna CIR
Źródło: opracowanie własne



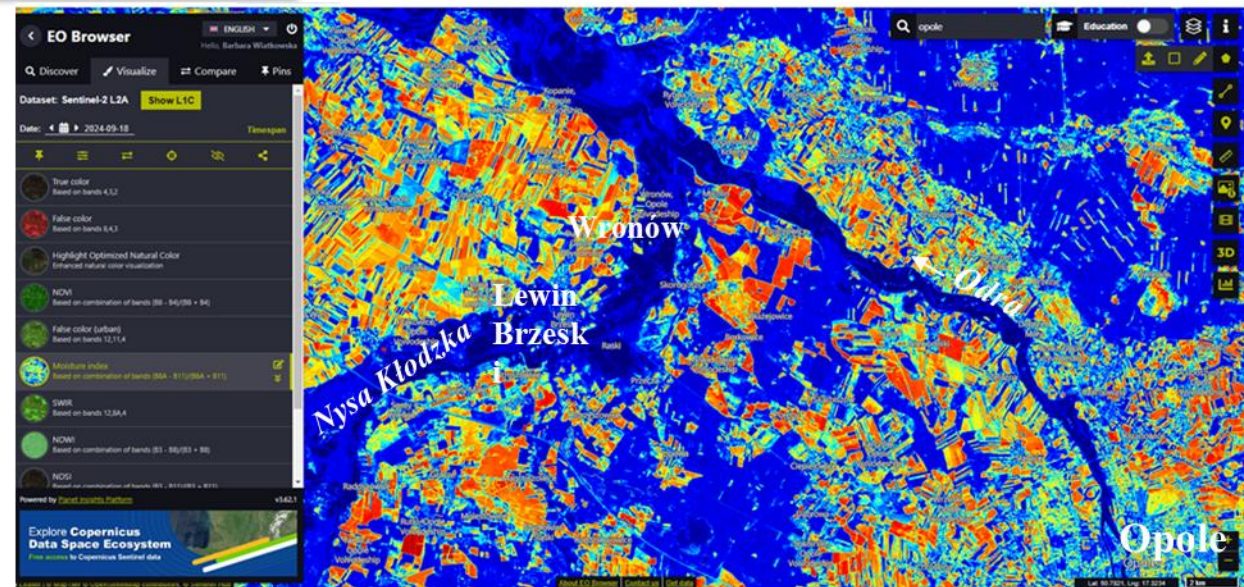
Rys. Indeks wilgotności (NDMI)
Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)



Rys. Kompozycja barwna CIR
Źródło: opracowanie własne

Wezbranie powodziowe na Nysie Kłodzkiej,
18.09.2024



Rys. Indeks wilgotności (NDMI)
Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

a) Stan hydrologiczny przed wezbraniem powodziowym na Nysie Kłodzkiej

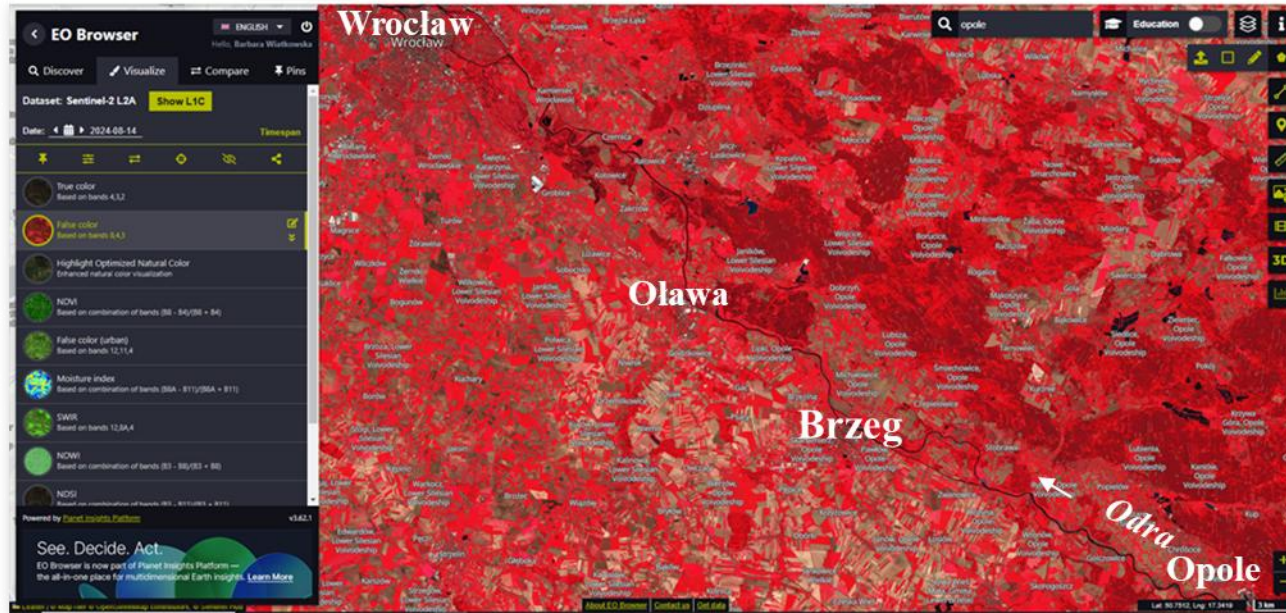


b) Stan hydrologiczny po wezbraniu powodziowym na Nysie Kłodzkiej



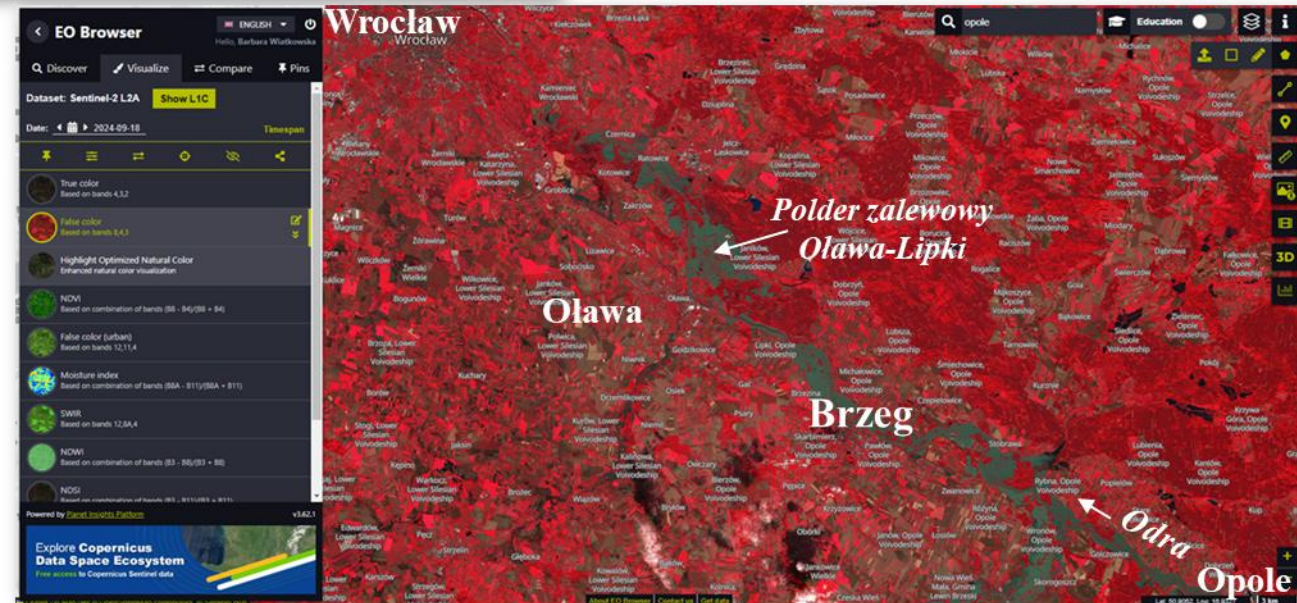
Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)

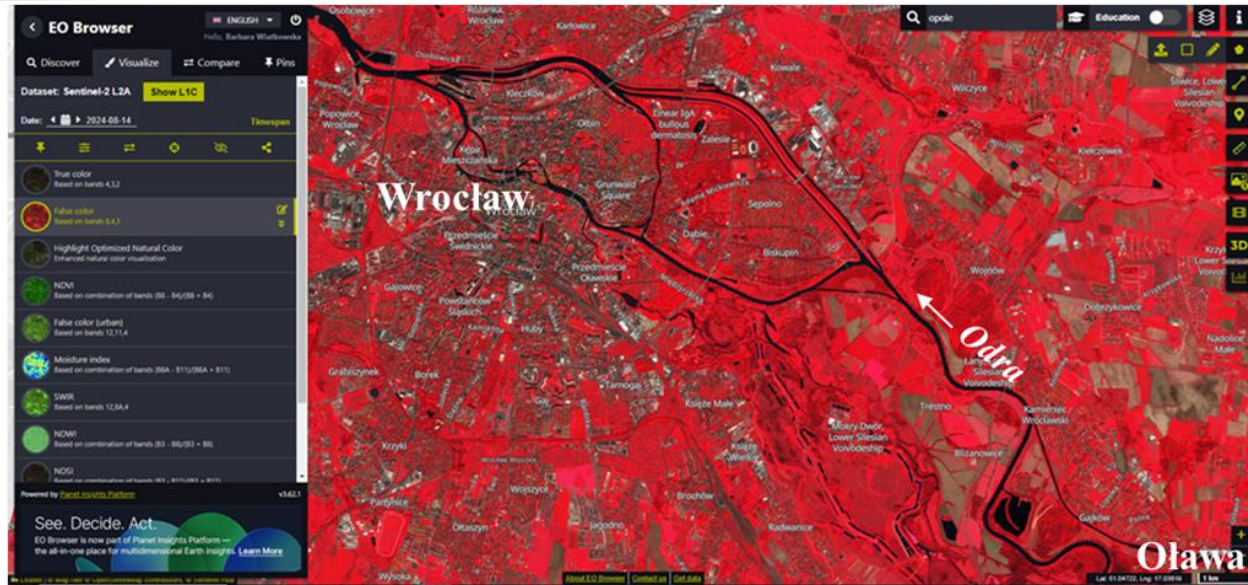


Wezbranie powodziowe na Odrze,
18.09.2024

Rys. Kompozycja barwna CIR
Źródło: opracowanie własne



Przykład aplikacji EO Browser (European Space Agency, ESA)



Wezbranie powodziowe na Odrze,
21.09.2024

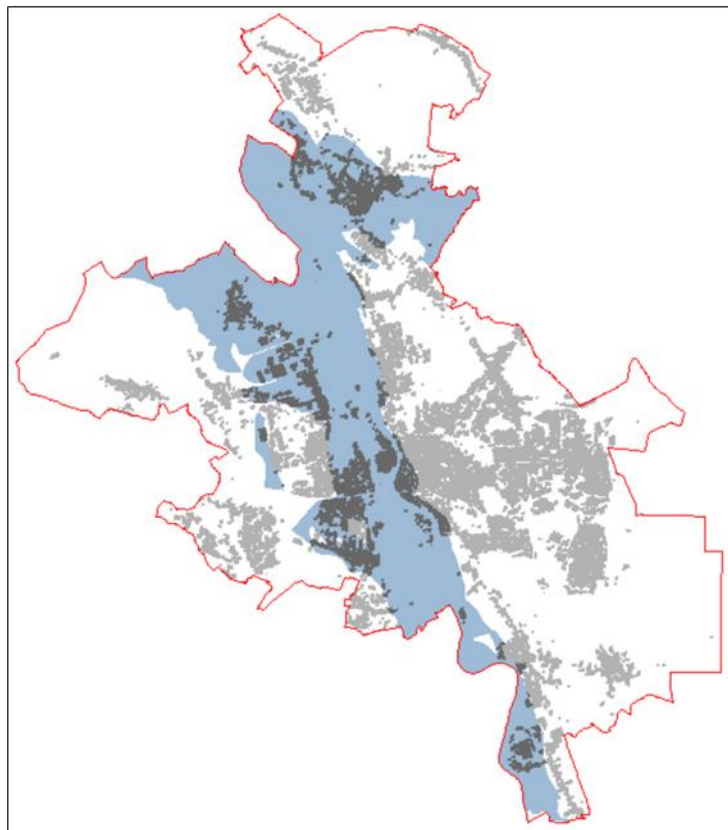


Kompozycja barwna - 3 kanały spektralne Landsat 8
Źródło: opracowanie własne

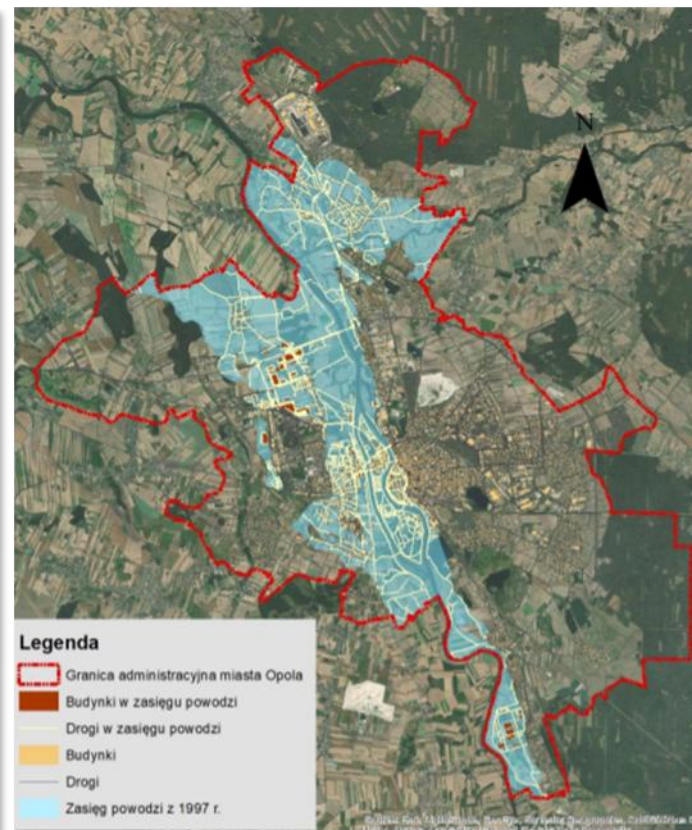


Źródło: opracowanie własne

Opracowanie zasięgu powodzi w 1997 na podstawie zobrazowań satelitarnych



Rys. Zasięg powodzi w 1997 r.
na tle aktualnego zagospodarowania terenu
Źródło: opracowanie własne



Rys. Aktualny stan budynków i dróg
w zasięgu powodzi z 1997
Źródło: opracowanie własne

Tab. Straty dla form użytkowania terenu w granicach
zagrożenia powodziowego Q0,2%

Scenariusz powodzi Q0,2%	Straty [zł]	Powierzchnia [m ²]	Pow. terenu zagrożonego powodzią [%]
Tereny mieszkaniowe	77 935 953,00	421 555,53	2,52
Tereny przemysłowe	10 940 450,00	35 814,02	0,21
Tereny komunikacyjne	6 991 119,00	105 370,94	0,63
Lasy	413,00	10 060,03	0,06
Tereny rekreacyjne	2 705 313,00	338 163,84	2,02
Grunty rolne i uprawy trwałe	5 117 651,00	11 971 725,29	71,63
Użytki zielone	296 777,00	2 915 069,26	17,44

Źródło: opracowanie własne



[O POLSA](#) [O NSIS](#) [AKTUALNOŚCI](#) [PORTAL NSIS](#) [RYNEK USŁUG](#) [BAZA WIEDZY](#) [SZKOLENIA](#) [KPO](#) [NSIS EDU](#)

[Q](#) [PL](#) | [EN](#)  



PORTAL NSIS

[Strona główna](#) | [Portal NSIS](#) [Wróć](#)



Polska Agencja Kosmiczna

Portal NSIS

Narodowy System Informacji Satelitarnej

Portal NSIS stanowi narzędzie służące do wykonywania podstawowych analiz przestrzennych na produktach satelitarnych. Portal umożliwia także wykorzystanie danych z zewnętrznych platform i serwisów, które udostępniają swoje zasoby.



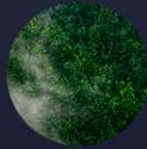
ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENI

Kompozycja gromadzi dane związane z użytkowaniem i pokryciem terenu w szczególności dla potrzeb, planowania i zagospodarowania przestrzennego. Zdefiniowane(...) [Czytaj więcej.](#)



ROLNICTWO

Dane w kompozycji mapowej rolnictwo dostarczają cenne informacje na temat procesów fizycznych i biologicznych, takich jak wilgotność gleby, wysokości(...) [Czytaj więcej.](#)



LEŚNICTWO

Kompozycja zawiera zestaw serwisów wspierających zarządzanie terenami leśnymi. Daje możliwość oceny zagrożeń naturalnych i antropogenicznych na obszary(...) [Czytaj więcej.](#)

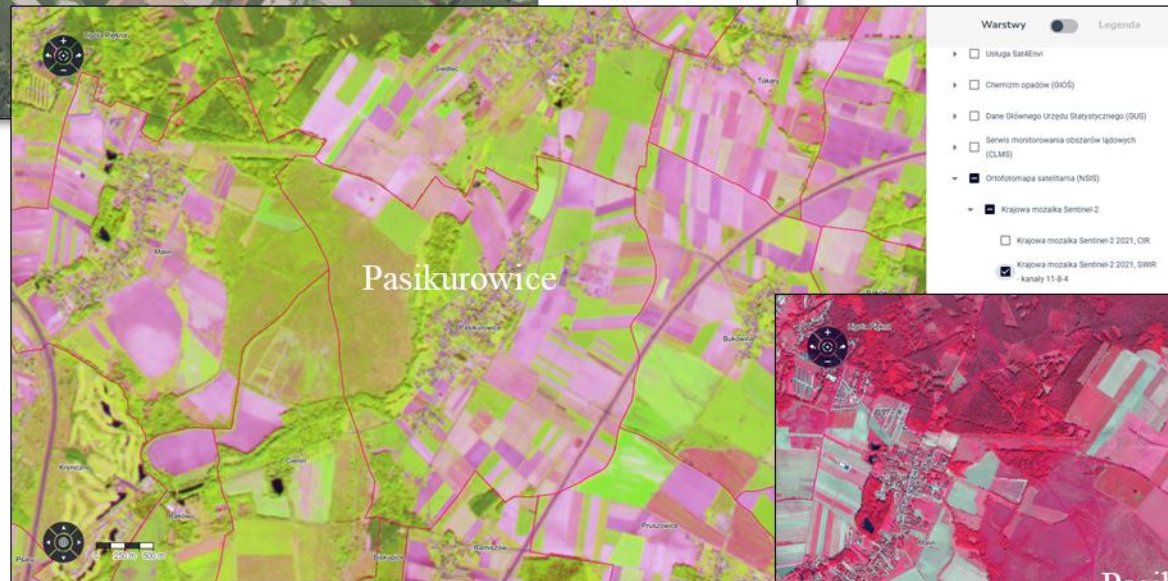
<https://nsisplatforma.polsa.gov.pl/portal-nsis>

Portal NSIS

Narodowy System Informacji Satelitarnej

Portal NSIS stanowi narzędzie służące do wykonywania podstawowych analiz przestrzennych na produktach satelitarnych. Portal umożliwia także wykorzystanie danych z zewnętrznych platform i serwisów, które udostępniają swoje zasoby.

<https://nsisplatforma.polsa.gov.pl/portal-nsis>

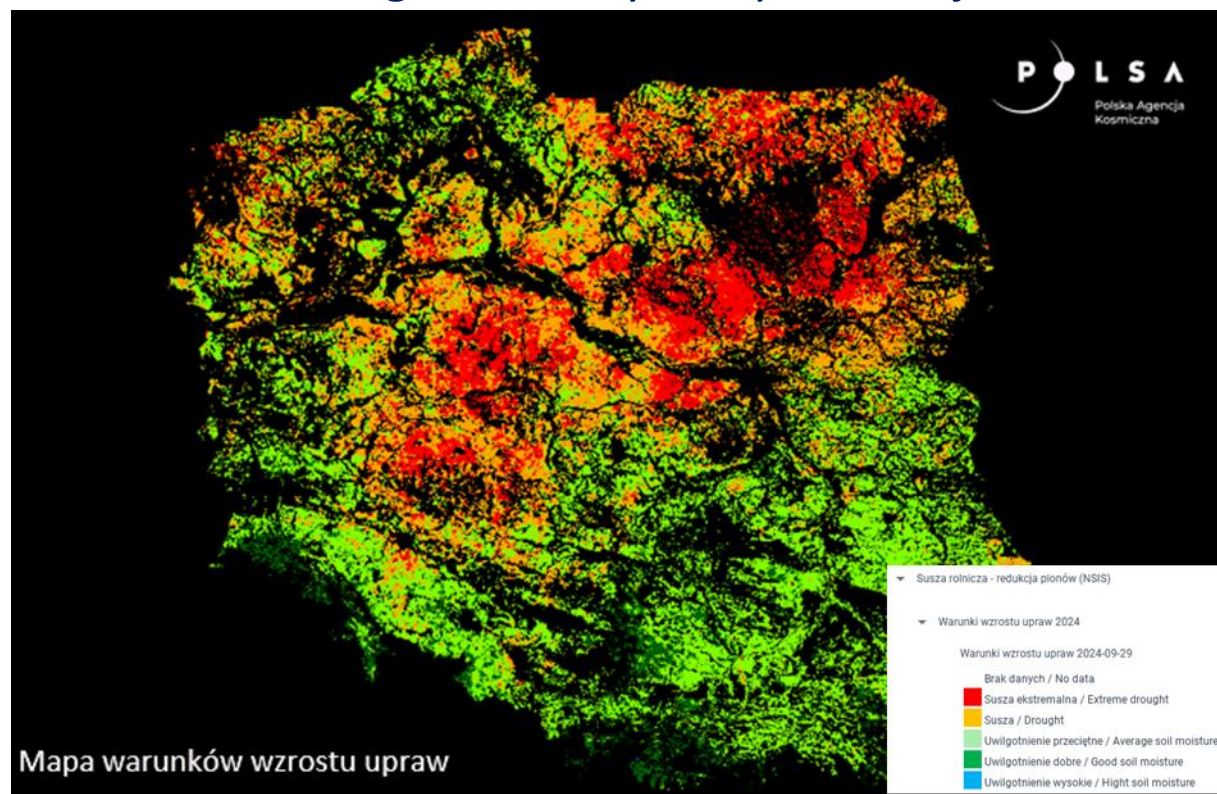


Źródło: opracowanie własne

AKTUALNOŚCI

AKTUALNE MAPY WARUNKÓW WZROSTU UPRAW JUŻ NA NSIS

Monitoring satelitarny suszy rolniczej



Narodowy System Informacji Satelitarnej (NSIS)

<https://nsisplatforma.polsa.gov.pl>

Susza rolnicza - redukcja plonów (NSIS)

Redukcja plonów 2024

- ☒ Redukcja plonów 2024 - zboża ozime
- ☒ Redukcja plonów 2024 - zboża jare
- ☒ Redukcja plonów 2024 - rzepak ozimy
- ☒ Redukcja plonów 2024 - rośliny okopowe
- ☒ Redukcja plonów 2024 - kukurydza

Redukcja plonów 2023

Redukcja plonów 2022

Redukcja plonów 2021

Redukcja plonów 2020

Redukcja plonów 2019

Redukcja plonów 2018

Redukcja plonów 2017

Warunki wzrostu upraw 2024

Warunki wzrostu upraw 2024-09-29

Warunki wzrostu upraw 2024-09-21

Warunki wzrostu upraw 2024-09-13

Warunki wzrostu upraw 2024-09-05

Warunki wzrostu upraw 2024-08-28

Warunki wzrostu upraw 2024-08-20

Warunki wzrostu upraw 2024-08-12

Warunki wzrostu upraw 2024-08-04

Warunki wzrostu upraw 2024-07-27

Warunki wzrostu upraw 2024-07-19

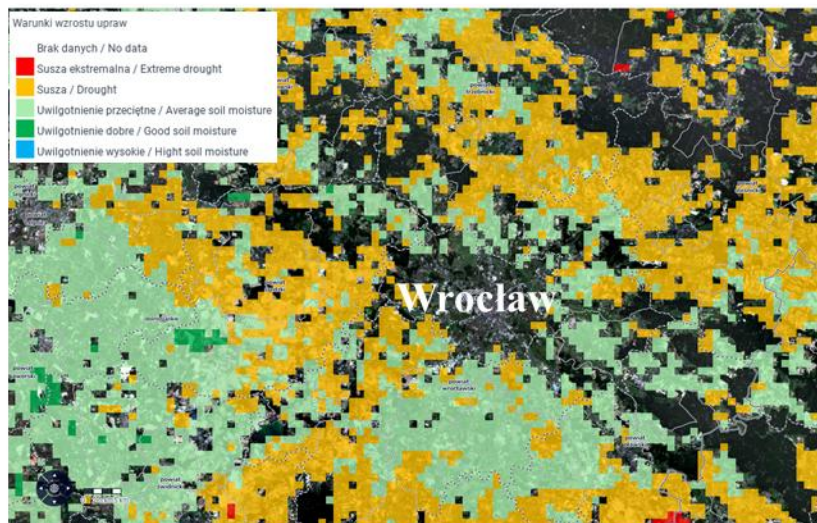
Warunki wzrostu upraw 2024-07-11

Warunki wzrostu upraw 2024-07-03

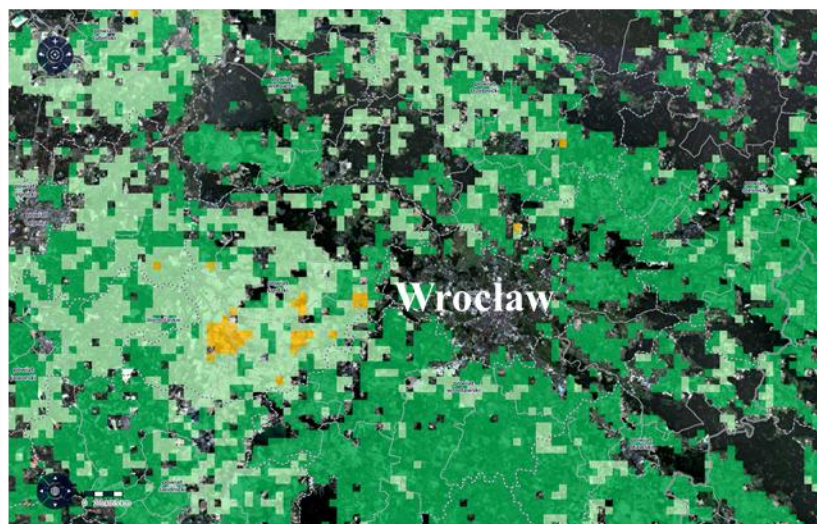
Warunki wzrostu upraw 2024-06-25

Susza rolnicza: redukcja plonów i warunki wzrostu upraw

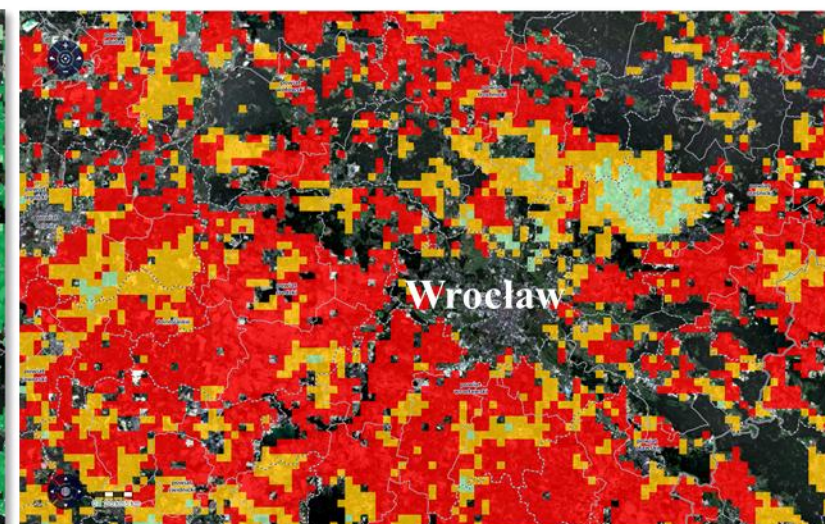
Mapy warunków wzrostu upraw na podstawie Narodowego Systemu Informacji Satelitarnej (NSIS)



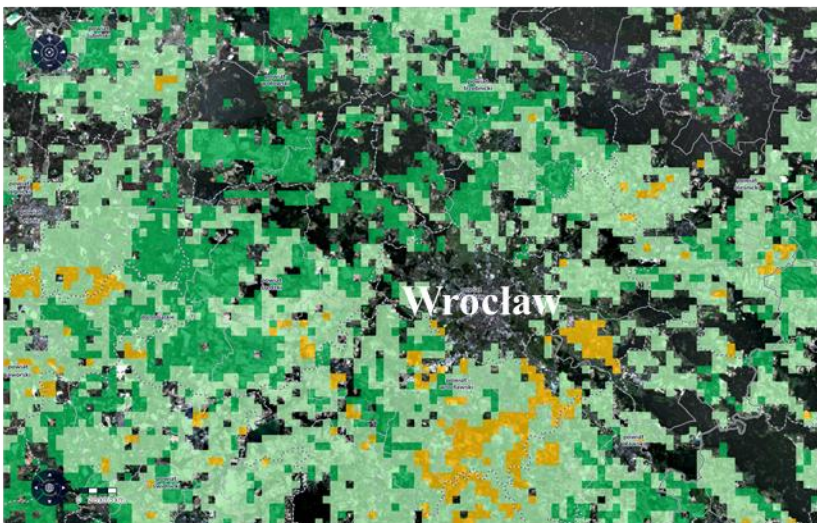
29.03.2024



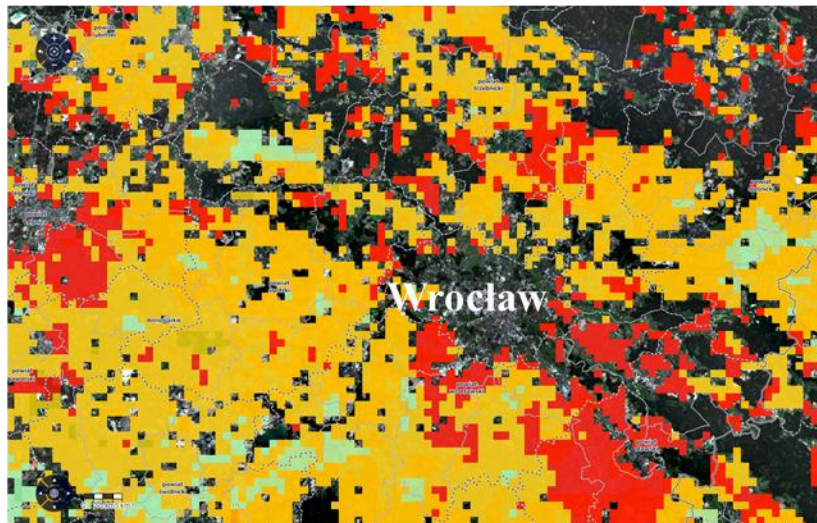
22.04.2024



16.05.2024



04.08.2024



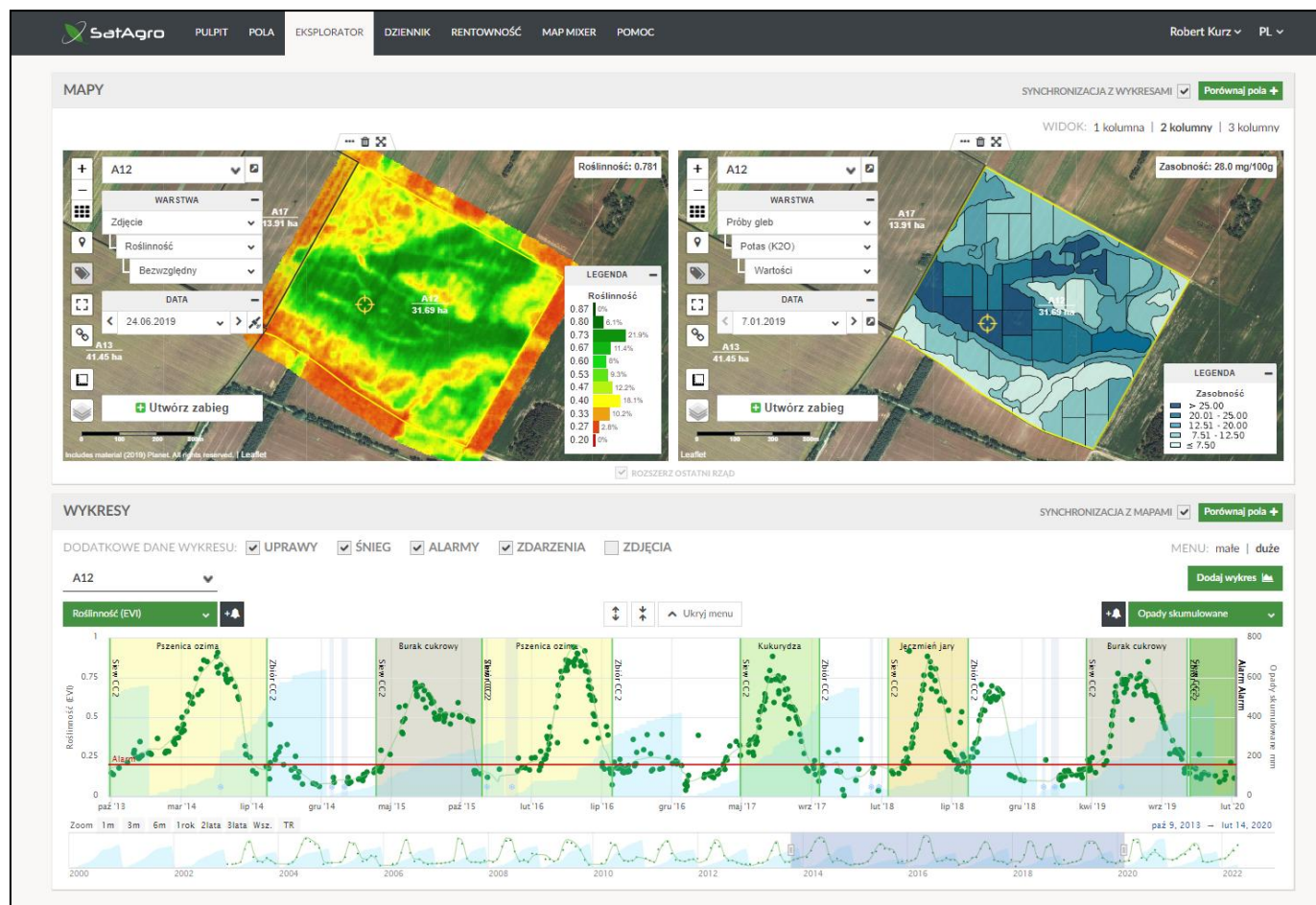
05.09.2024



29.09.2024

Źródło: opracowanie własne

Przykład aplikacji komercyjnej dotyczącej rolniczej przestrzeni – Platforma SatAgro



- Analiza przebiegu kondycji upraw
- Mapa potencjału plonu
- Prognozowanie plonu
- Zapotrzebowanie na azot
- Mapa przebiegu suszy glebowej

Źródło: <https://satagro.pl/blog/>

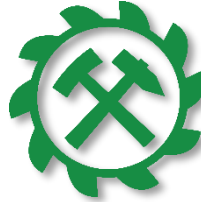
Satelitarny monitoring upraw ułatwia kontrolę ich aktualnego stanu na poszczególnych polach oraz planowanie zabiegów agrotechnicznych. SatAgro to rozbudowane narzędzie, za pomocą którego można kontrolować, analizować i zarządzać swoimi działkami rolnymi. Platforma dostarcza dane, takie jak zdjęcia satelitarne czy składniki pogodowe oraz możliwości śledzenia czasowej ewolucji wskaźników wegetacyjnych uprawy.

Wnioski

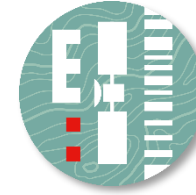
- Ilość i różnorodność danych satelitarnych pozwala na ich zastosowanie w analizach ukierunkowanych na zjawiska związane z rolniczą przestrzenią produkcyjną.
- **Teledetekcja satelitarna w zależności od typu sensora i konstelacji umożliwia obrazowanie w bardzo krótkim czasie zarówno rozległych obszarów jak i pojedynczych działek rolnych/ewidencyjnych.**
- Satelitarne pozyskiwanie informacji o środowisku umożliwia dostęp do aktualnych informacji o kondycji upraw dla nieograniczonego areału pól uprawnych.
- **Szczególne znaczenie w badaniu roślinności mają zobrażenia wykonywane z zakresie pasma czerwonego oraz bliskiej podczerwieni. Składniki roślin, takie jak m.in. chlorofil są dobrymi wskaźnikami kondycji roślinności oraz co najważniejsze, w specyficzny sposób odbijają promieniowanie elektromagnetyczne.**
- Wykorzystanie tych cech roślinności umożliwia przetwarzanie zobrażeń w celu uzyskania konkretnych informacji/wskaźników stanu roślinności, które to umożliwiają określić min. zasobność gleb w składniki odżywcze, dawki nawozów czy ilość wody, którą należy użyć do nawodnienia czy ogólną kondycją roślin.
- **Dla rolnictwa największe znaczenie mają zobrażenia wykonywane z krótkim czasem rewizyty satelity, takie jak np. ogólnodostępne zobrażenia satelitarne Sentinel czy Landsat, które mogą być dodatkowo uzupełnione obrazami wykonywanymi w wysokiej rozdzielczości np. RapidEye.**
- **Aplikacje dedykowane rolnictwu w znacznej mierze ułatwiają i dają rolnikom oraz instytucjom związanym z rolnictwem i obszarami wiejskimi niemal ciągle możliwości monitorowania upraw i zmian zagospodarowania obszarów wiejskich.**
- Tworzone z wykorzystaniem danych satelitarnych zaawansowane produkty wspierają procesy decyzyjne w zakresie ochrony środowiska podejmowane przez administrację publiczną realizującą zadania z obszaru ochrony i kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej/obszarów wiejskich.



**Politechnika
Wrocławska**



**Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii**



**Katedra Geodezji
i Geoinformatyki**

Dziękuję za uwagę

dr inż. Barbara Wiatkowska

Katedra Geodezji i Geoinformatyki
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Politechnika Wrocławska

barbara.wiatkowska@pwr.edu.pl