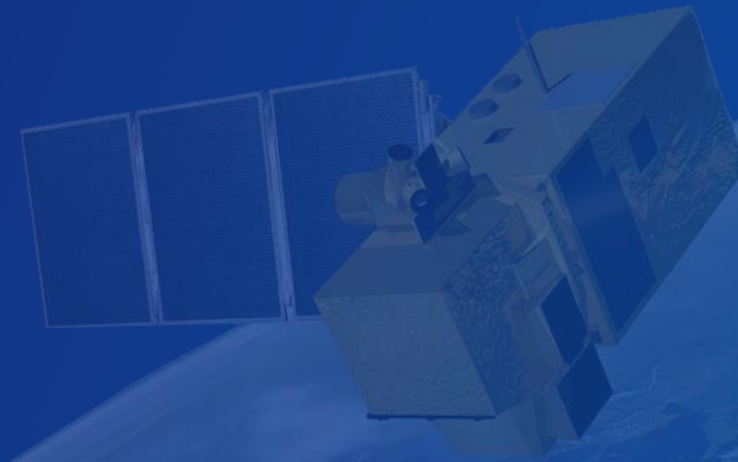


# Przykłady zastosowań obrazów satelitarnych w gospodarce przestrzennej

dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska  
Politechnika Warszawska



# Plan prezentacji

- Możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych w gospodarce przestrzennej.
- Metody analizy i przetwarzania obrazów satelitarnych.
- Przykłady zastosowań w gospodarce przestrzennej.
- Podsumowanie.

- Dane wielospektralne, termalne i radarowe.
- Inwentaryzacja istniejącego lub przeszłego stanu zagospodarowania przestrzennego.
- Aktualizacja baz danych różnego rodzaju, w tym głównie danych przestrzennych.
- Planowanie przestrzenne na podstawie aktualnej informacji o stanie zagospodarowania terenu.
- Monitorowanie stanu środowiska przyrodniczego.
- Analiza zmian w środowisku oraz zagospodarowania terenu.
- Zarządzanie kryzysowe.

Metody jakościowe – polegają na analizie i interpretacji obiektów lub zjawisk zarejestrowanych na obrazie:

- w jednym kanale spektralnym np. panchromatycznym lub bliskiej podczerwieni,
- kompozycji barwnej utworzonej z trzech zakresów spektralnych,
- wielokanałowym z możliwością wizualizacji różnych kanałów, w tym także PCA czy radarowych,
- wynikowym z metod ilościowych.

Istotna rola interpretatora i jego wiedzy.

Metody ilościowe – polegają na przekształceniu obrazu w informację o charakterze tematycznym, jak np.:

- klasyfikacja obrazów wielospektralnych,
- obrazy wskaźnikowe,
- analizy wieloczasowe i detekcja zmian zagospodarowania i użytkowania terenu,
- przetwarzanie obrazów termalnych i obliczanie temperatury powierzchni,
- przetwarzanie obrazów radarowych i wskazanie, m.in. osiadania gruntów, zjawisk lodowych czy zasięgu wody.

Istotna rola metodyki przetwarzania.

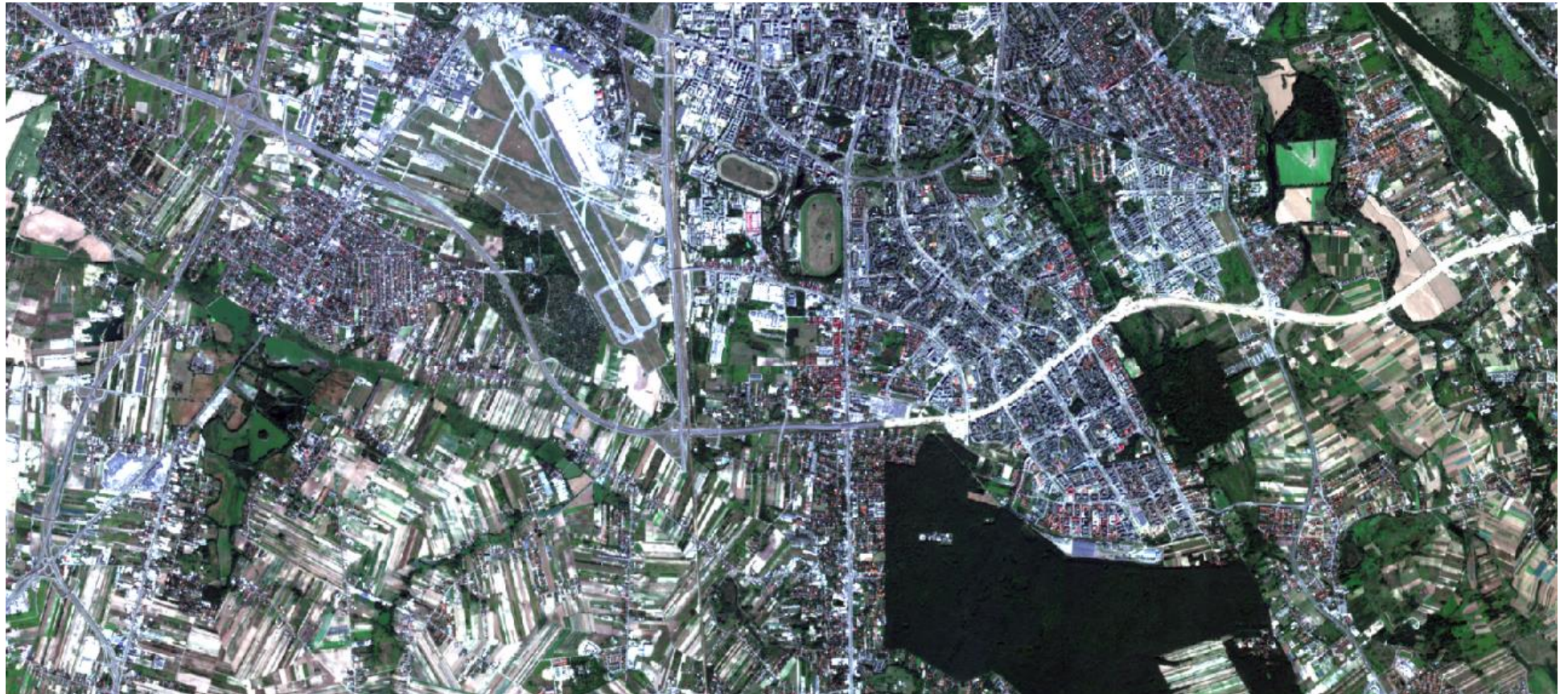
- Kompozycje barwne RGB.
- Mapa podkładowa.
- Aktualizacja bazy danych przestrzennych.
- Rozpoznanie upraw.

Kompozycje barwne RGB Sentinel-2 utworzone dla obszaru południowej części Warszawy (05.09.2019)



Obiekty w barwach zbliżonych do postrzegania ich przez człowieka.

Kompozycja RGB w barwach naturalnych z kanałów B4, B3 i B2 (Sentinel-2, 05.09.2019)





Bardzo dobrze  
wyeksponowana  
roślinność –  
odcienie czerwieni  
i różu.

Kompozycja RGB w barwach fałszywych (CIR) z kanałów B8, B4 i B3 (Sentinel-2, 05.09.2019)



Bardzo dobrze  
wyeksponowana  
infrastruktura  
komunikacyjna  
i tereny  
zabudowane –  
kolor  
ciemnofioletowy.

Kompozycja RGB w barwach umownych z kanałów B4, B8 i B3 (Sentinel-2, 05.09.2019)



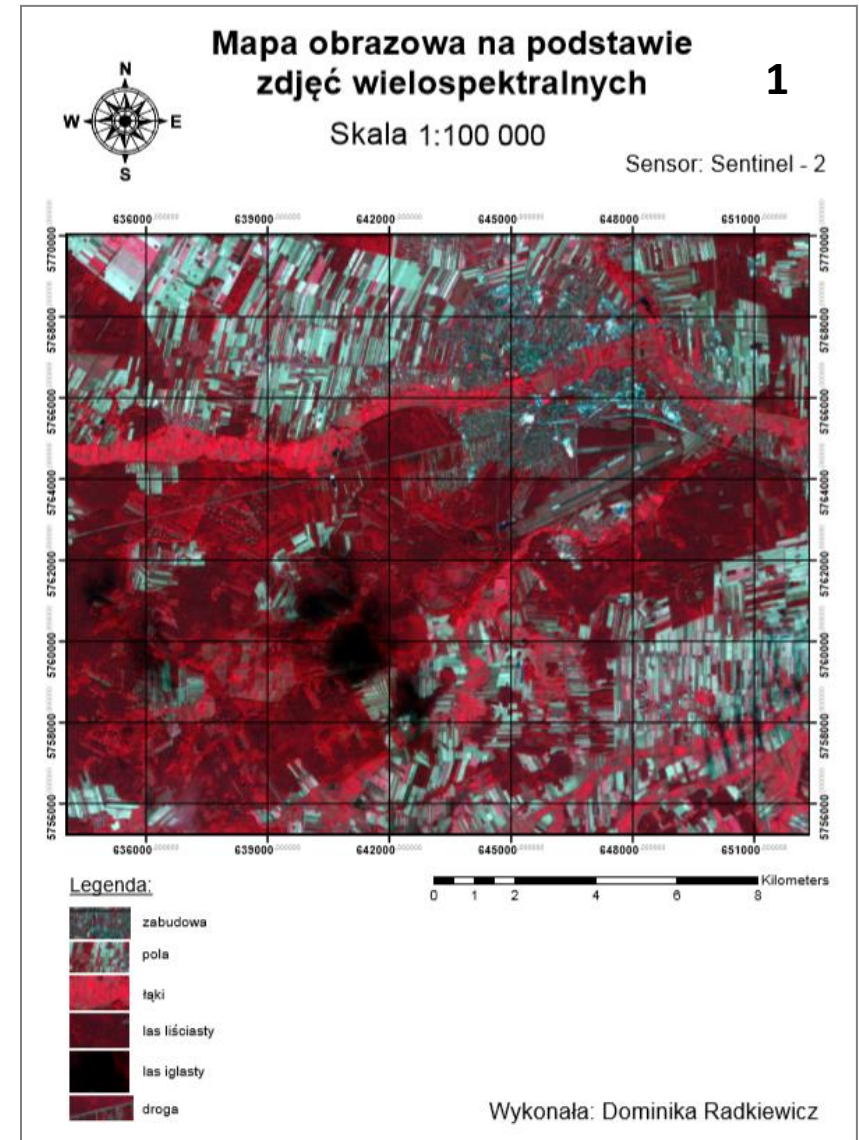
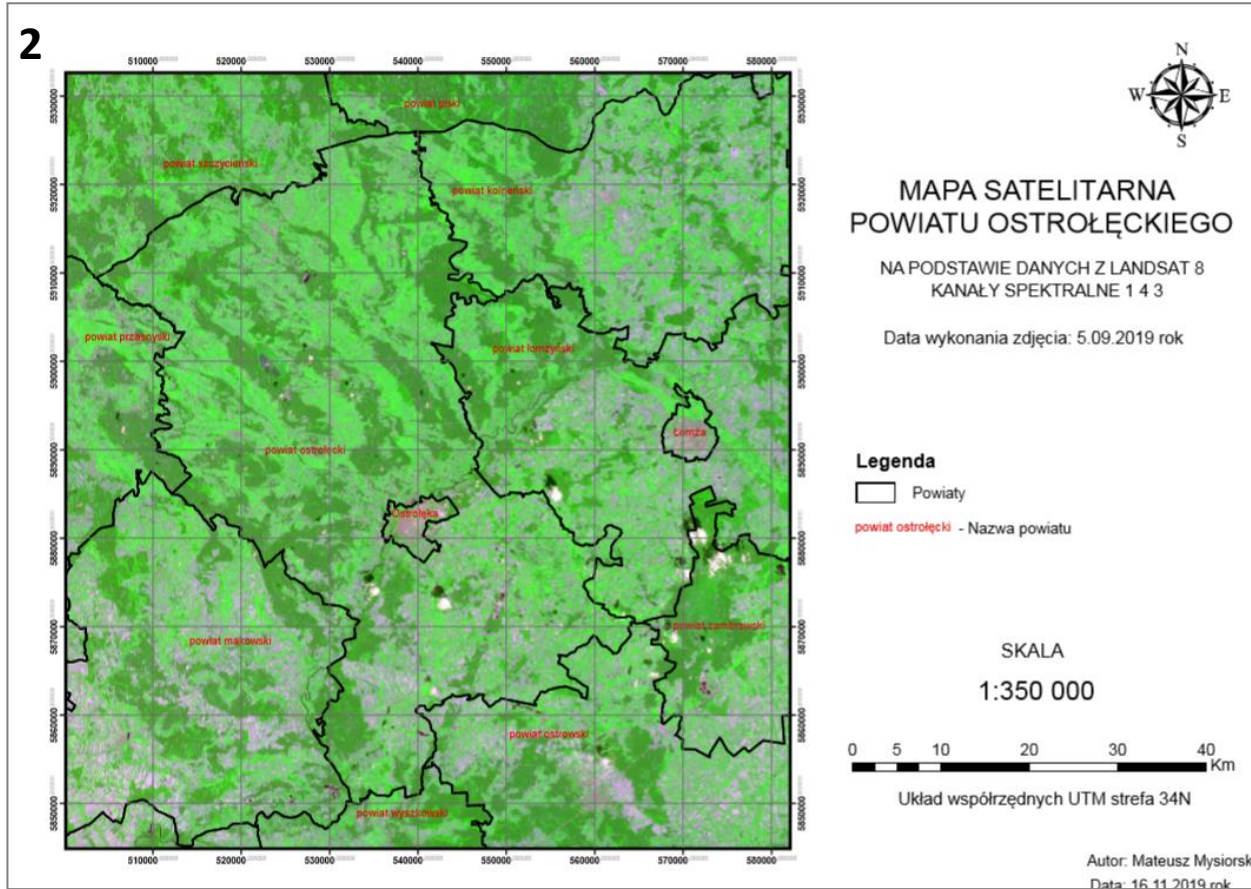
Bardzo dobrze  
wyeksponowana  
woda – kolor  
czarny.

Dobra penetracja  
przez atmosferę.

Kompozycja RGB w barwach umownych z kanałów w podczerwieni B12, B11 i B8A  
(Sentinel-2, 05.09.2016)



Przykłady opracowania mapy satelitarnej na podstawie obrazów wielospektralnych Sentinel-2 i Landsat 8.



Aktualna ortofotomapa satelitarna może służyć jako źródło danych do aktualizacji bazy danych przestrzennych, m.in. w procesie fotointerpretacji.

Bazy danych o szczegółowości odpowiadającej skali 1:10 000 i większej wymagają zobrazowań lotniczych lub satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości.

Zamieszczone przykłady ilustrują możliwość aktualizacji BDOT10k wybranych klas obiektów.

Zobrazowanie WorldView-2 z nałożoną warstwą budynków (02.09.2018)



Baza danych BDOT10k (baza danych obiektów topograficznych):

- budynki [klasa obiektów BUBD\_A]



Baza danych BDOT10k (baza danych obiektów topograficznych):

- jezdnie [SKJZ\_L],
- ronda [SKRW\_P].

Przed:



WorldView-2 © [2018] European Space Imaging

Po



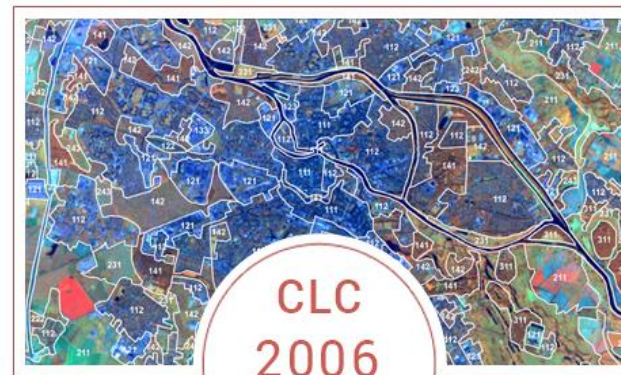
WorldView-2 © [2018] European Space Imaging

## CORINE Land Cover (CLC):

- gotowy produkt bazujący na obrazach satelitarnych występujący w postaci bazy danych, do której dane pozyskuje się w procesie interpretacji obrazów satelitarnych, w tym Landsat i Sentinel-2;
- istotą programu jest dostarczenie aktualnej informacji dotyczącej pokrycia terenu/użytkowania ziemi na obszarze całej Europy w regularnym cyklu oraz wykazanie zmian zachodzących między kolejnymi cyklami.

Serwis CORINE Land Cover:  
<http://clc.gios.gov.pl/>

## Przykłady produktów CORINE Land Cover



Źródło: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2020



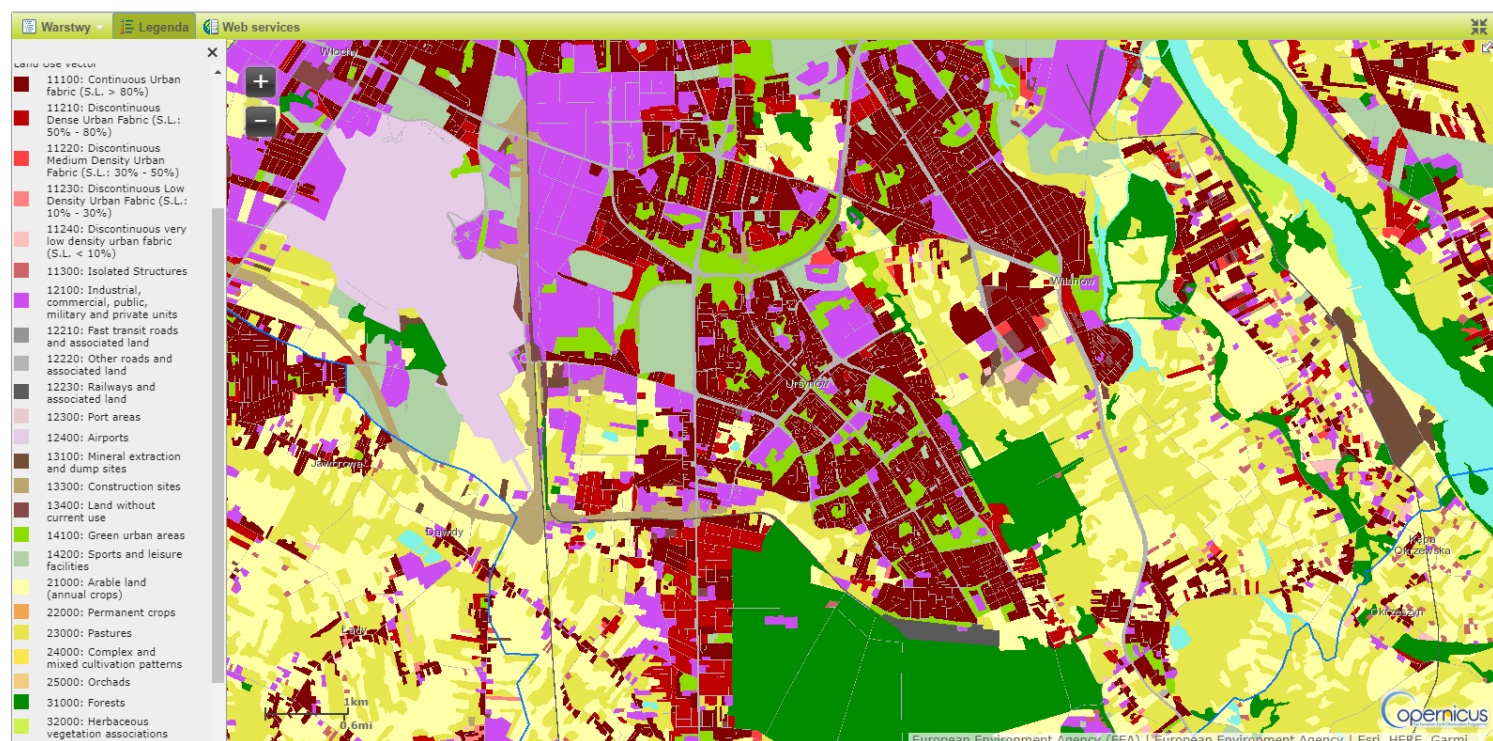
## Urban Atlas:

- gotowy produkt bazujący na zobrazowaniach satelitarnych;
- zawiera szczegółowe dane o pokryciu terenu/użytkowaniu ziemi opracowane dla najbardziej zaludnionych miast europejskich;
- uwzględnia 17 klas miejskich i 10 klas pozostałych, związanych z innymi formami pokrycia terenu.

Serwis Urban Atlas:

<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

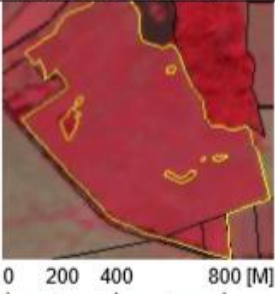


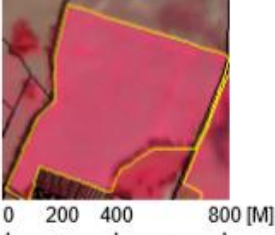


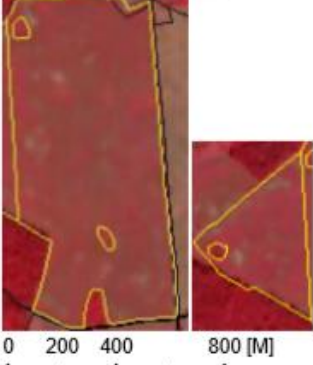
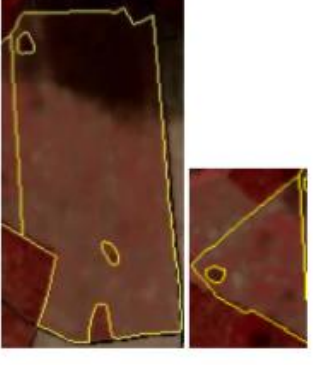

Fragment mapy Urban Atlas



Źródło: Urban Atlas, 2012

Klucz fotointerpretacyjny  
umożliwiający rozpoznanie upraw.

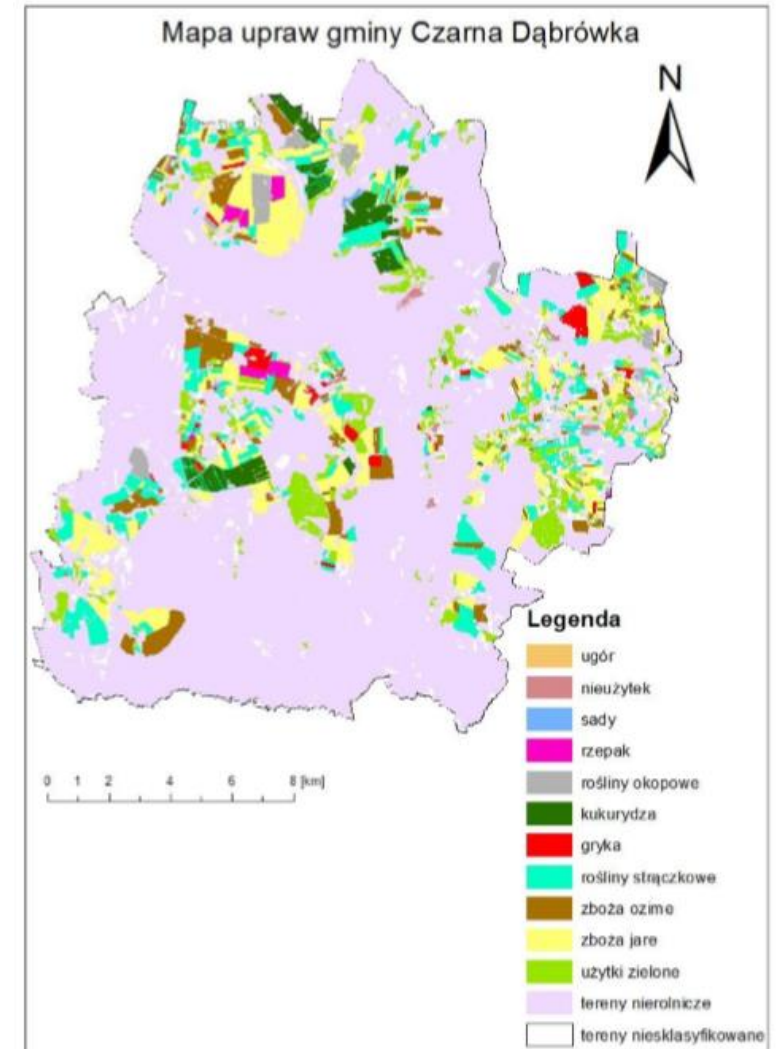
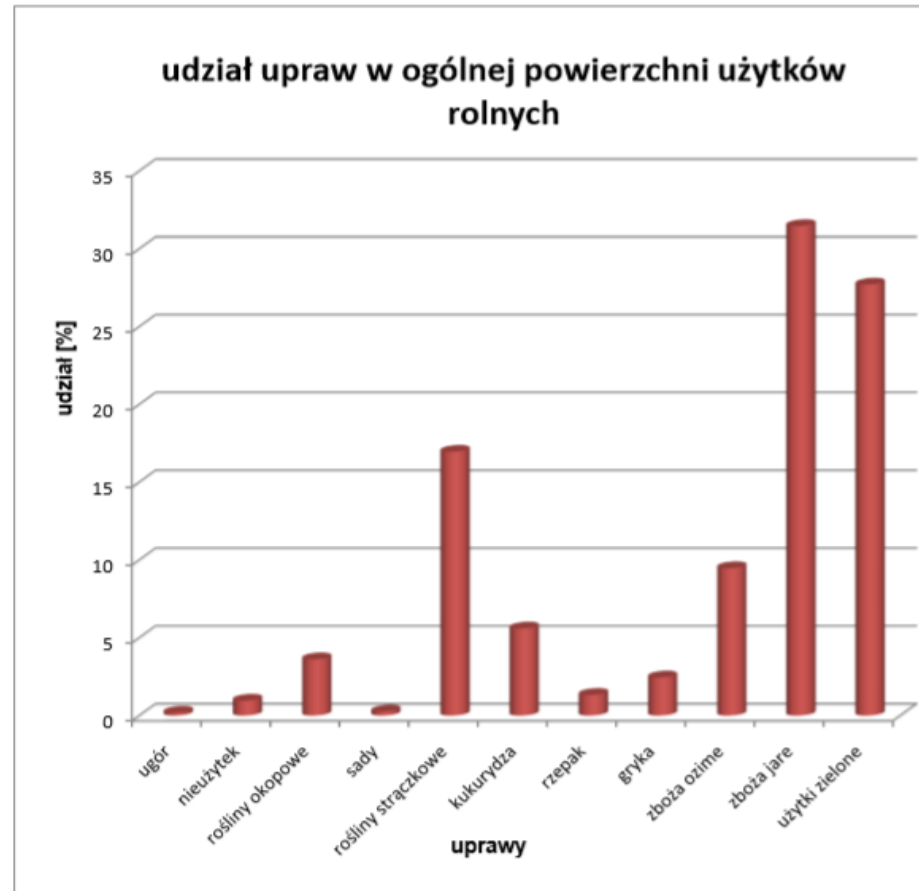
Uprawy kukurydzy, rzepaku i gryki w czasie sezonu wegetacyjnego

Uprawa	Gatunek	Jesień (19.09.2015)	Wiosna (26.04.2016)	Lato (25.06.2016)
Kukurydza				
Rzepak				
Gryka				

Źródło: Karwowski K., 2017

# Analiza zróżnicowania gatunkowego upraw

Produkty fotointerpretacji zobrażeń Sentinel-2 z sezonu wegetacyjnego można prezentować w postaci mapy upraw oraz wykresów danych statystycznych.

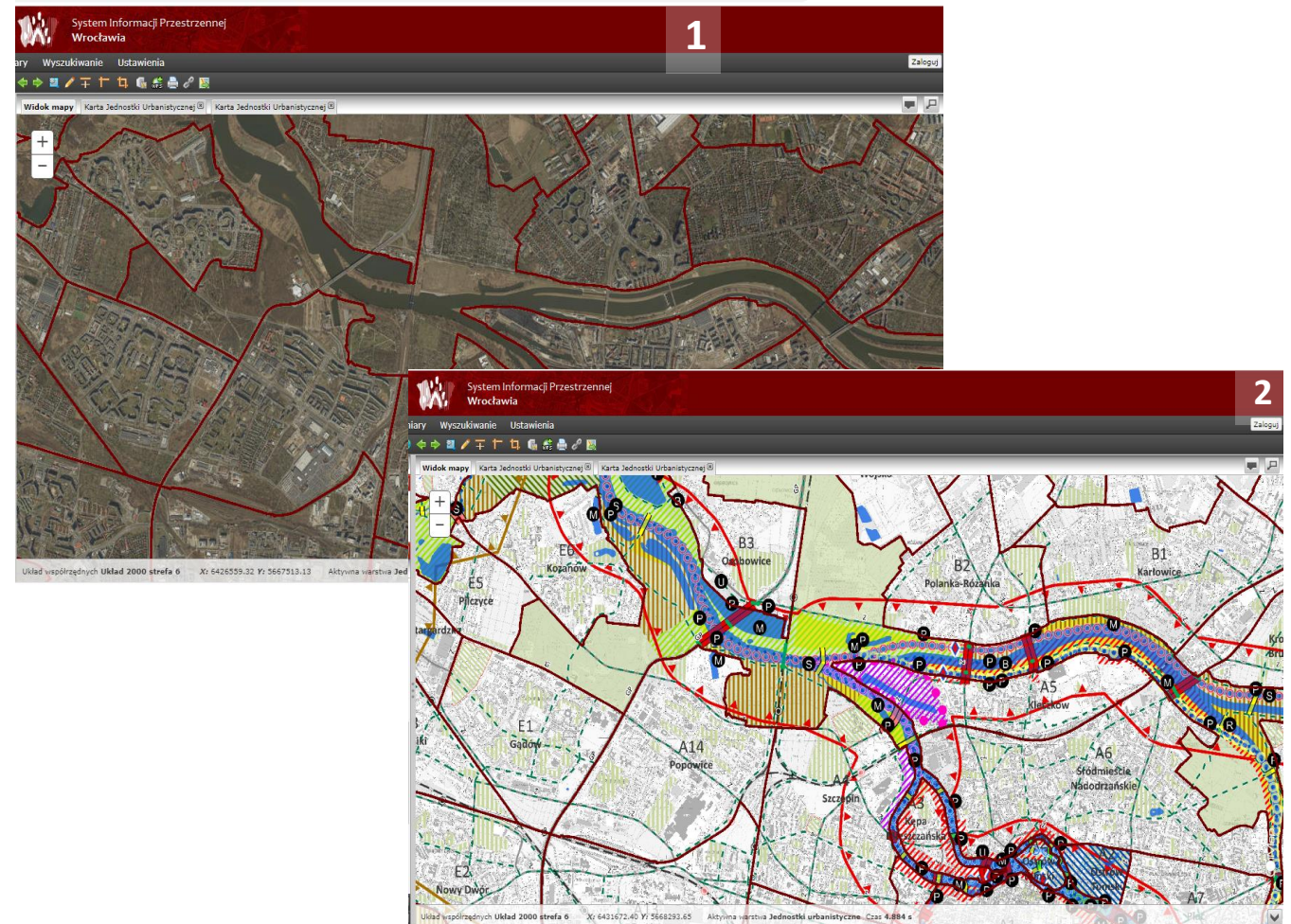


Źródło: Karwowski K., 2017

- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.
- Decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach.
- Opracowania ekofizjograficzne.

- Przy sporządzaniu studium mogą być wykorzystywane mapy zasadnicze, katastralne i ortofotomapy.
- Sam rysunek sporządzany jest w skali od 1:5 000 do 1:25 000 na mapie topograficznej.
- Ustalenia studium dzieli się często tematycznie (transport, środowisko, mieszkalnictwo itd.) i sporządza rysunki dla poszczególnych zagadnień.

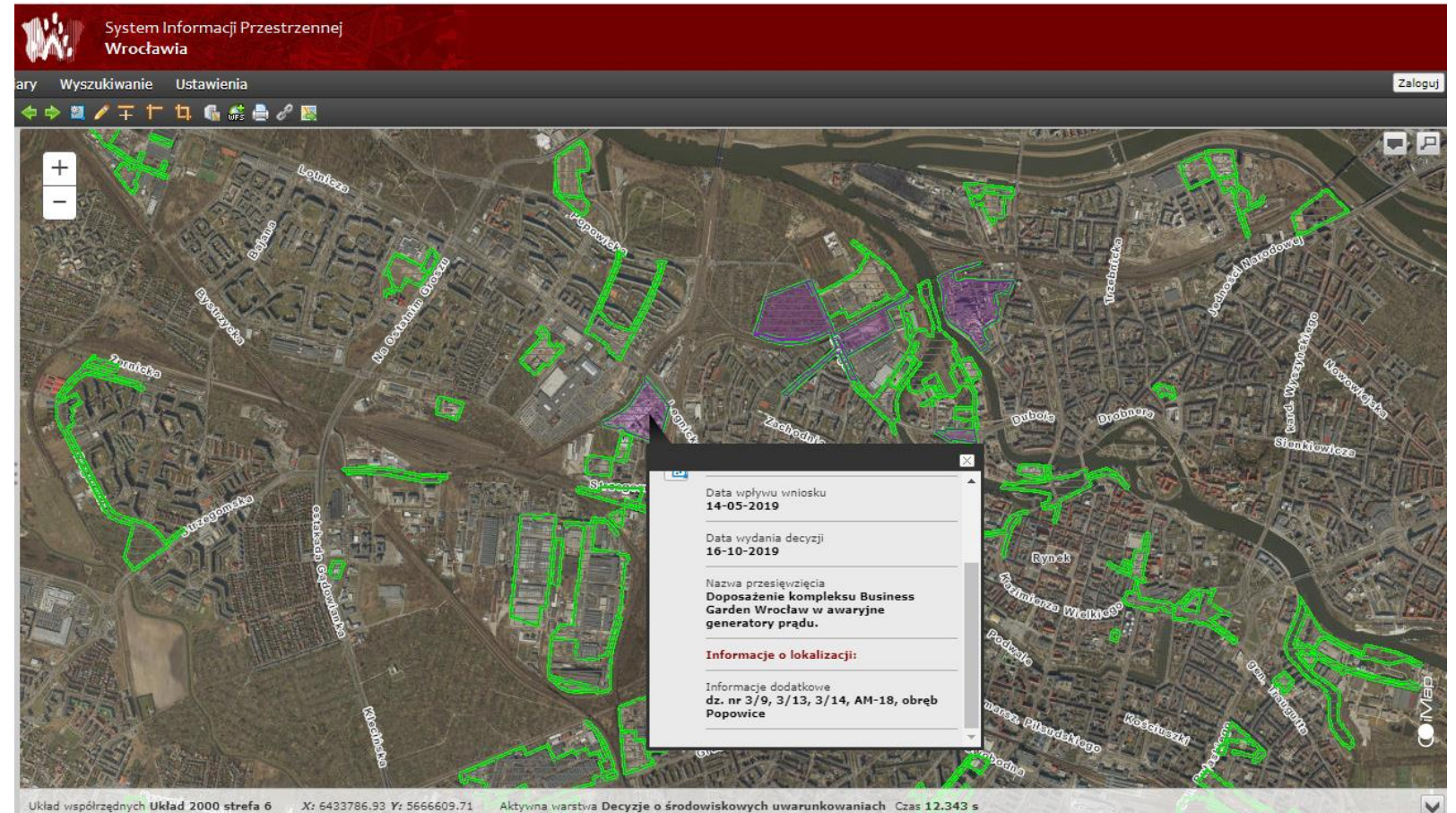
Przykład studium prezentowanego na geoportalu – miasto Wrocław



Źródło: System Informacji Przestrzennej Wrocławia, 2019

Prezentacja przestrzenna decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach na tle ortofotomapy lotniczej w serwisie miasta Wrocław.

System informacji przestrzennej miasta Wrocław



Źródło: SIP Wrocławia, 2019

Dokumentacja sporządzana na potrzeby planów zagospodarowania przestrzennego lub studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin, charakteryzujące poszczególne elementy przyrodnicze i ich wzajemne powiązania na obszarze objętym planem lub studium.

„Opracowanie ekofizjograficzne podstawowe – zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Bogdaniec” z 2013 r. wykorzystujące ortofotomapę do wizualizacji obszaru planistycznego. Do takich prezentacji z powodzeniem można wykorzystać także obraz satelitarny w kompozycji barwnej.

Ortofotomapa południowej części (pradolina – P) obszaru planistycznego



Źródło: Gmina Bogdaniec, 2019

Elementy ekofizjografii, przy których można wykorzystać obraz satelitarny jako dodatkową pomoc przy weryfikacji, diagnozie zmian i planowaniu:

- rozpoznanie i charakterystyka stanu oraz funkcjonowania środowiska;
- diagnoza stanu funkcjonowania środowiska, w tym zmiany i zagrożenia;
- określenie przyrodniczych predyspozycji do kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej, polegające w szczególności na wskazaniu obszarów, które powinny pełnić przede wszystkim funkcje przyrodnicze;
- ocena przydatności środowiska, polegająca na określeniu możliwości rozwoju i ograniczeń dla różnych rodzajów użytkowania i form zagospodarowania obszaru;
- wnioski – określenie uwarunkowań ekofizjograficznych, formułowanych w postaci wskazań obszarów predysponowanych do pełnienia funkcji przyrodniczych czy dla celów społeczno-gospodarczych.



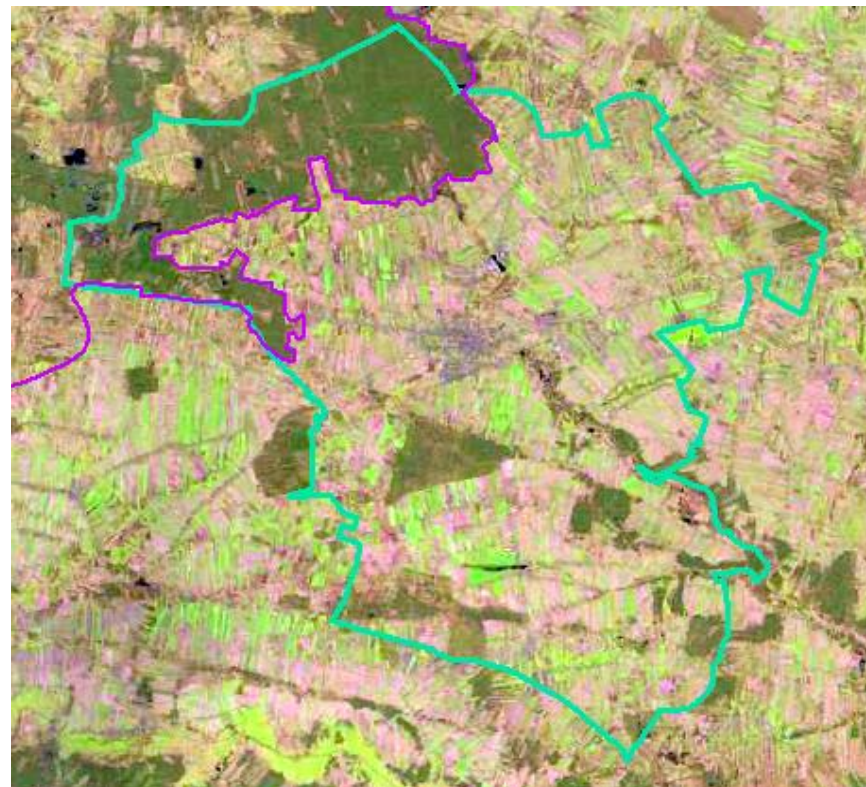
- Podział powierzchniowy województw na krajobrazy.
- Systemy typologiczne i regionalne krajobrazów.
- Analiza elementów krajobrazu.
- Charakterystyka krajobrazów w ujęciu opisowym i kartograficznym.
- Geo-baza wiedzy o krajobrazach Polski.

# Wyznaczenie granic mezoregionów

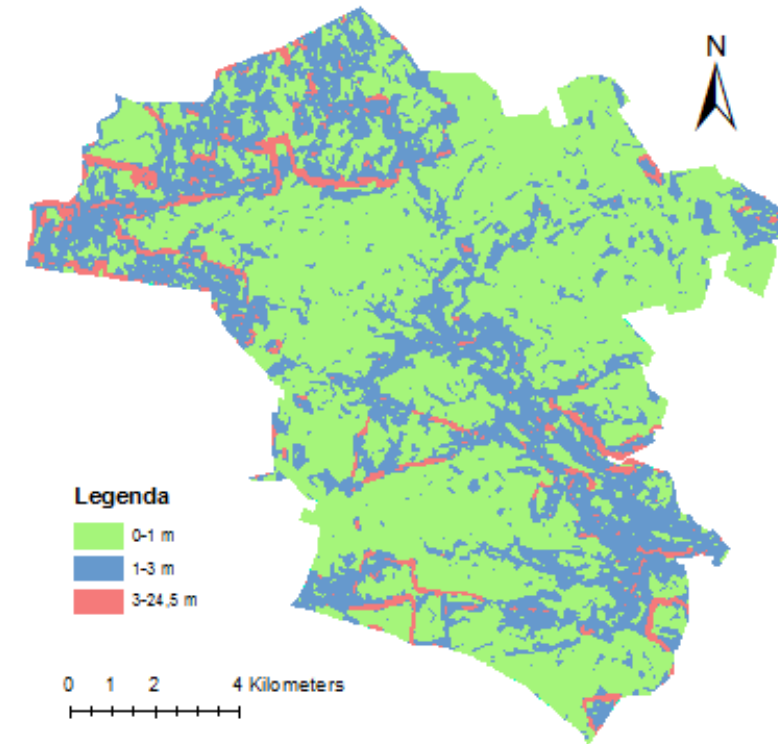
Gmina Zwolen i pierwotna granica mezoregionów fizycznogeograficznych wg Kondrackiego



Zaktualizowana granica na podstawie obrazu Sentinel-2 z 15.04.2018 i mapy spadków z NMT [SRTM]



Mapa spadków wygenerowana na podstawie NMT udostępnionego w serwisie EarthExplorer



Źródło: Mazur K.; EarthExplorer 2019

Wyróżnione jednostki krajobrazowe z przykładami niewyodrębnionych jednostek leśnych w bazie danych (Sentinel-2, 15.04.2018)

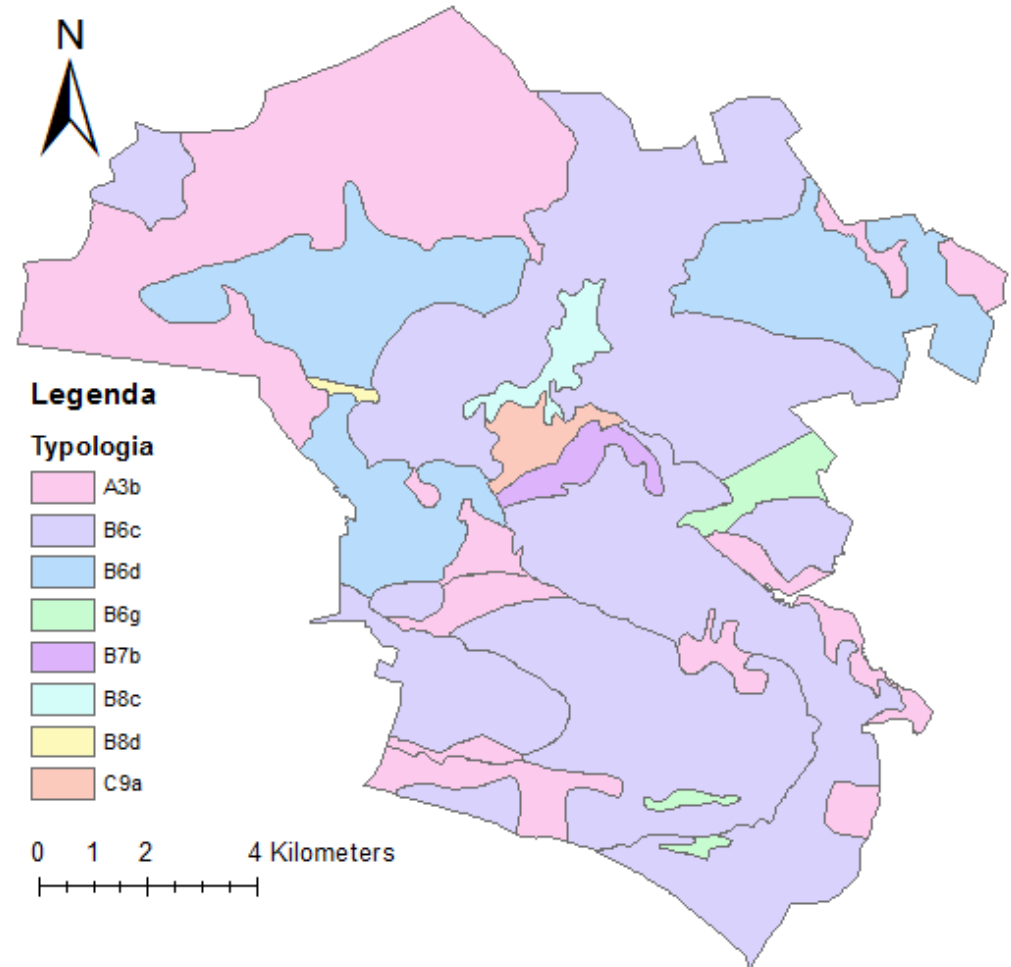


Wody powierzchniowe nieuwzględnione w bazie danych (Sentinel-2, 08.08.2018)



Opracowanie na podstawie wstępnej analizy BDOO (bazy danych obiektów ogólnogeograficznych), NMT i Sentinel-2 oraz analizy szczegółowej na podstawie ortofotomapy lotniczej, NMT, mapy glebowej i BDOT10k.

Mapa jednostek krajobrazowych gminy Zwolen



Źródło: Mazur K., 2019

- Obrazy wskaźnikowe.
- Progowanie.
- Analiza zielonej i błękitnej infrastruktury (ZBI).
- Klasyfikacja cyfrowa.

- Obrazy wskaźnikowe są pewną kombinacją (formułą matematyczną) zarejestrowanych przez sensor wartości odbicia w kanałach spektralnych, które w efekcie eksponują wybrane obiekty.
- Wskaźnik NDVI ujawnia szczególne cechy i właściwości roślinności, np. zawartość wody, chlorofilu, innych pigmentów czy ogólną kondycję roślin. Służy też detekcji roślinności i wyznaczeniu zasięgu jej występowania.

Obraz WorldView-2  
pd. część Ursynowa

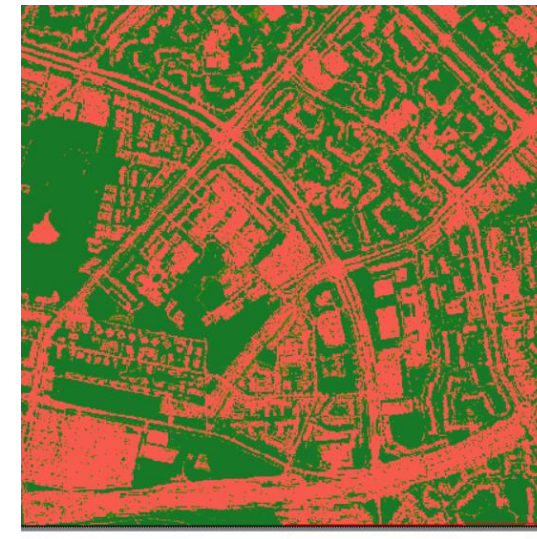


WorldView-2 © [2018] European Space Imaging

Wskaźnik NDVI



Maska roślinności

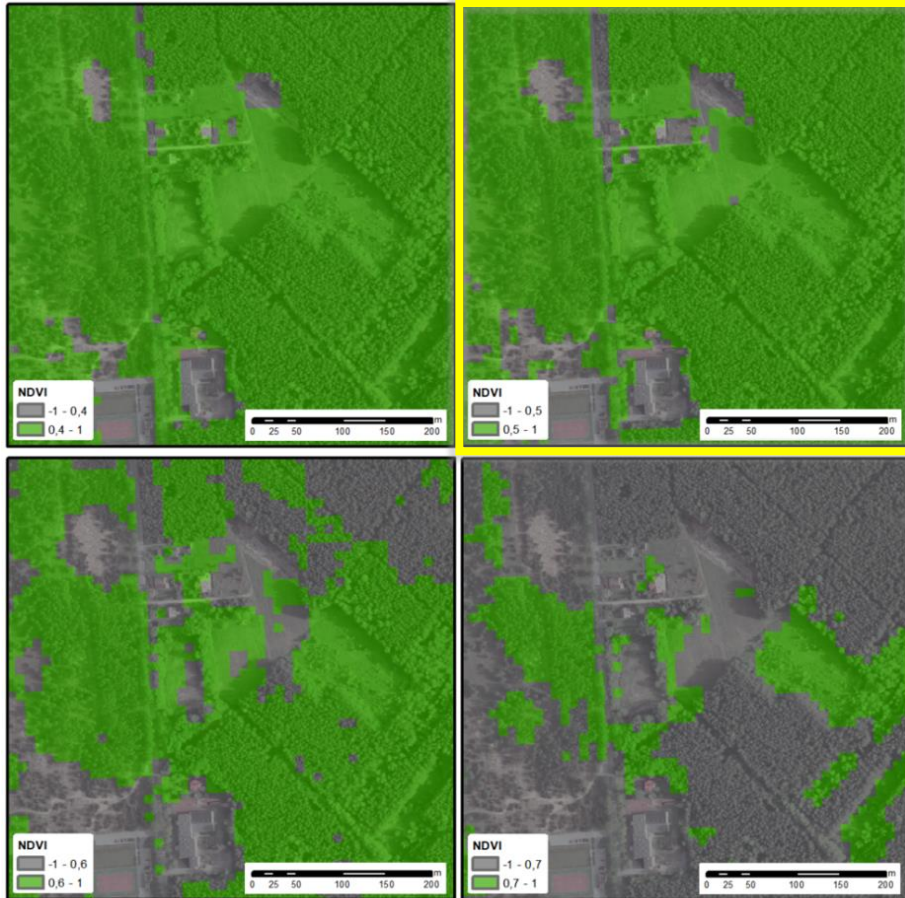


 Roślinność  
 Pozostałe obszary

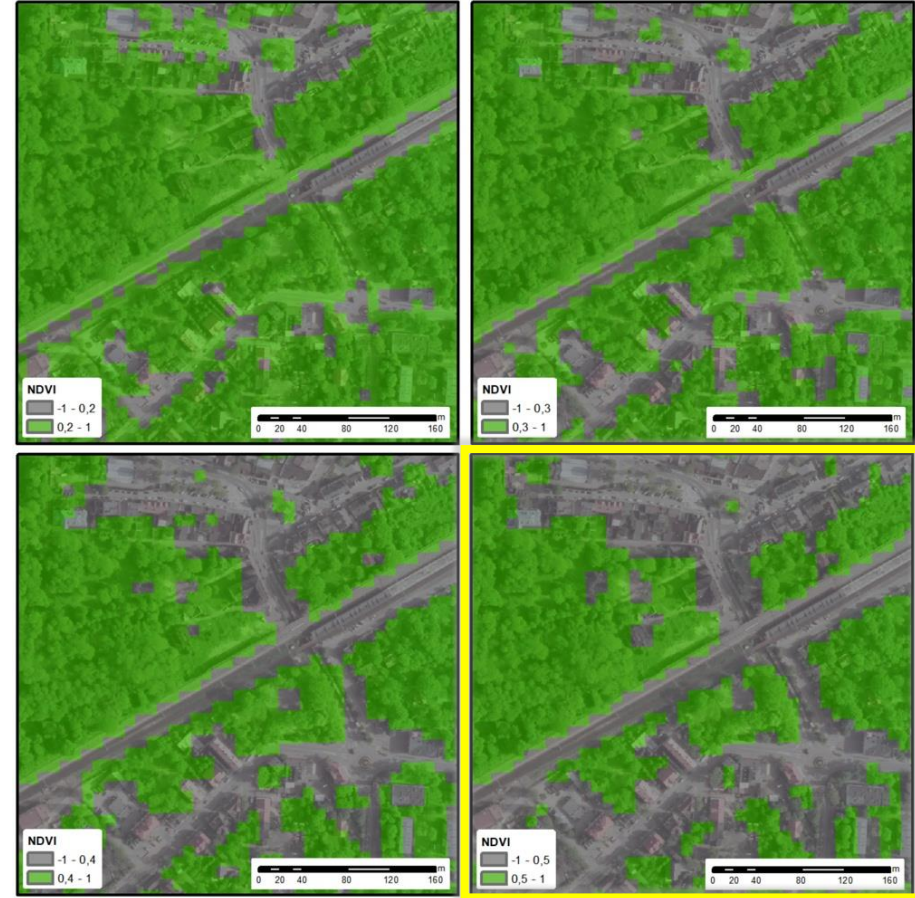
0 125 250 500 m

Identyfikacja roślinności poprzez wyznaczenie zakresów wartości NDVI dla zobrazowania Sentinel-2 na wybranych obszarach wiejskim (1) i miejskim (2)

1

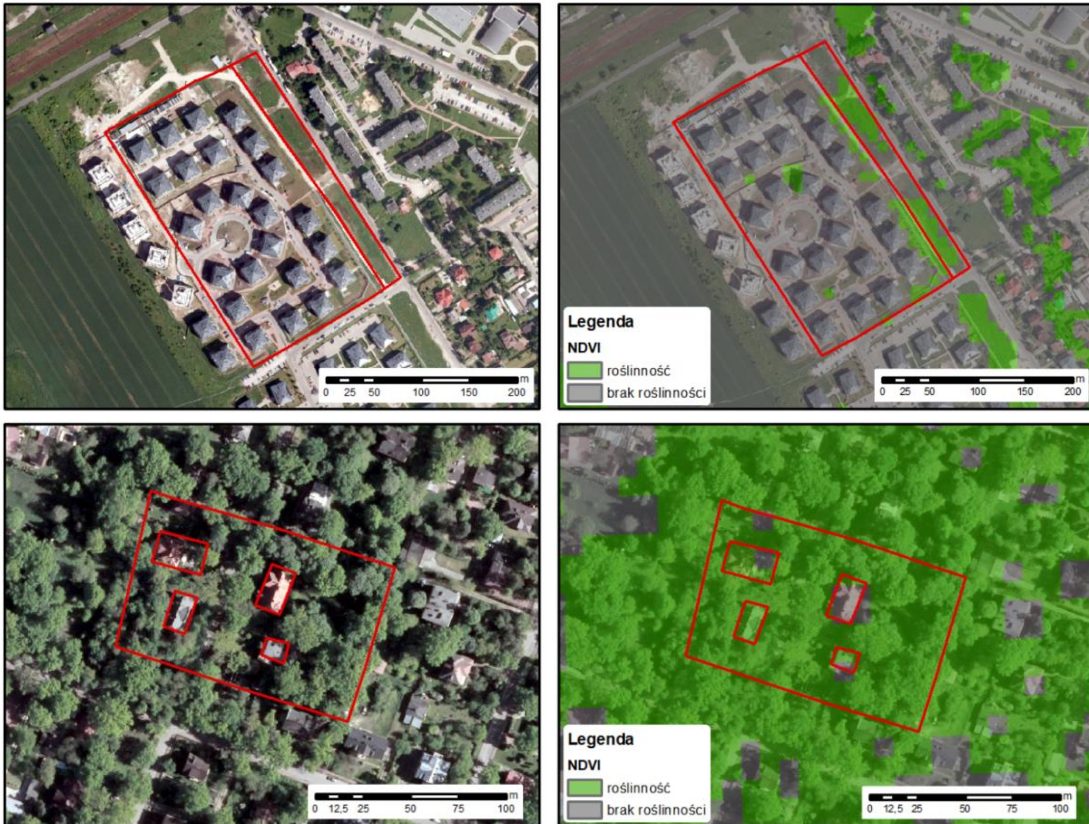


2



Źródło: Tulkowska W., Władyka M., 2018

## Roślinność w obszarze miejskim



## Roślinność w obszarze wiejskim



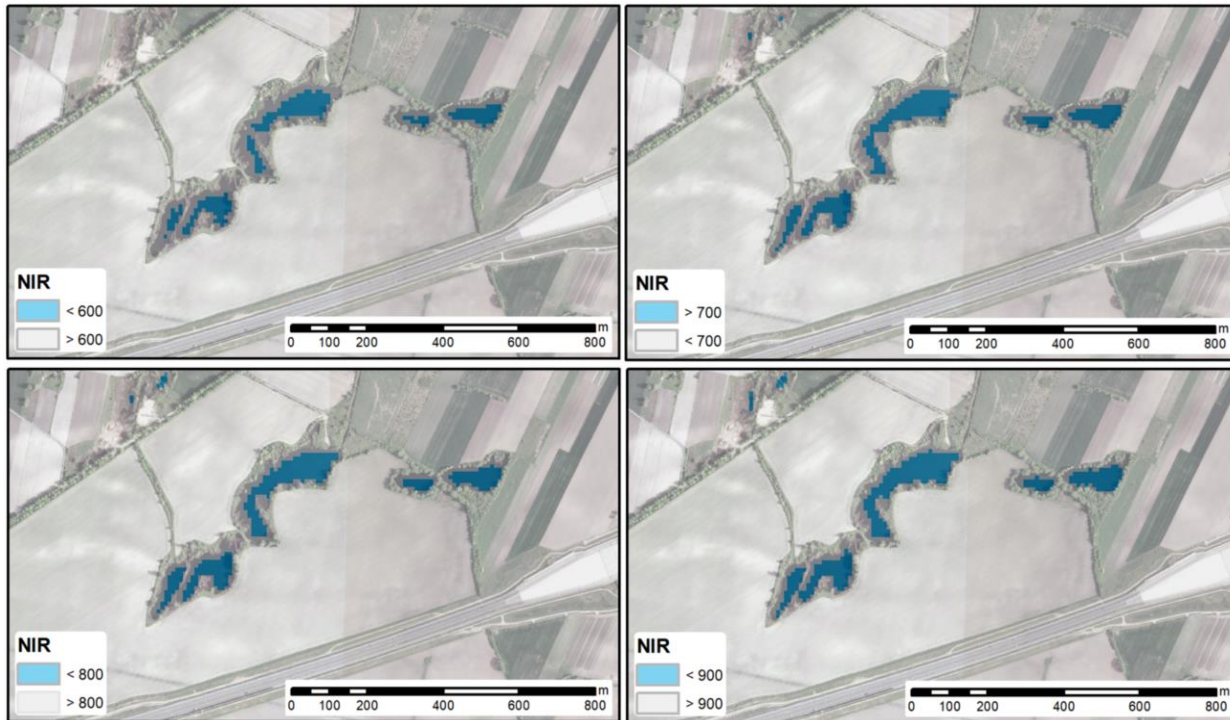
Źródło: Pluto-Kossakowska J. i in., 2018



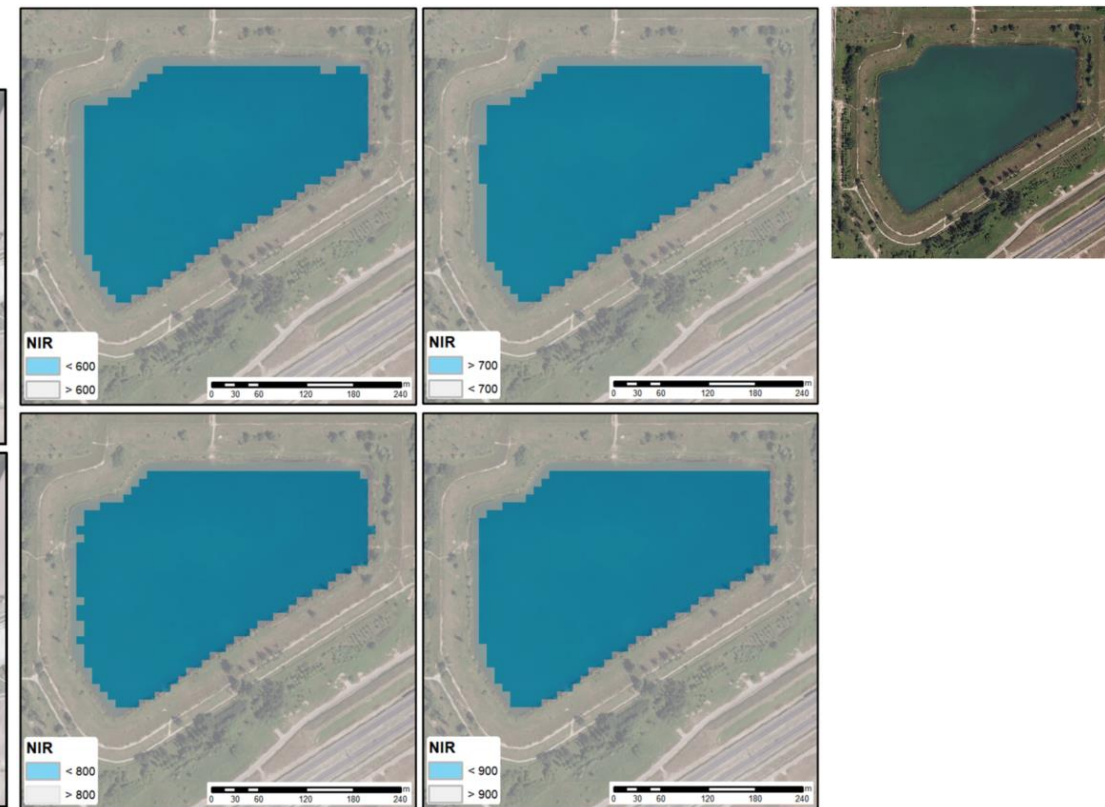
Detekcja obszarów wód poprzez wyznaczenie zakresów wartości NIR dla zobrazowania satelitarnego Sentinel-2.



Zbiorniki wodne w obszarze rolniczym

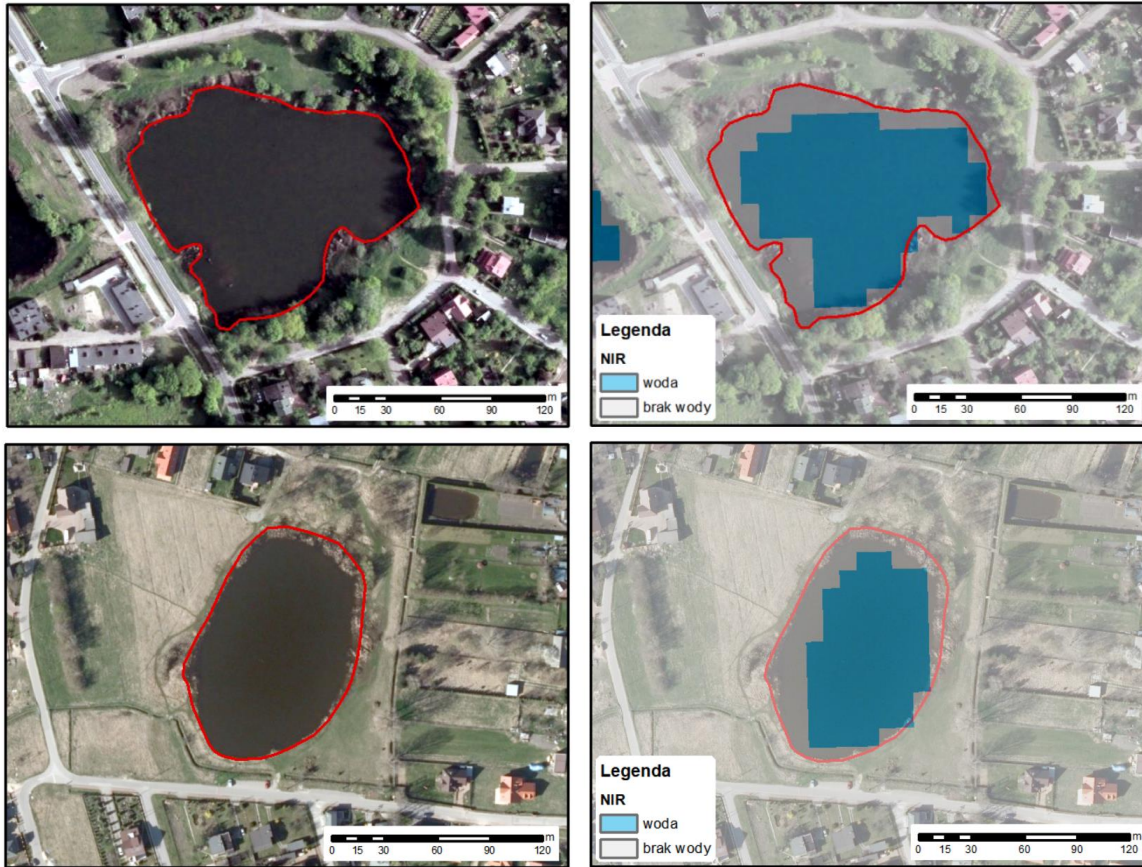


Zbiornik wodny w obszarze miejskim

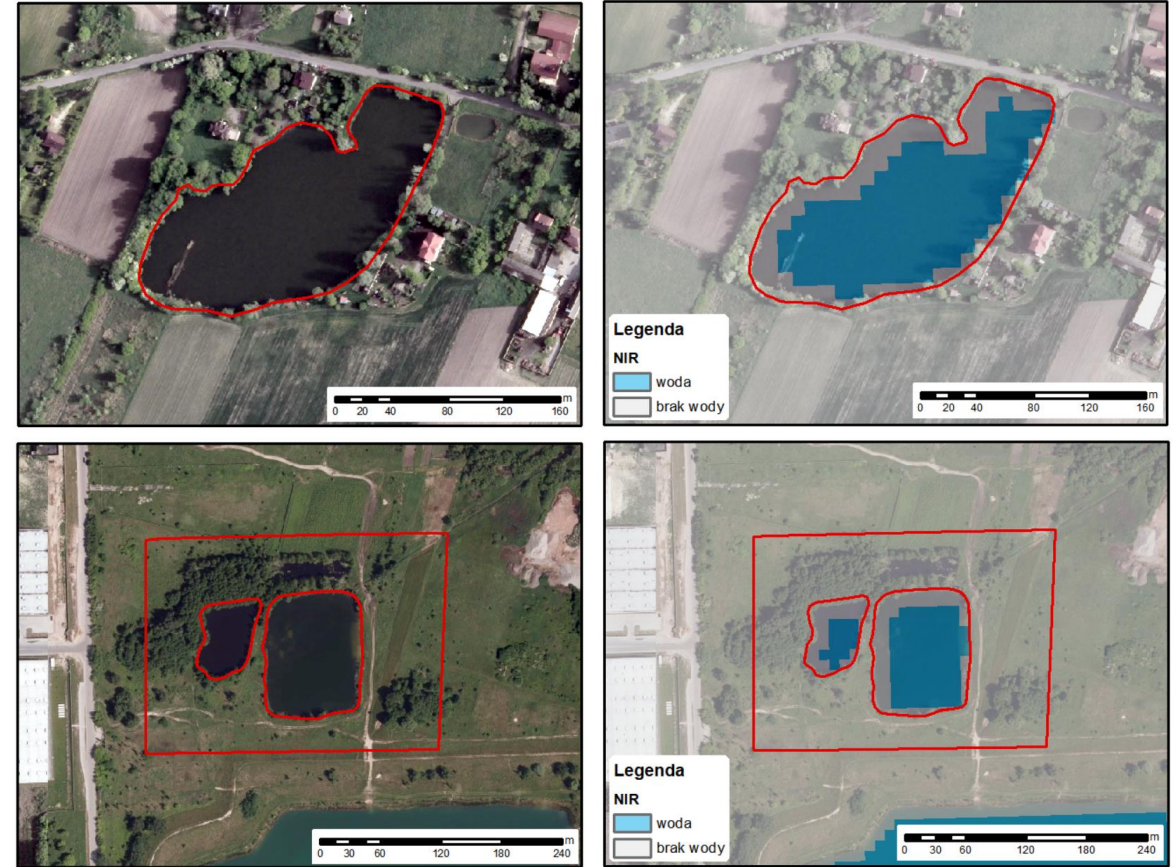


Źródło: Tulkowska W., Władyka M., 2018

Wody w obszarach miejskich

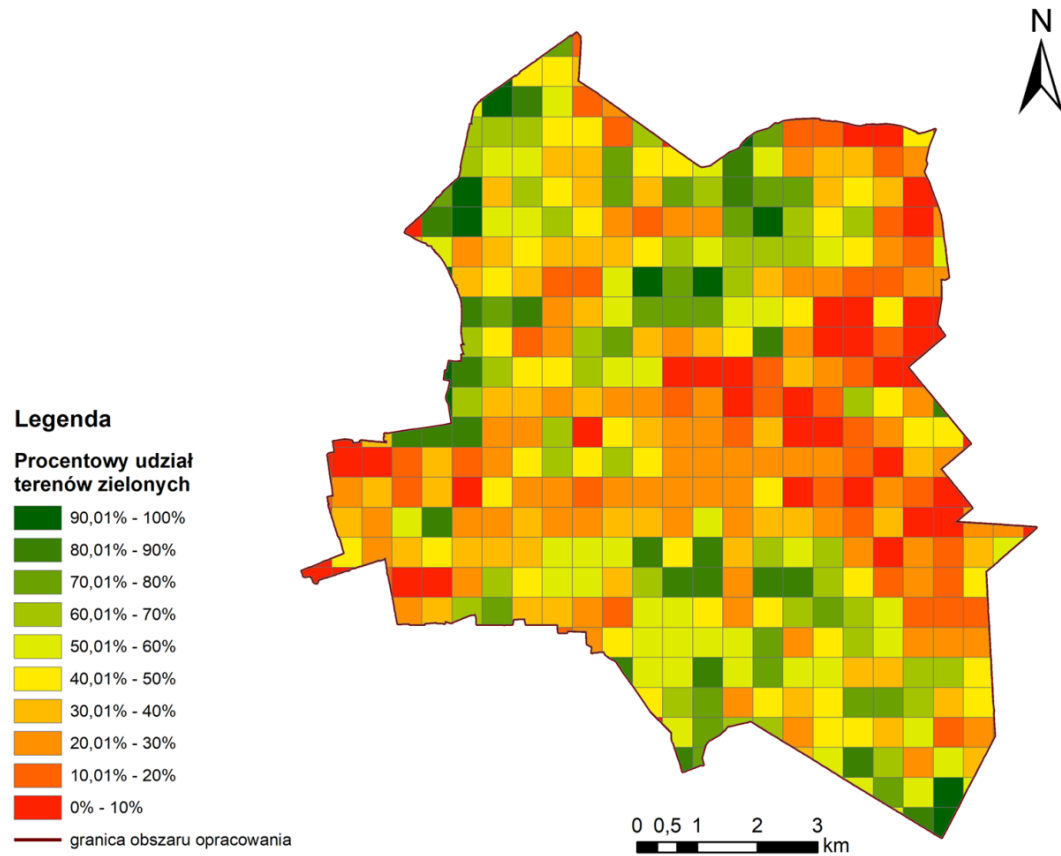


Wody w obszarach wiejskich

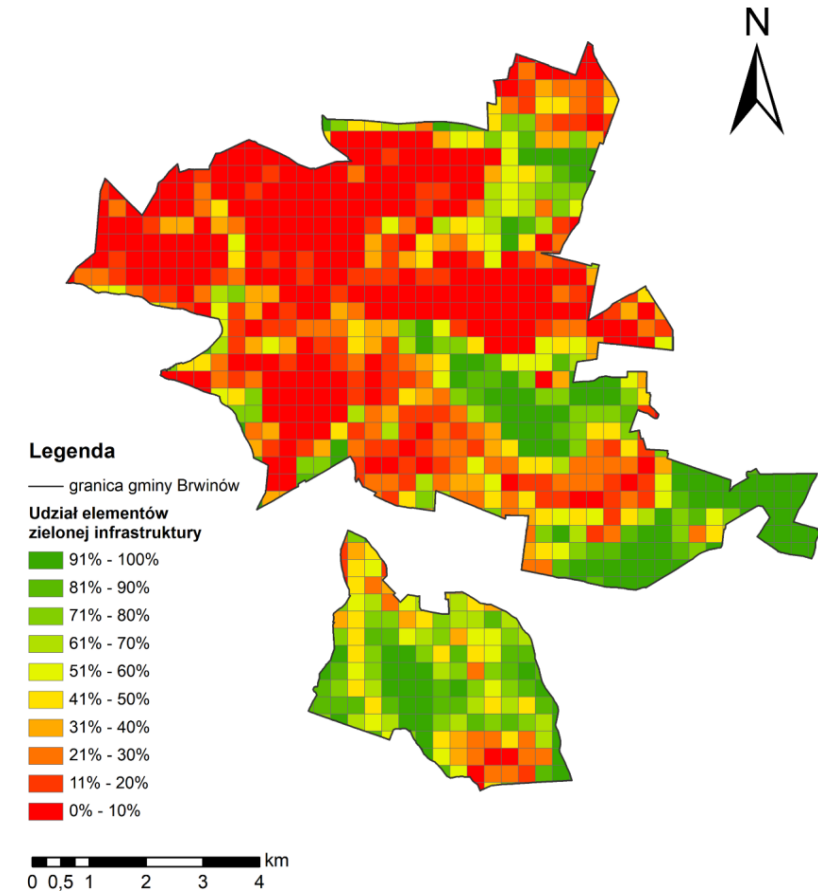


Źródło: Pluto-Kossakowska J. i in., 2018

Rozkład przestrzenny elementów zielonej infrastruktury w granicach łódzkiej dzielnicy Widzew



Rozkład przestrzenny elementów zielonej infrastruktury na obszarze gminy Brwinów

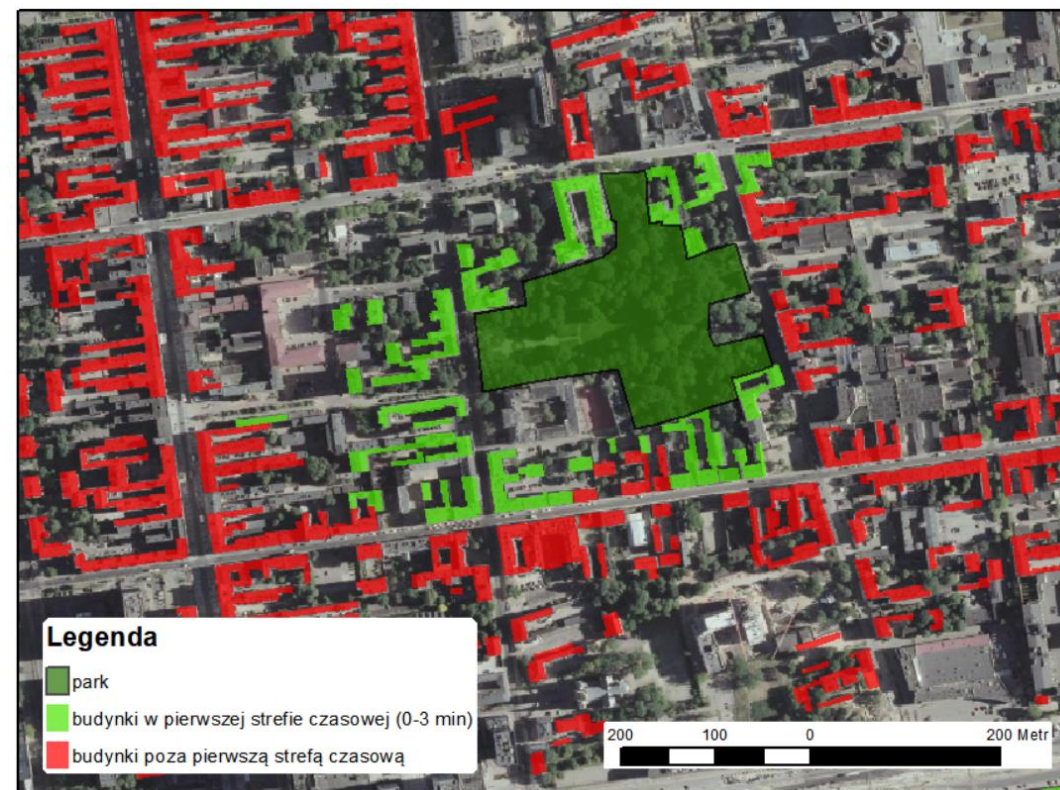


Źródło: Tulkowska W., Władyka M., 2018

Funkcja zdrowotna:  
pomiędzy budynkami mieszkalnymi a drogami i torami kolejowymi powinna znajdować się roślinność wysoka



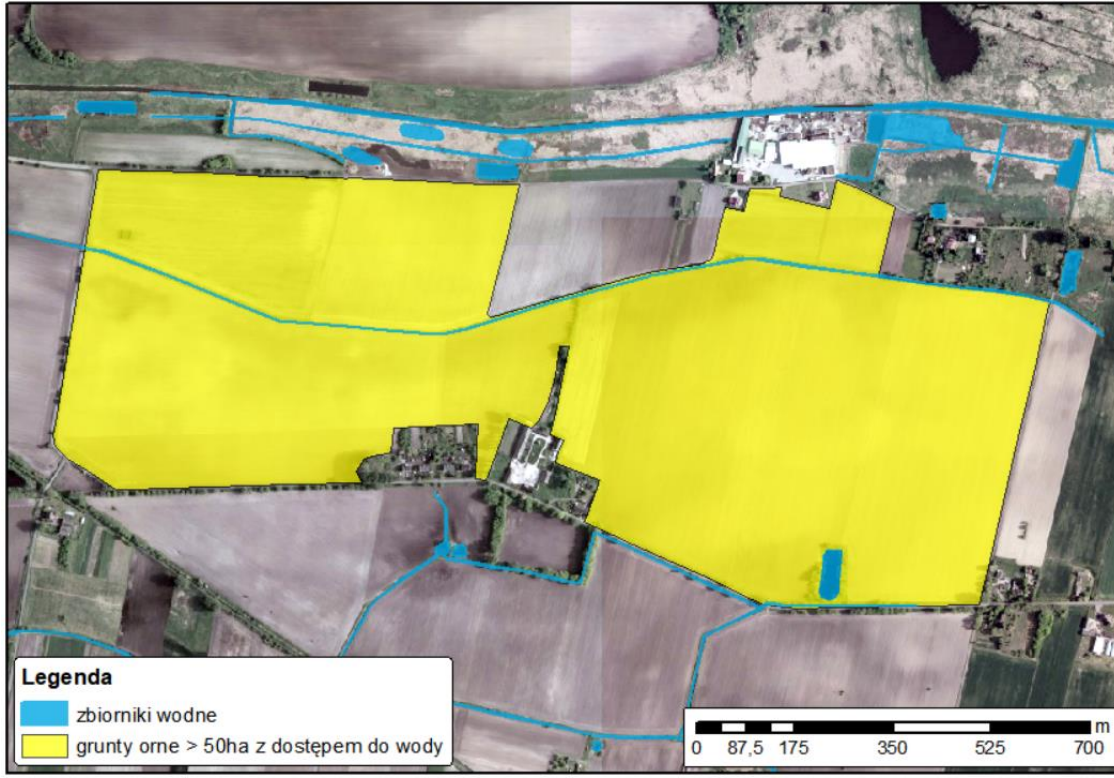
Funkcja społeczna i rekreacyjna:  
budynki spełniające i niespełniające kryterium czasu dojścia do parku poniżej 3 min



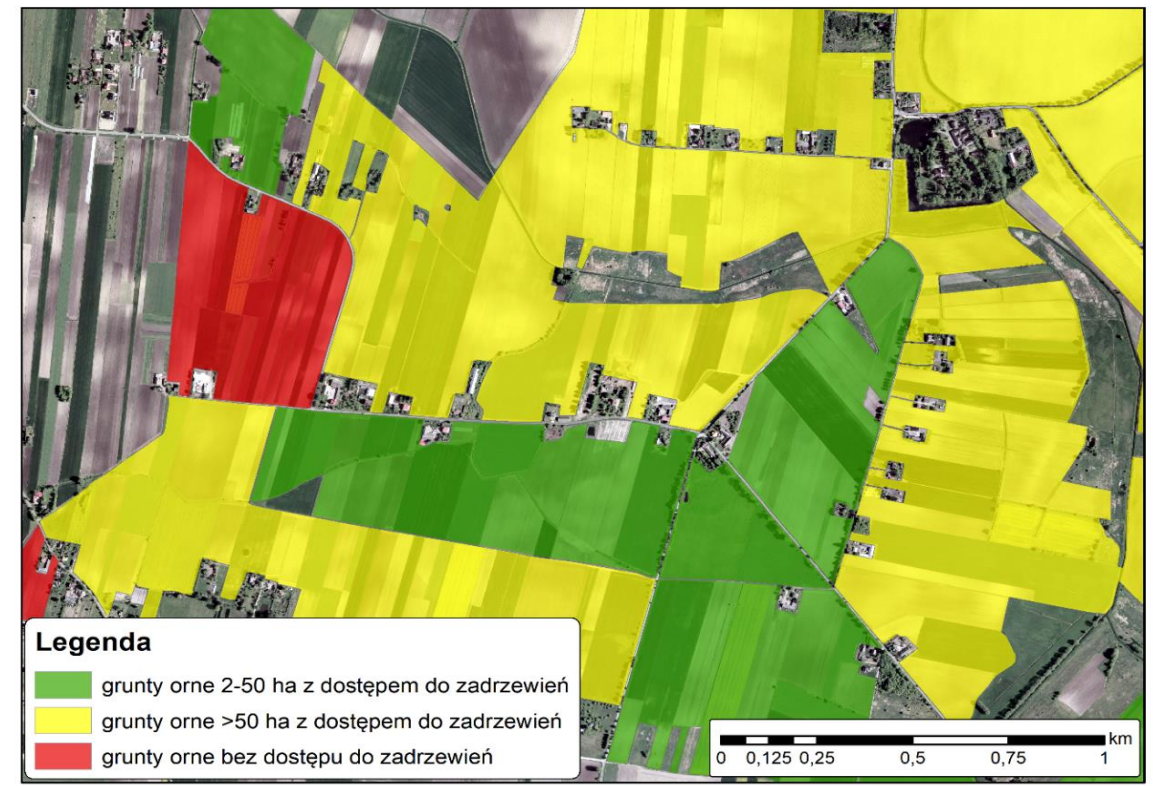
Źródło: Tulkowska W., Władyka M., 2018

# Analiza ZBI: funkcja gospodarcza

Grunty orne potencjalnie spełniające kryterium:  
na gruntach ornym o powierzchni większej niż 2 ha  
lub w ich bliskim sąsiedztwie powinien znajdować się  
zbiornik lub ciek wodny



Grunty orne spełniające i niespełniające kryterium:  
na gruntach ornym o powierzchni większej niż 2 ha  
lub w ich bliskim sąsiedztwie powinny znajdować się lasy  
lub zadrzewienia



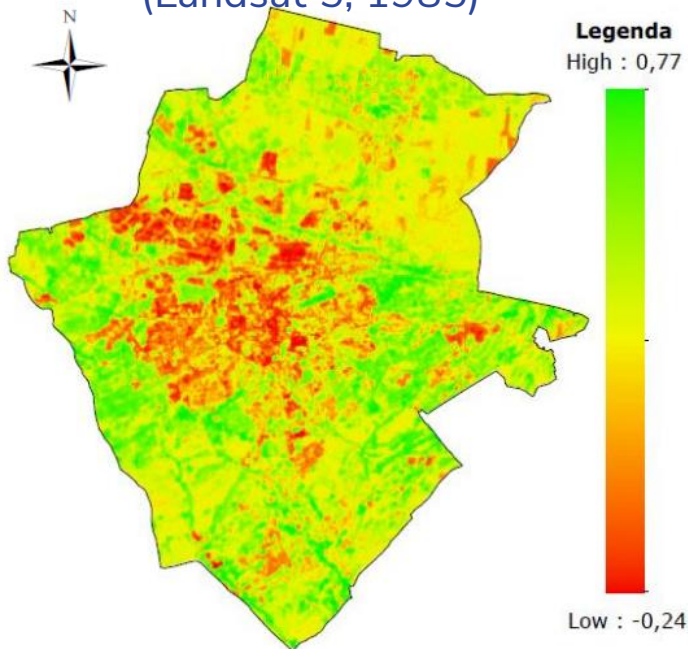
Źródło: Tulkowska W., Władyka M., 2018

# Wskaźnik roślinności NDVI

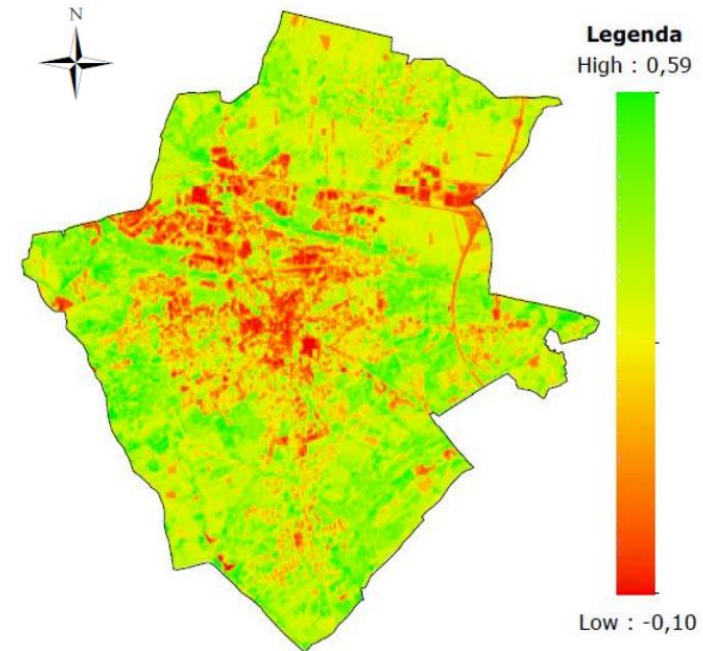
W obszarach silnie zurbanizowanych gdzie dominuje zabudowa i infrastruktura transportowa, wartość wskaźnika NDVI spada osiągając wartości poniżej 0 (kolor pomarańczowy i czerwony).

Przydatny materiał do analizy rozbudowy miasta, gęstości zabudowy czy lokalizacji obszarów zieleni w mieście.

Wartość wskaźnika NDVI dla Zielonej Góry  
(Landsat 5, 1985)



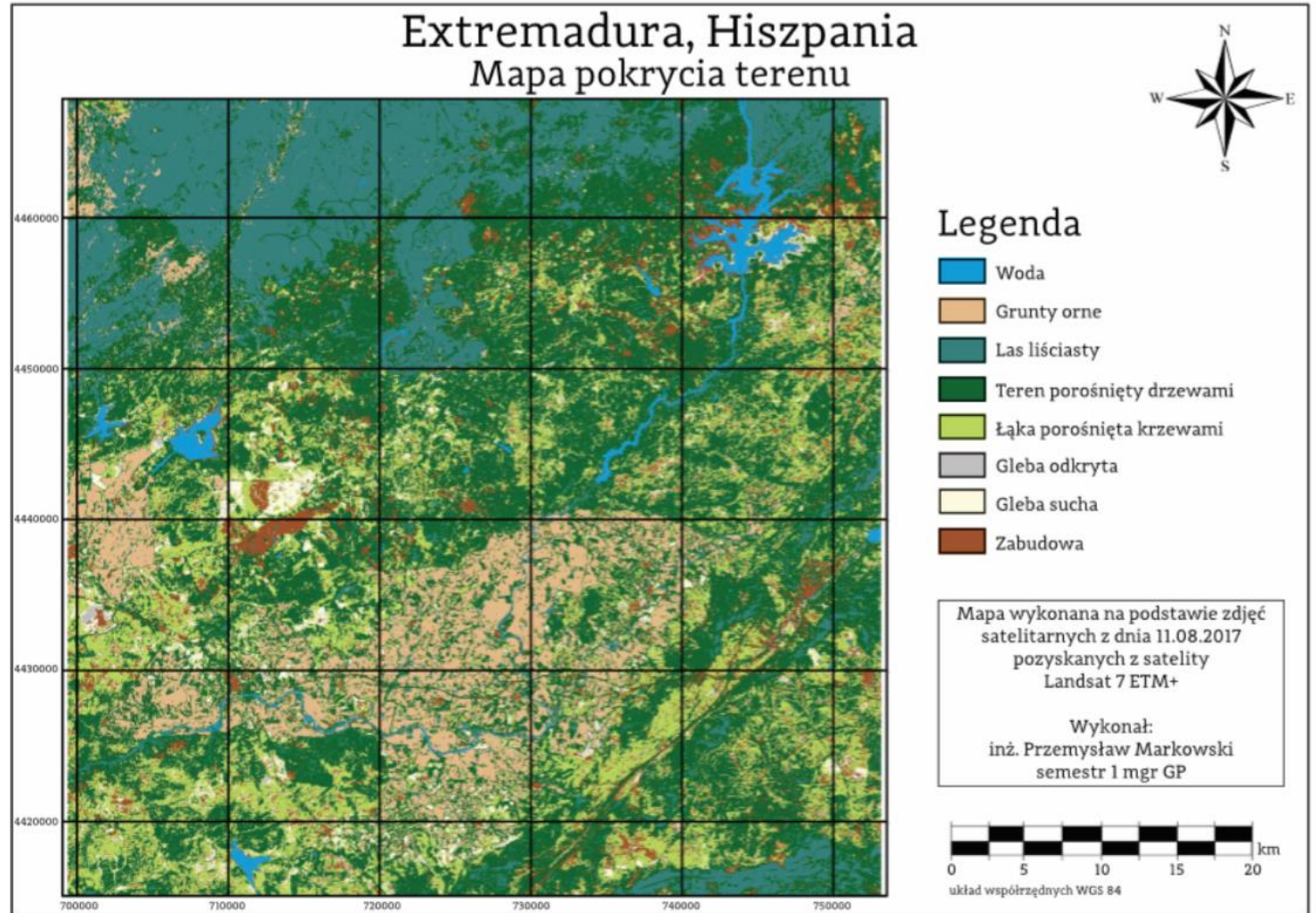
Wartość wskaźnika NDVI dla Zielonej Góry  
(Sentinel-2, 2016)



Źródło: Gmur D., 2018

- Klasyfikacja cyfrowa: nadzorowana i nienadzorowana.
- Opracowanie warstwy tematycznej „pokrycie terenu”.
- Analizy wieloczasowe.

- Podejścia do klasyfikacji: nadzorowana i nienadzorowana.
- Metody klasyfikacji: spektralna, obiektowa, kontekstualna.
- Wybrane algorytmy:
  - największego prawdopodobieństwa (Maximum Likelihood),
  - lasów losowych (Random Forests),
  - wektorów nośnych (Support Vector Machine),
  - sieci neuronowych (Neural Networks).

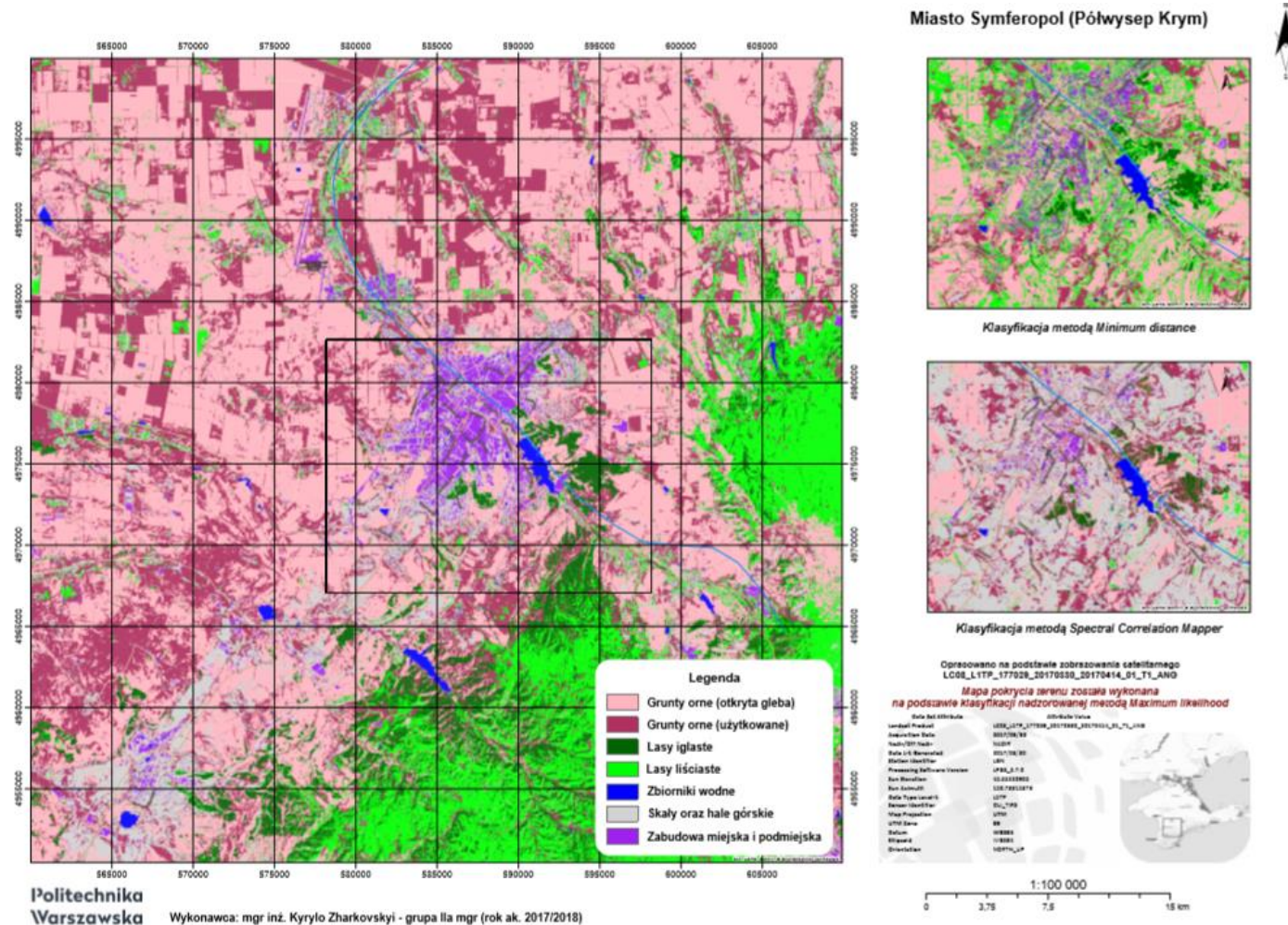


Źródło: Markowski P., 2017



Wynik klasyfikacji nadzorowanej pokrycia terenu obrazu Landsat ETM+ dla miasta Symferopol na Krymie.

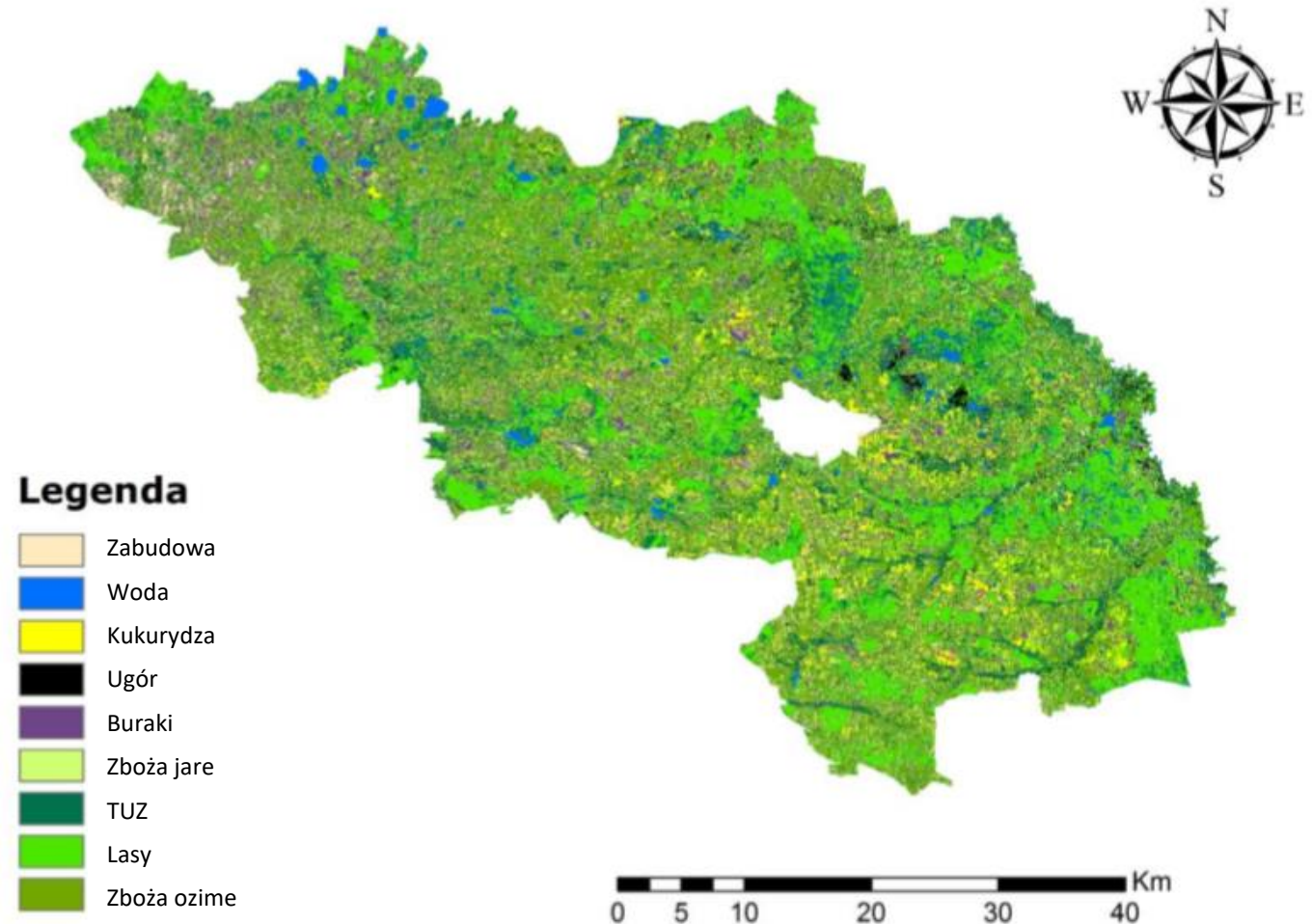
Mapa pokrycia terenu miasta Symferopol



Źródło: Zharkovskiy K., 2017

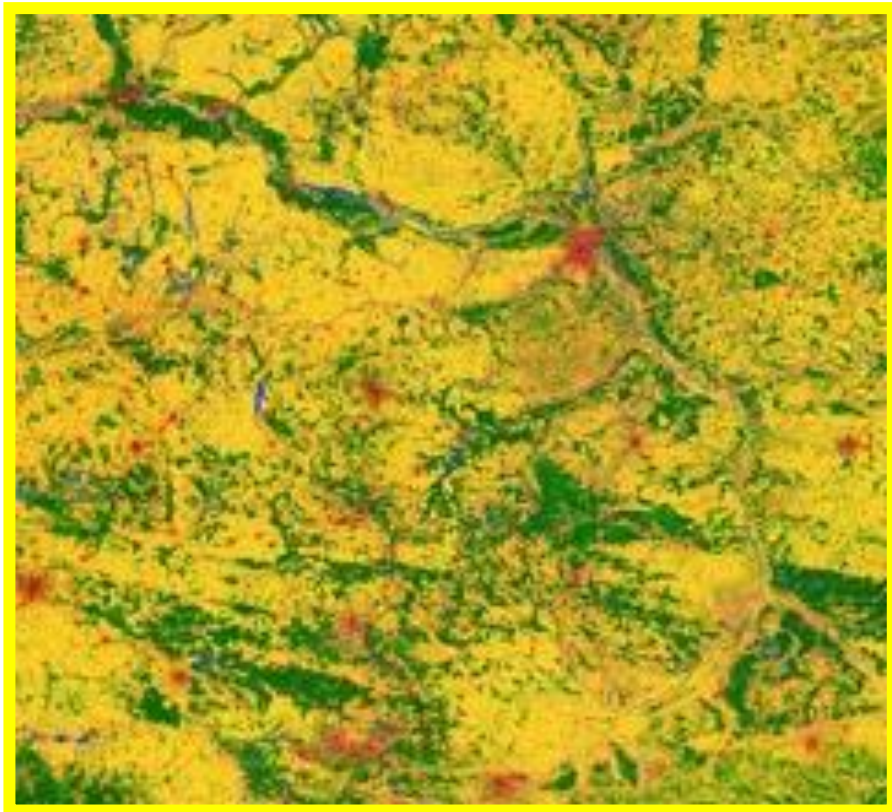
Wynik klasyfikacji nienadzorowanej  
wybranych grup upraw obrazu  
Sentinel-2 z 17.04.2016 roku dla  
powiatu ęczyńskiego i chełmskiego  
w województwie lubelskim.

Mapa pokrycia terenu powiatu ęczyńskiego i chełmskiego

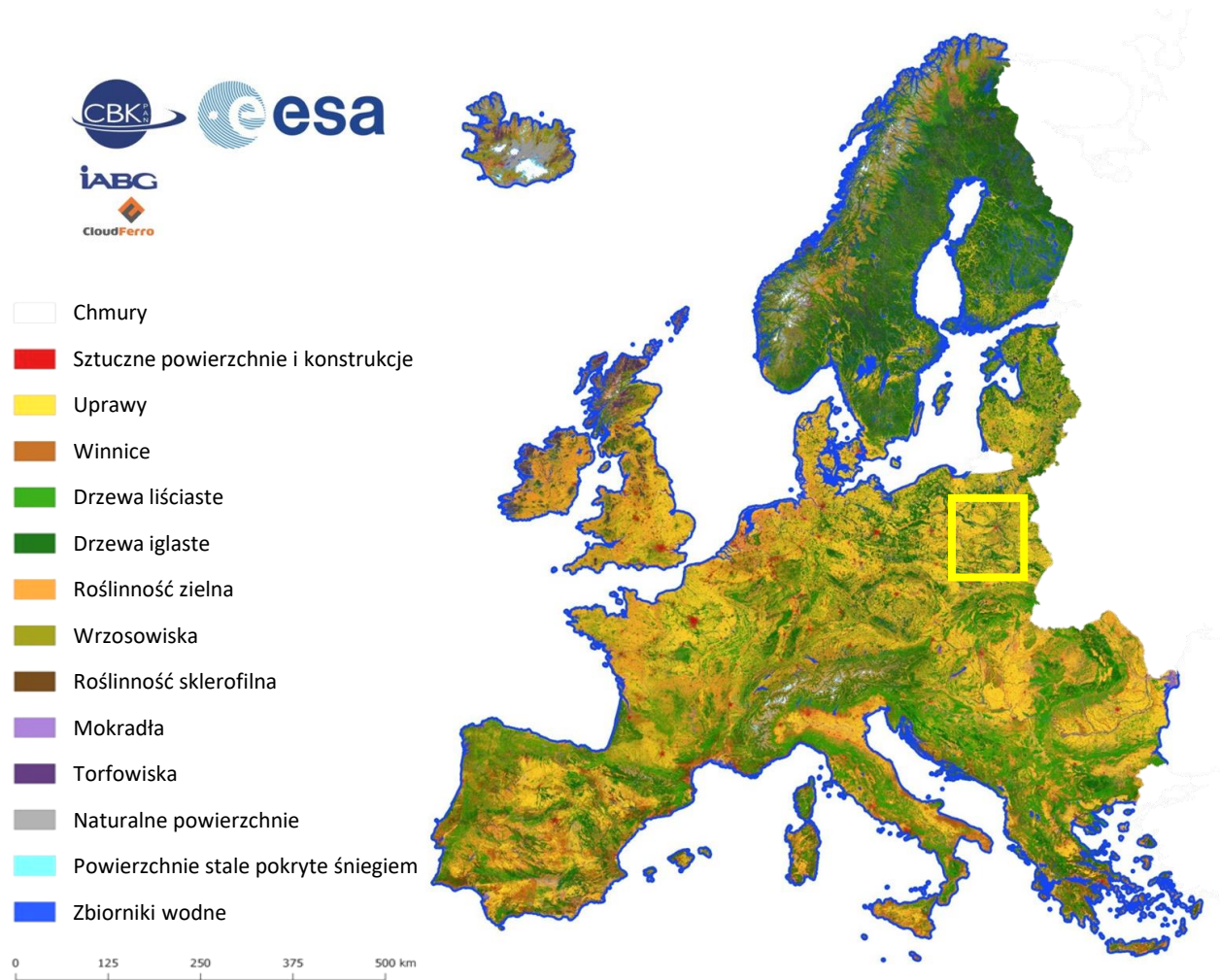


Źródło: Gwardys A., 2017

Projekt Sentinel-2 Global Land Cover – S2GLC, którego produktem jest mapa pokrycia terenu S2GLC 2017.

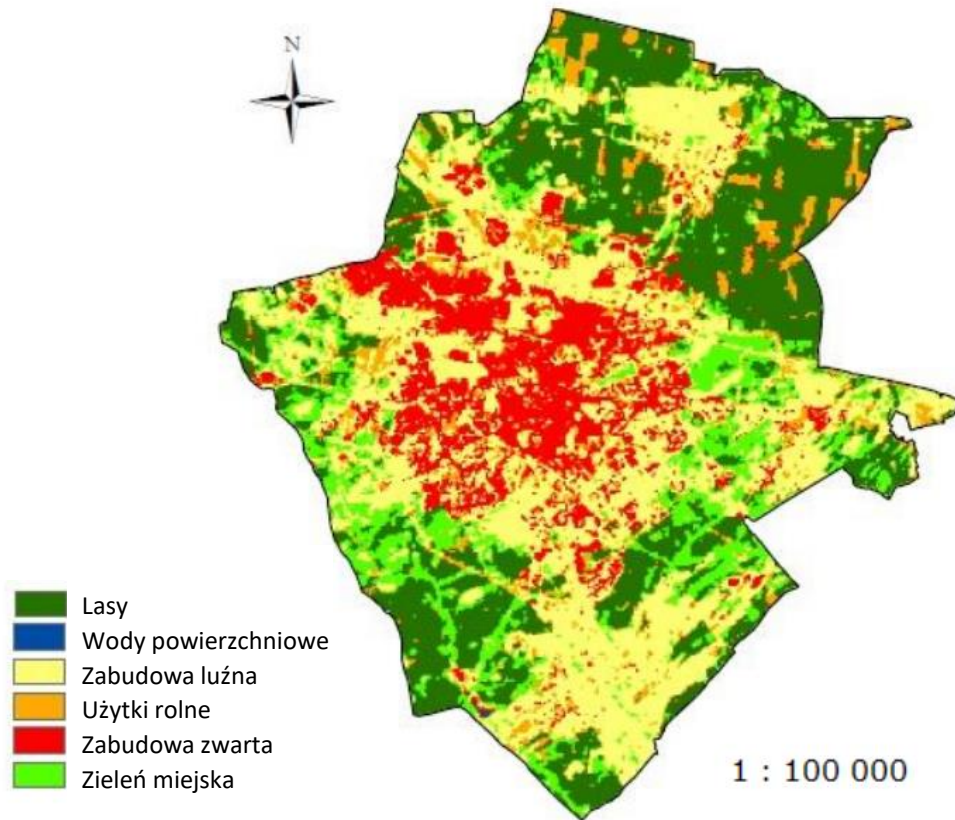


Mapa pokrycia terenu Europy z projektu S2GLC

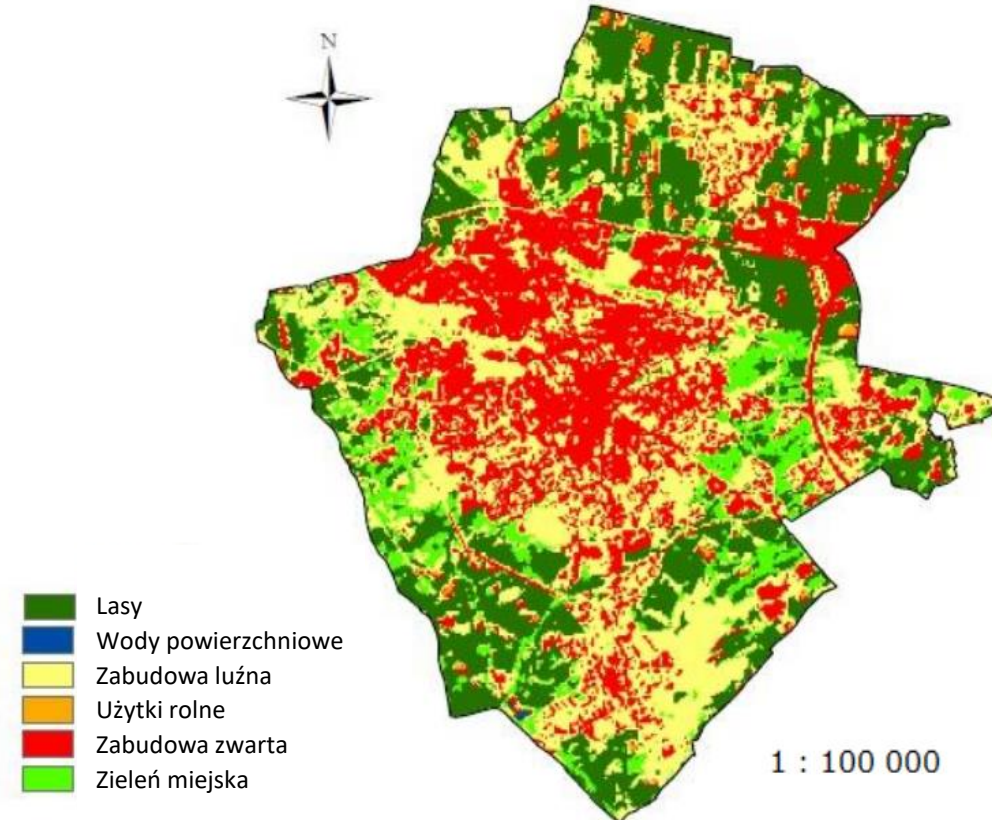


Źródło: Centrum Badań Kosmicznych PAN, 2019

Mapa pokrycia terenu dla Zielonej Góry  
(Landsat 5, 1985)

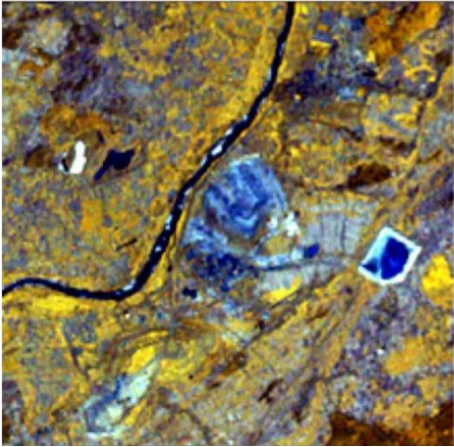


Mapa pokrycia terenu dla Zielonej Góry  
(Sentinel-2, 2016)

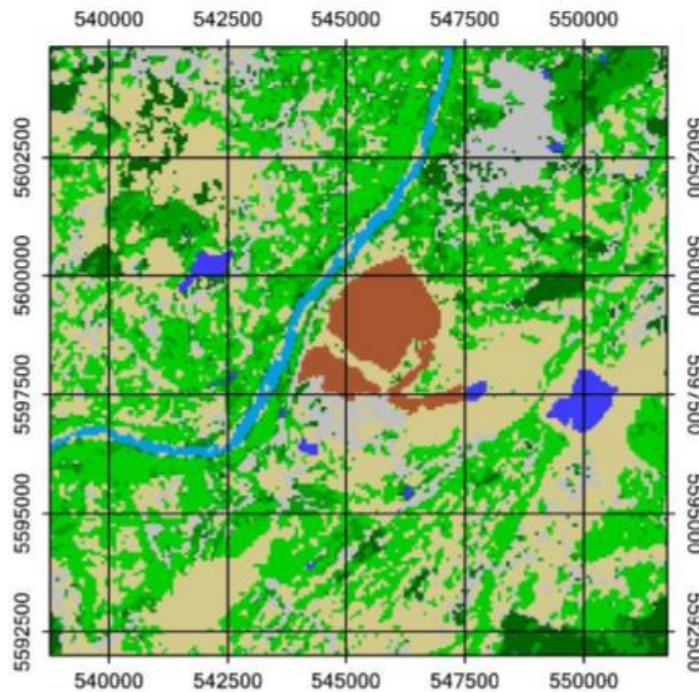


Źródło: Gmur D., 2018

Landsat 5, 23.09.1992

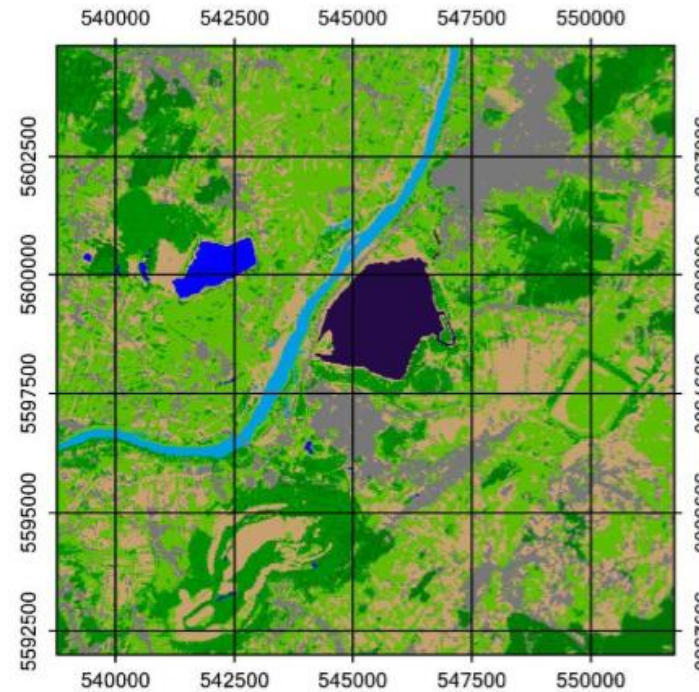


Mapa pokrycia terenu 1992 r.  
– Kopalnia Siarki „Machów” S.A.



- Rzeka
- Zbiorniki wodne
- Las iglasty
- Las liściasty
- Grunty z roślinnością
- Grunty bez roślinności
- Zabudowa
- Kopalnia

Mapa pokrycia terenu 2017 r.  
– Jezioro Tarnobrzeskie



- Rzeka
- Zbiorniki wodne
- Las iglasty
- Las liściasty
- Grunty z roślinnością
- Grunty bez roślinności
- Zabudowa
- Jezioro Tarnobrzeskie

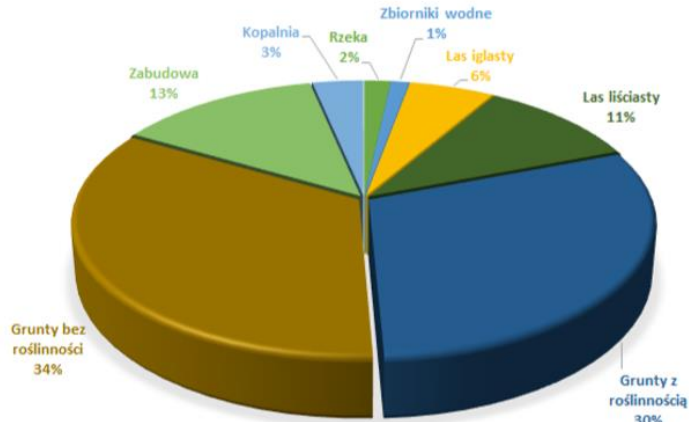
Landsat 8, 28.09.2017



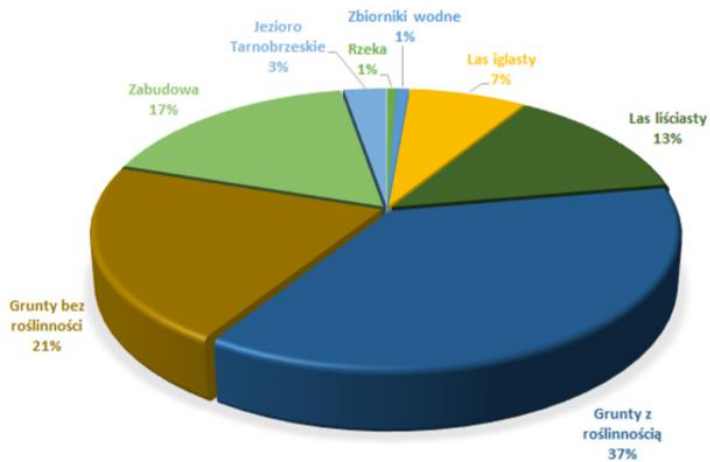
Źródło: Lipczyńska J., 2019

# Pokrycie terenu – analiza zmian

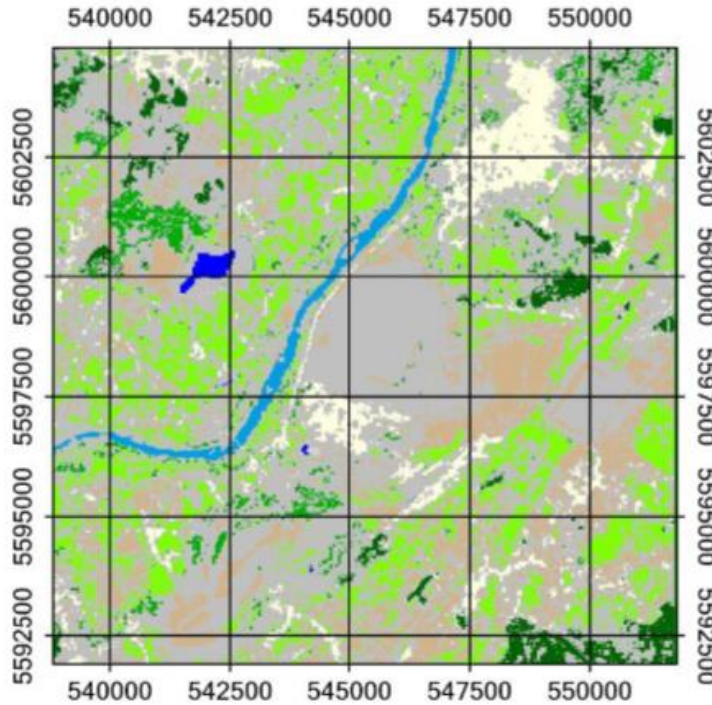
PROCENTOWY UDZIAŁ KLAS POKRYCIA TERENU NA ANALIZOWANYM OBSZARZE W 1992 ROKU



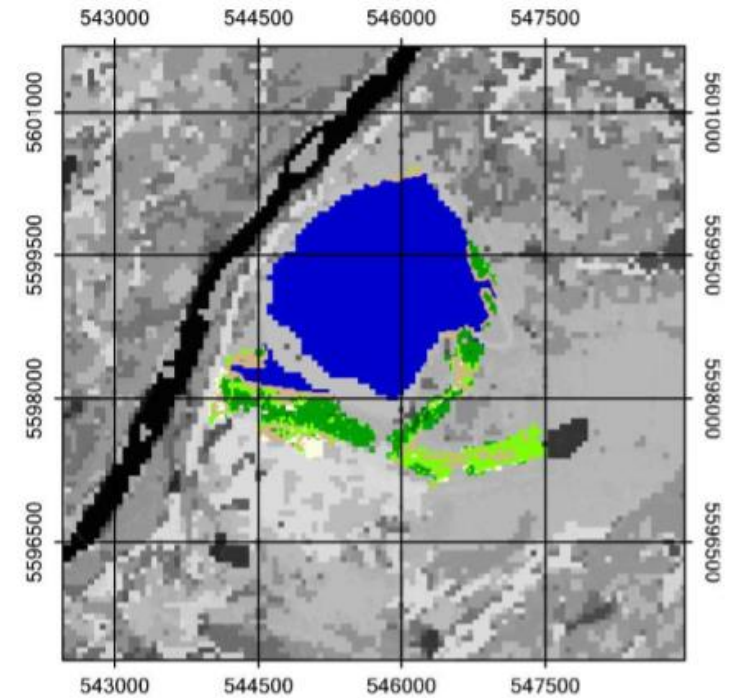
PROCENTOWY UDZIAŁ KLAS POKRYCIA TERENU NA ANALIZOWANYM OBSZARZE W 2017 ROKU



1 - Zmiany pokrycia terenu 1992-2017



2 - Mapa zmian pokrycia terenu wyrobiska górniczego – klasy w 2017



- Rzeka
- Zbiorniki wodne
- Las iglasty
- Las liściasty
- Grunty z roślinnością
- Grunty bez roślinności
- Zabudowa
- Obszary, które uległy zmianie

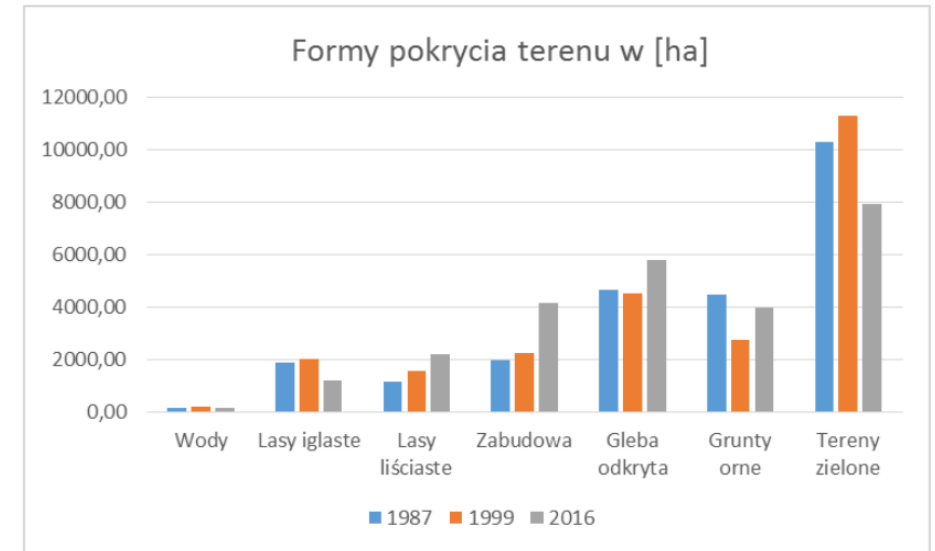
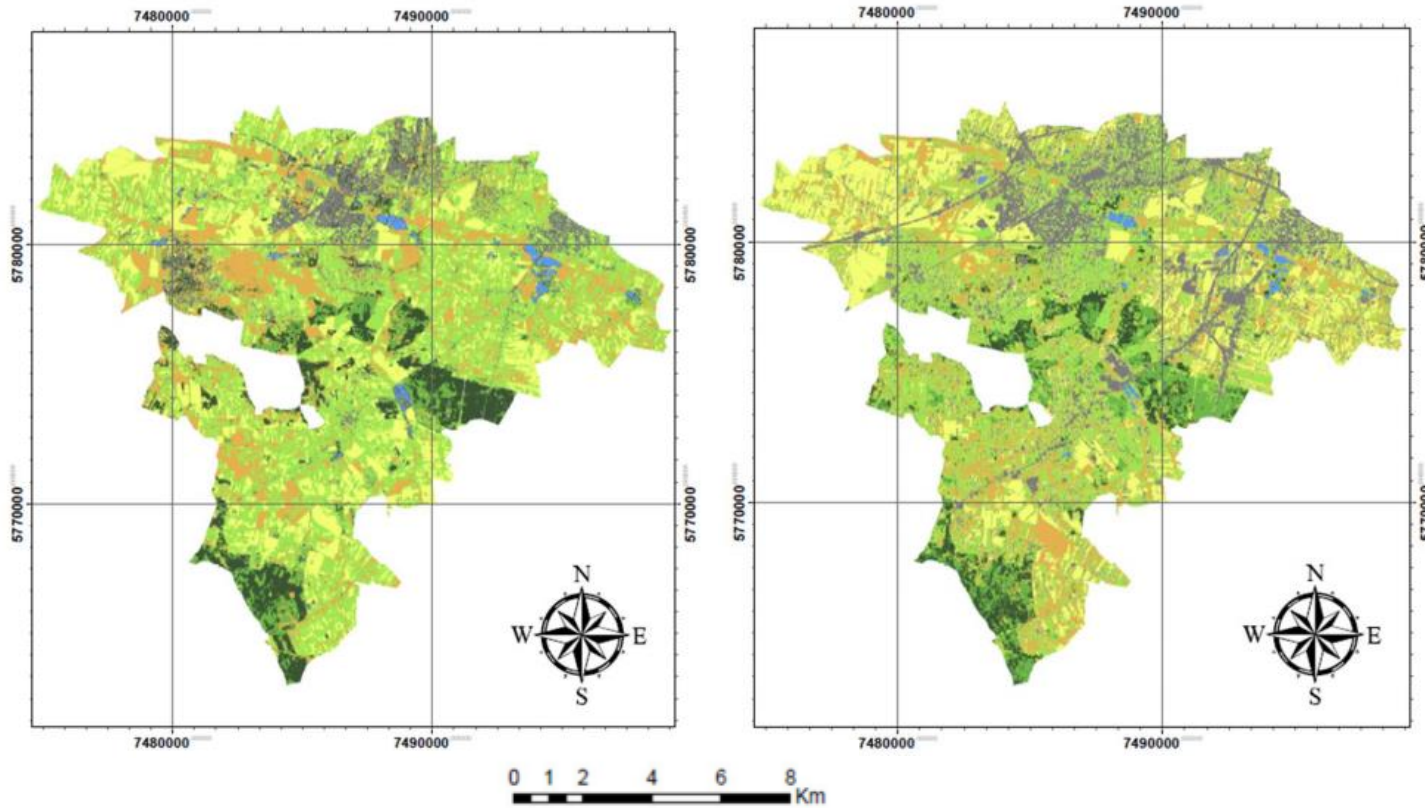
- Pozostałe obszary
- Las iglasty
- Las liściasty
- Grunty z roślinnością
- Grunty bez roślinności
- Jezioro Tarnobrzeskie

Źródło: Lipczyńska J., 2019

## Zmiany pokrycia terenu w latach 1987-1999-2016 powiatu pruszkowskiego

Mapa pokrycia terenu  
(Landsat 5, 1987)

Mapa pokrycia terenu  
(Landsat 8, 2016)



**Legenda:**

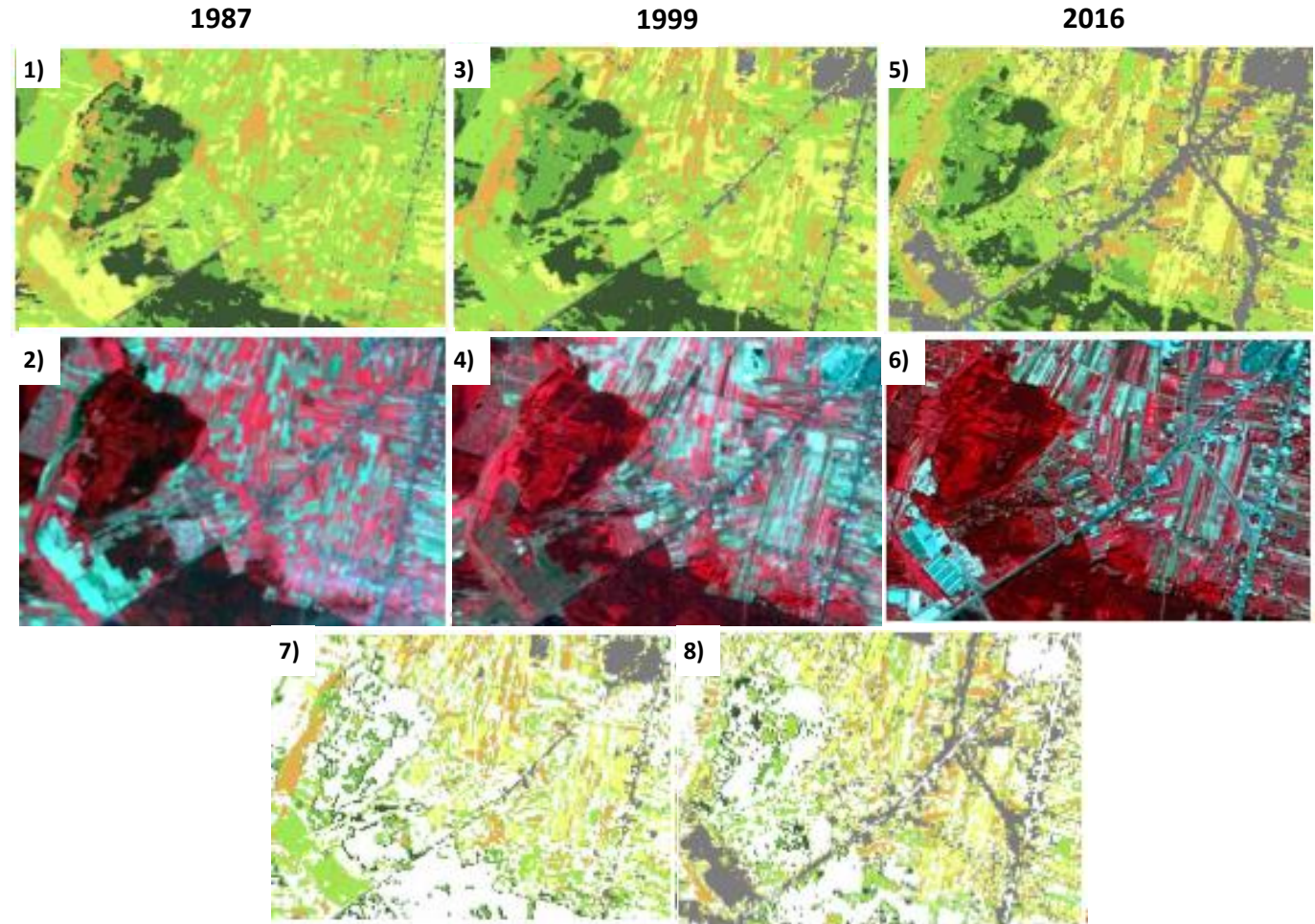
- Gleba odkryta
- Grunty orne
- Las liściasty
- Las iglasty
- Tereny zielone
- Woda
- Zabudowa

Źródło: Dziejczak I., 2019

Analiza różnic w powierzchni terenu zabudowanego:

- 1) i 2) pokrycie terenu z 1987 roku,
- 3) i 4) pokrycie terenu z 1999 roku,
- 5) i 6) pokrycie terenu z 2016 roku,
- 7) mapa różnicowa między rokiem 1987 i 1999,
- 8) mapa różnicowa między rokiem 1999 i 2016.

Przyrost terenów zabudowanych



Legenda:

Tereny bez zmian	Gleba odkryta	Las liściasty	Tereny zielone
Woda	Grunty orne	Las iglasty	Zabudowa

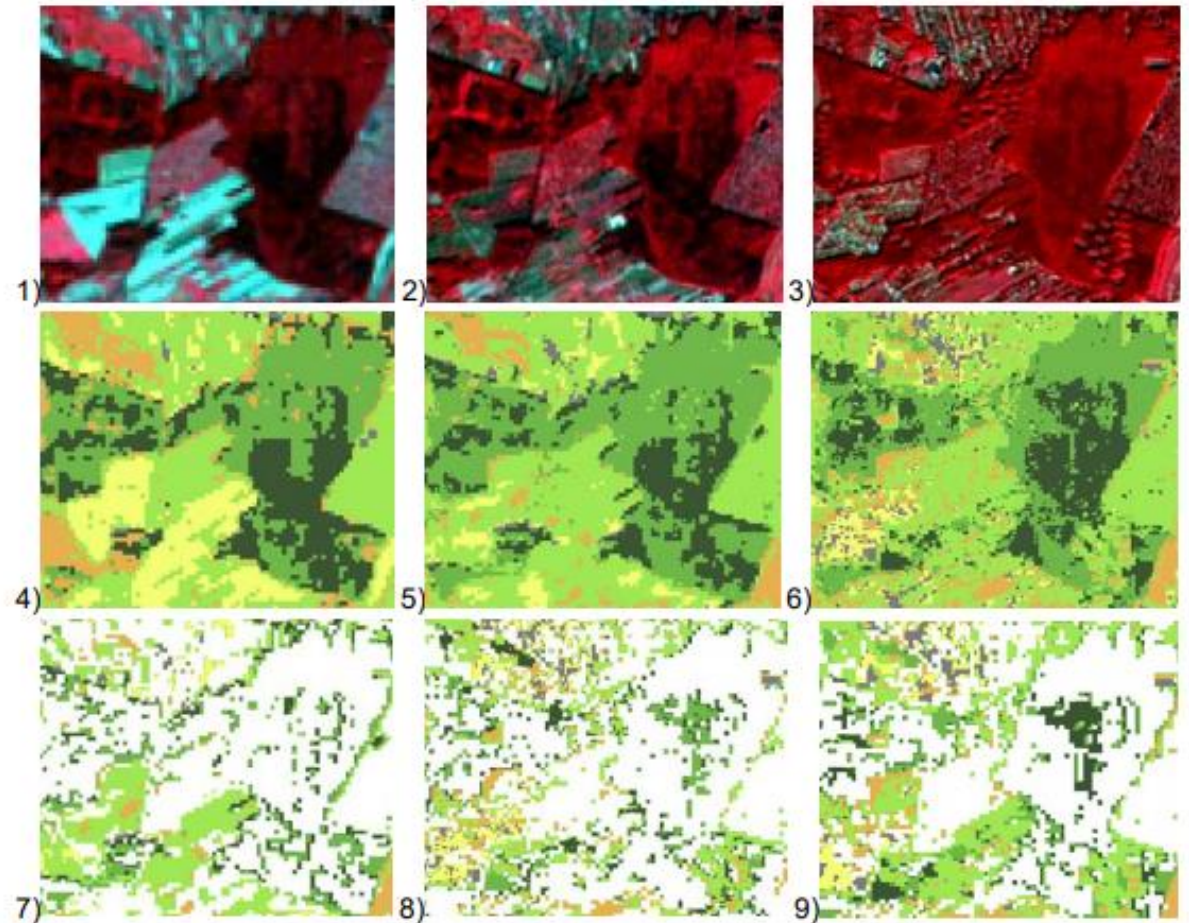
Źródło: Dzedzic I., 2019



Różnice w powierzchni terenów leśnych:

- 1), 2) i 3) wizualizacja lasów na kompozycji barwnej z 1987, 1999 i 2016,
- 4), 5) i 6) lasy iglaste i liściaste sklasyfikowane na mapie pokrycia terenu z 1987, 1999 i 2016,
- 7) mapa różnicowa między rokiem 1987 i 1999,
- 8) mapa różnicowa między rokiem 1999 i 2016,
- 9) mapa różnicowa między rokiem 1987 i 2016.

Zmiany struktury i przyrost terenów leśnych  
1987 → 1999 → 2016



Legenda:

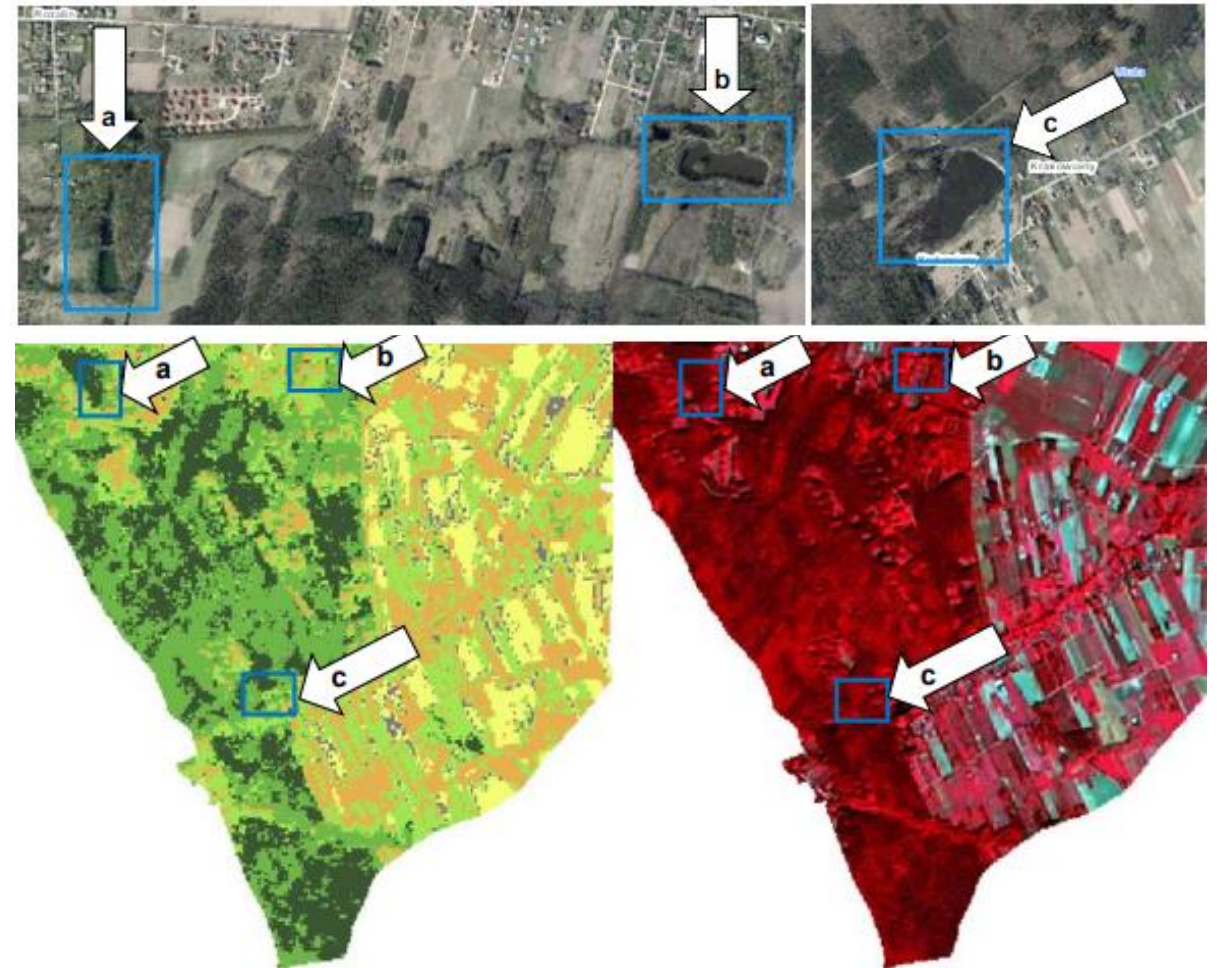


Źródło: Dziejic I., 2019

# Błędy klasyfikacji cyfrowej

Błędy klasyfikacji pojawiają się gdy obiekty są zbyt małe w stosunku do rozdzielczości przestrzennej (tj. wymiaru terenowego piksela) oraz gdy ich wzorce są do siebie zbyt podobne.

Grupy pikseli (obiekty a, b, c) reprezentujące wodę sklasyfikowane błędnie jako las



Źródło: Dzedzic I., 2019

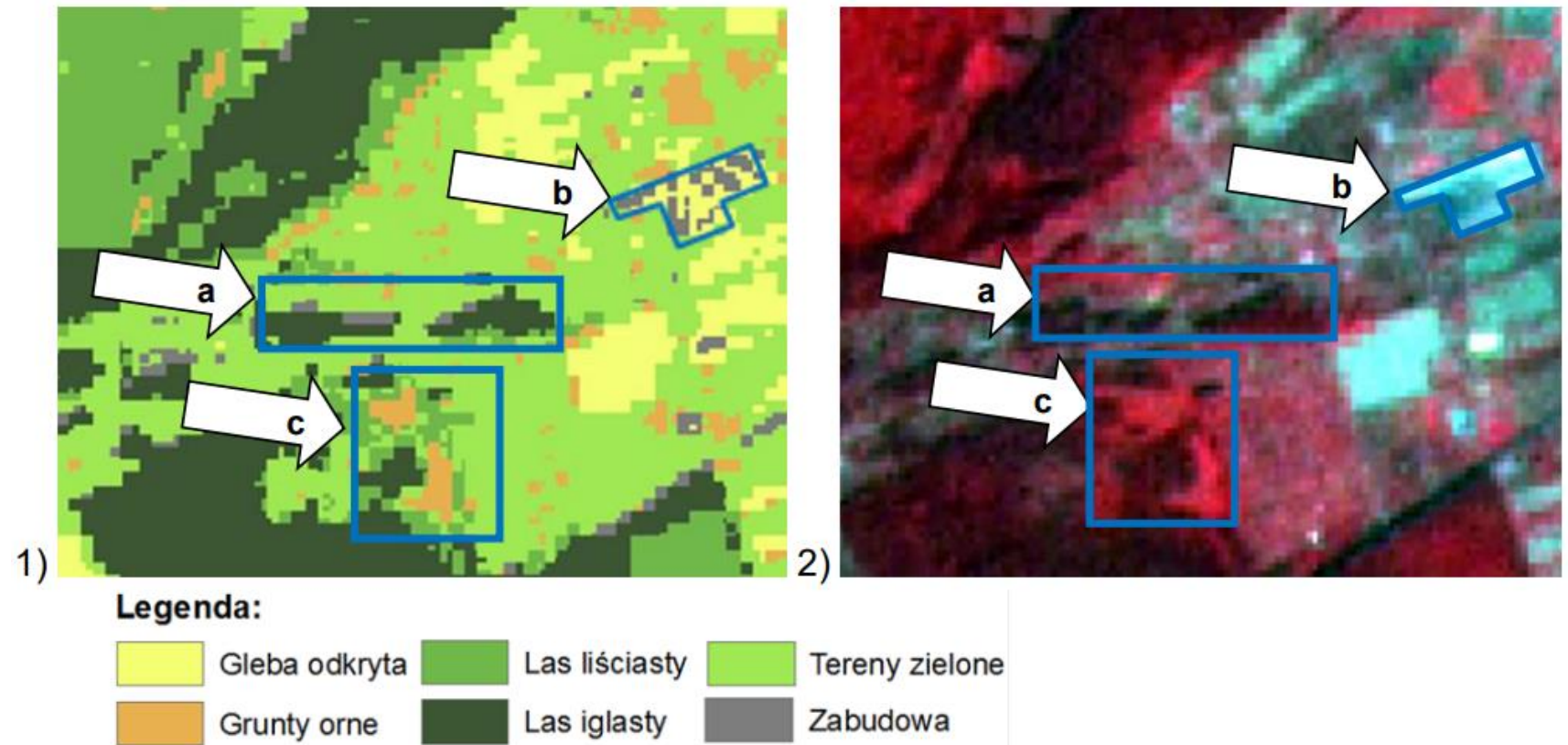
Analizowane błędy:

A – sklasyfikowanie cienia rzuconego przez las do klasy zabudowy (kolor szary),

B – sklasyfikowanie zabudowy jako gleba odkryta (kolor jasnożółty),

C – sklasyfikowanie terenów leśnych jako grunty orne z roślinnością (kolor pomarańczowy).

Przykłady błędnej klasyfikacji

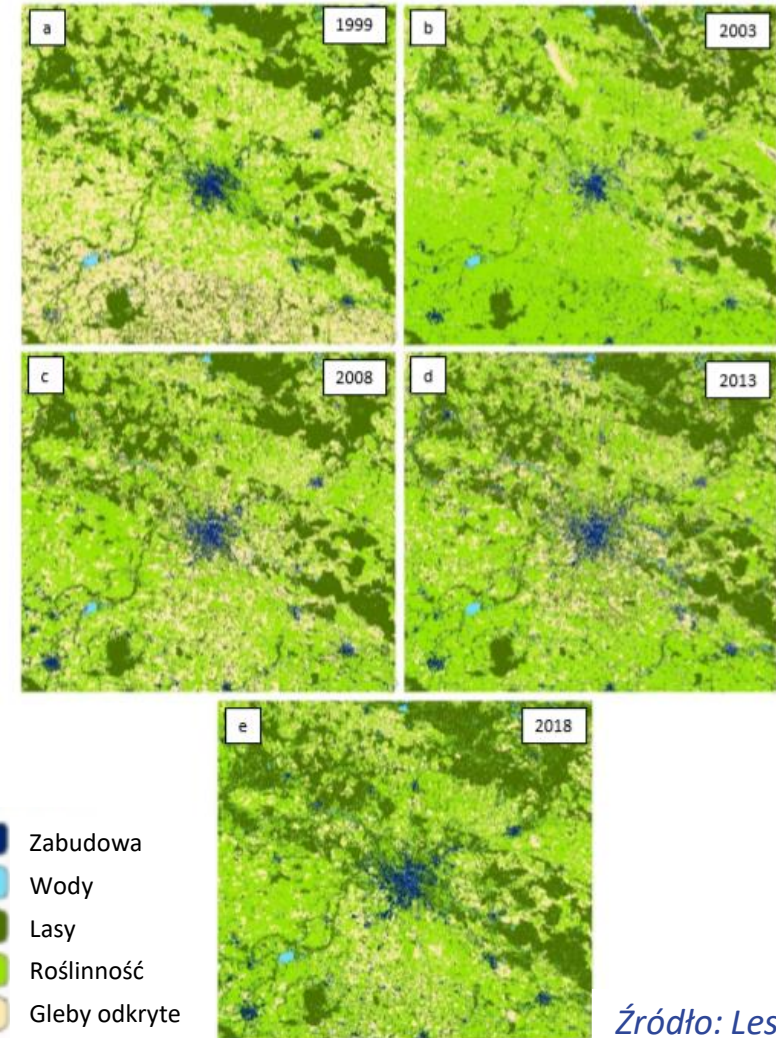
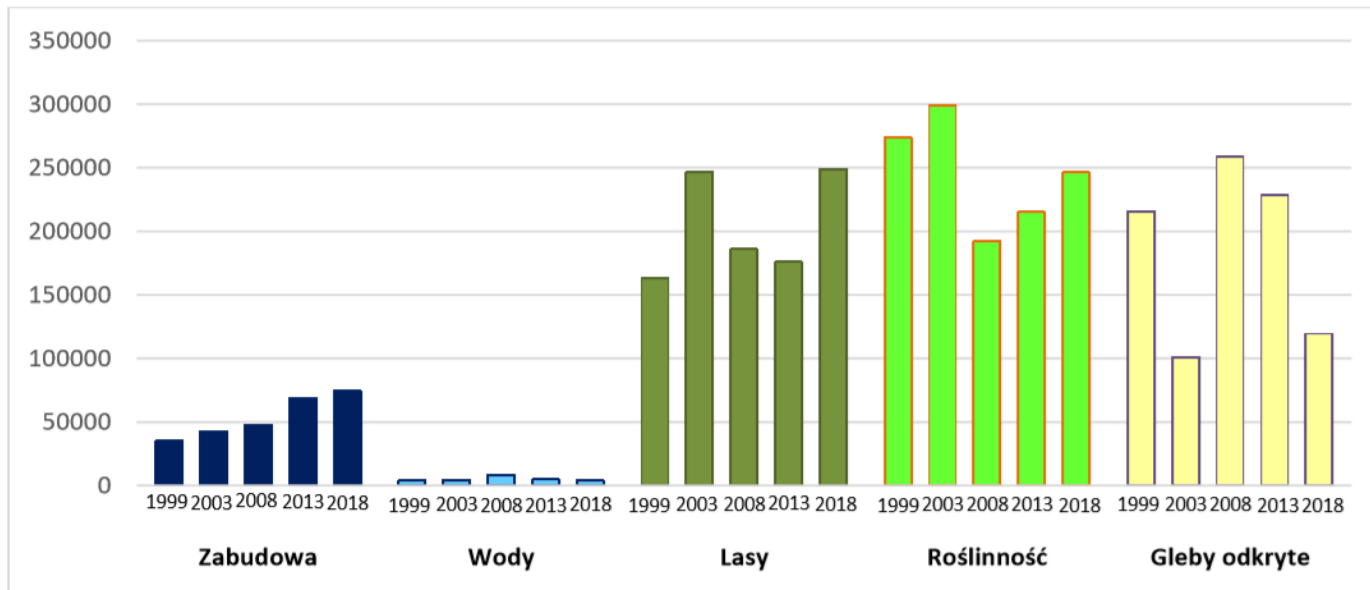


Źródło: Dziejic I., 2019

- Klasyfikacja spektralno-teksturowa obrazów Landsat 7 i 8.
- Analiza rozwoju aglomeracji wrocławskiej w latach 1999-2018.

Zmiany pokrycia terenu Wrocławia w latach 1999-2018

Powierzchnie poszczególnych klas pokrycia terenu Wrocławia w latach 1999-2018



Źródło: Lesisz K., 2019

## Przykłady typów zabudowy



Zabudowa ścisłego centrum miasta



Zabudowa mieszkaniowa



Zabudowa mieszkaniowa



Zabudowa obrzeży warszawskiej Białotęki

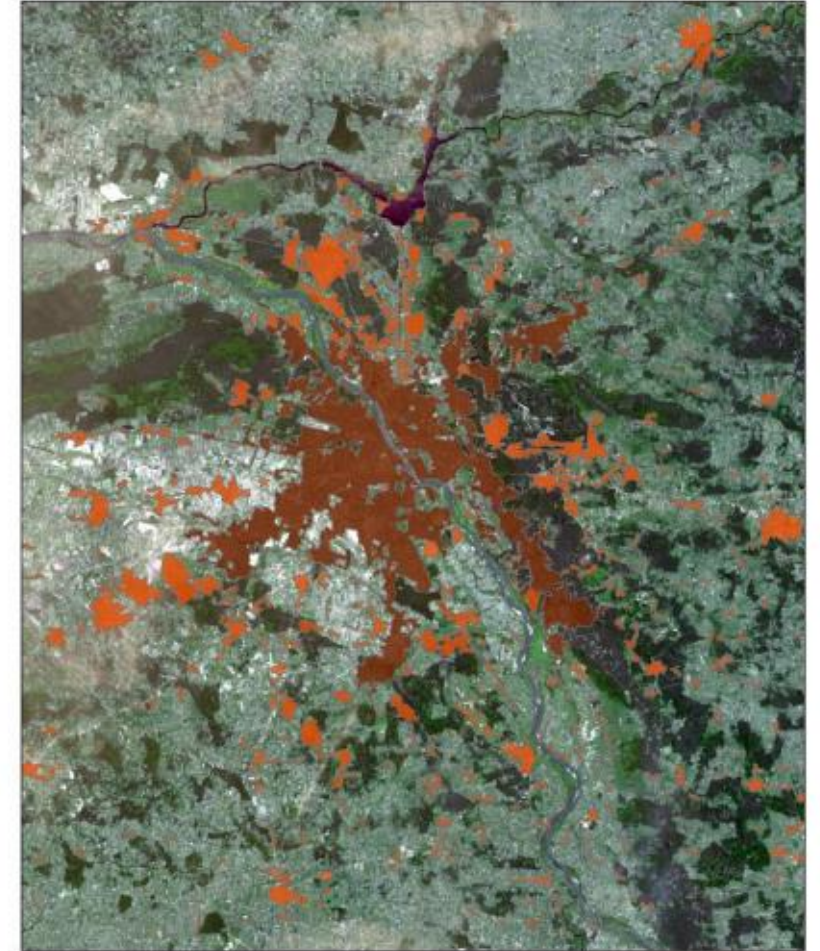


Wieś Wieliszew



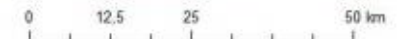
Wieś Wojszczyce

## Sklasyfikowane typy zabudowy



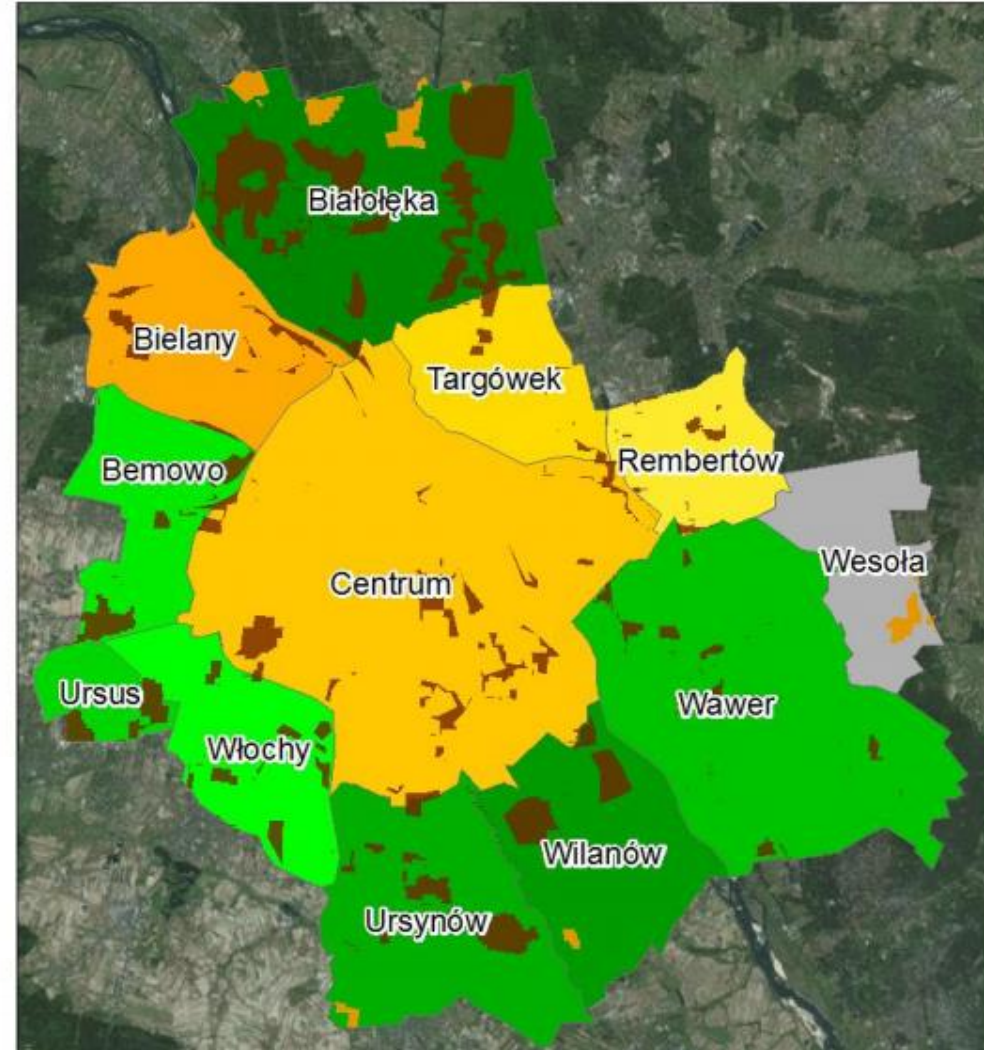
### Legenda

- zabudowa luźna
- zabudowa zwarta



Źródło: Jarosińska K., 2019

Przyrost zabudowy aglomeracji  
Warszawskiej w latach 1987-2013  
na tle zmian liczby ludności.



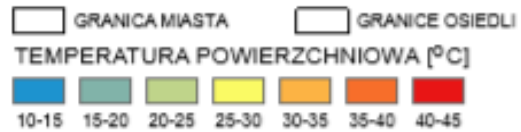
Źródło: Jarosińska K., 2019

- Monitorowanie miejskich wysp ciepła.

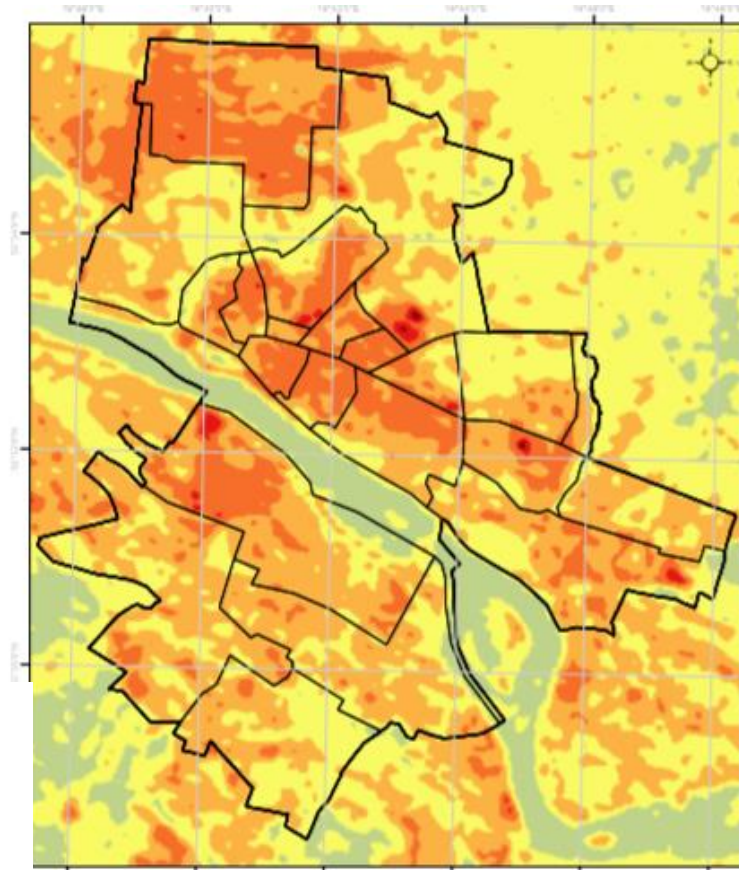
# Analiza temperatury powierzchniowej miasta

Analiza temperatury powierzchniowej dla miasta Płock opracowana na podstawie przetworzonych obrazów satelitarnych wykonanych w ramach misji Landsat 5 i Landsat 7.

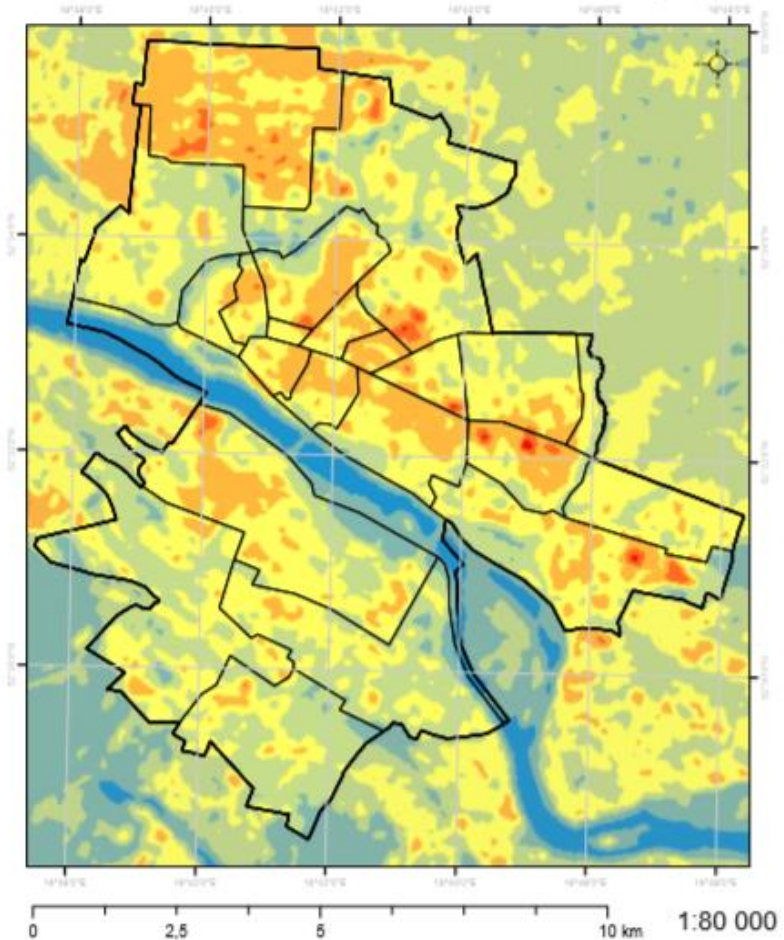
**LEGENDA**



Rozkład temperatury powierzchniowej (Landsat 5, 03.07.2006)



Rozkład temperatury powierzchniowej (Landsat 7, 03.07.2015)



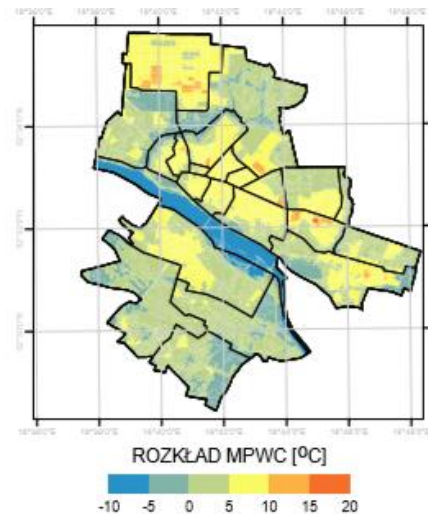
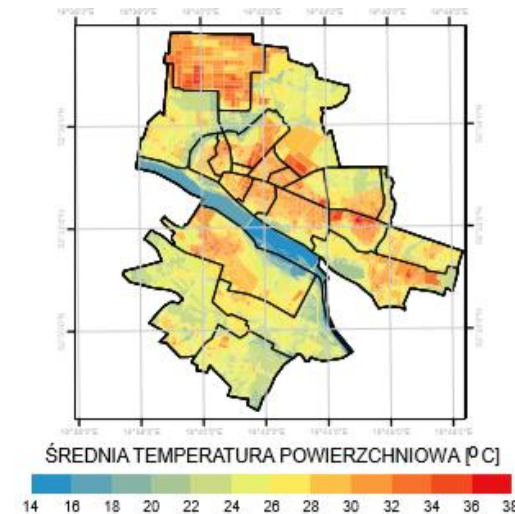
Źródło: Gańko P., Osińska-Skotak K., 2019



Średnie wartości wskaźników urbanistycznych w Płocku 03.07.2015 r. w odniesieniu do granic klas pokrycia terenu wg klasyfikacji Urban Atlas z 2012 r.



Średnie temperatura powierzchniowa oraz rozkład przestrzenny MPWC w Płocku 03.07.2015 r. w odniesieniu do granic klas pokrycia terenu wg klasyfikacji Urban Atlas z 2012 r.



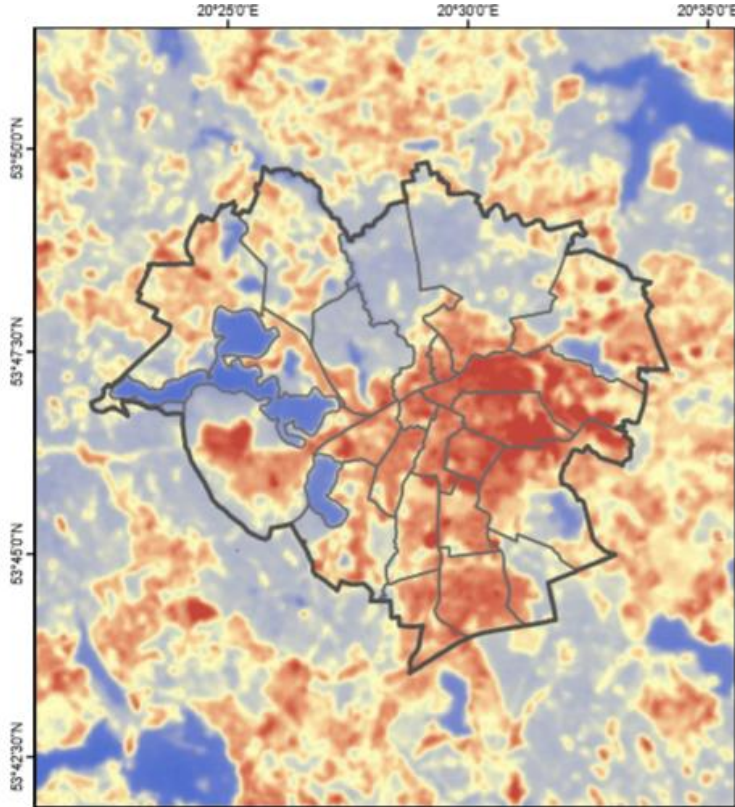
Źródło: Gańko P., Osińska-Skotak K., 2019

# Modelowanie miejskiej wyspy ciepła

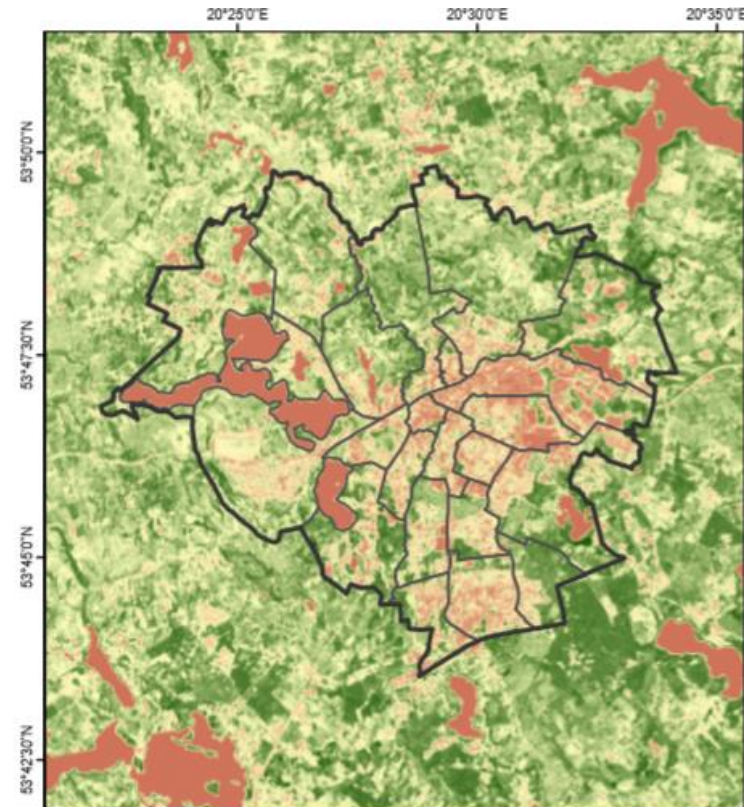
Mapa rozkładu temperatury powierzchniowej oraz mapa wskaźnika NDVI na terenie miasta Olsztyn z 03.07.2005 roku.

Obszary o wyższej temperaturze mają niższy wskaźnik roślinności i odwrotnie. Wyjątkiem są zbiorniki wodne (tu: jeziora), które mają niższą temperaturę (kolor ciemnoniebieski) i niski wskaźnik roślinności (kolor brązowy).

Rozkład temperatury powierzchniowej (Landsat 7, 03.07.2015)



Rozkład wskaźnika NDVI (Landsat 7, 03.07.2015)



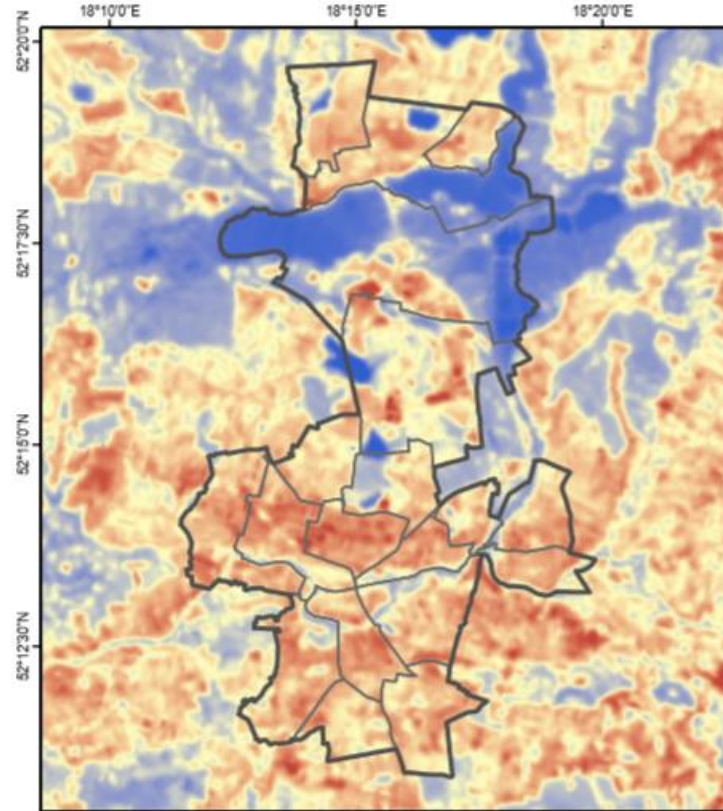
Źródło: Kubajek Z., Osińska-Skotak K., 2019

# Modelowanie miejskiej wyspy ciepła

Mapa rozkładu temperatury powierzchniowej oraz mapa wskaźnika NDVI na terenie miasta Konin z 03.07.2015.

Takie analizy mogą posłużyć do diagnozy stanu środowiska miejskiego, planowania zmian w strukturze miasta i w podejmowaniu innych działań minimalizujących skutki miejskiej wyspy ciepła.

Rozkład temperatury powierzchniowej (Landsat 7, 03.07.2015)



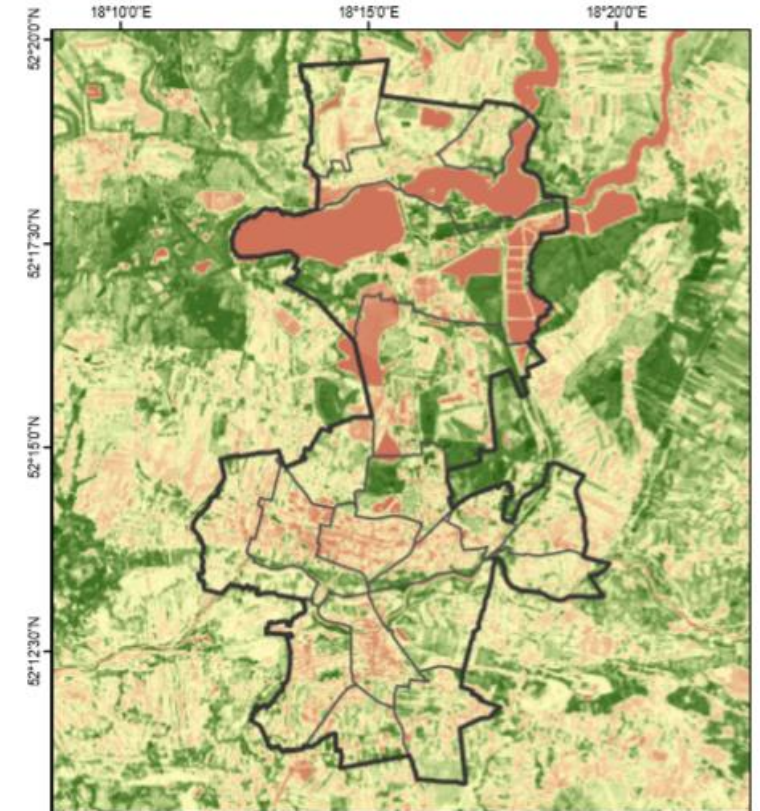
**Legenda**

Temperatura powierzchniowa  
Max. : 39,4°C  
Min. : 7,7°C

Konin  
Osiedla



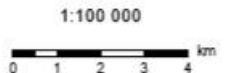
Rozkład wskaźnika NDVI (Landsat 7, 03.07.2015)



**Legenda**

NDVI  
Max. : 0,63  
Min. : -0,46

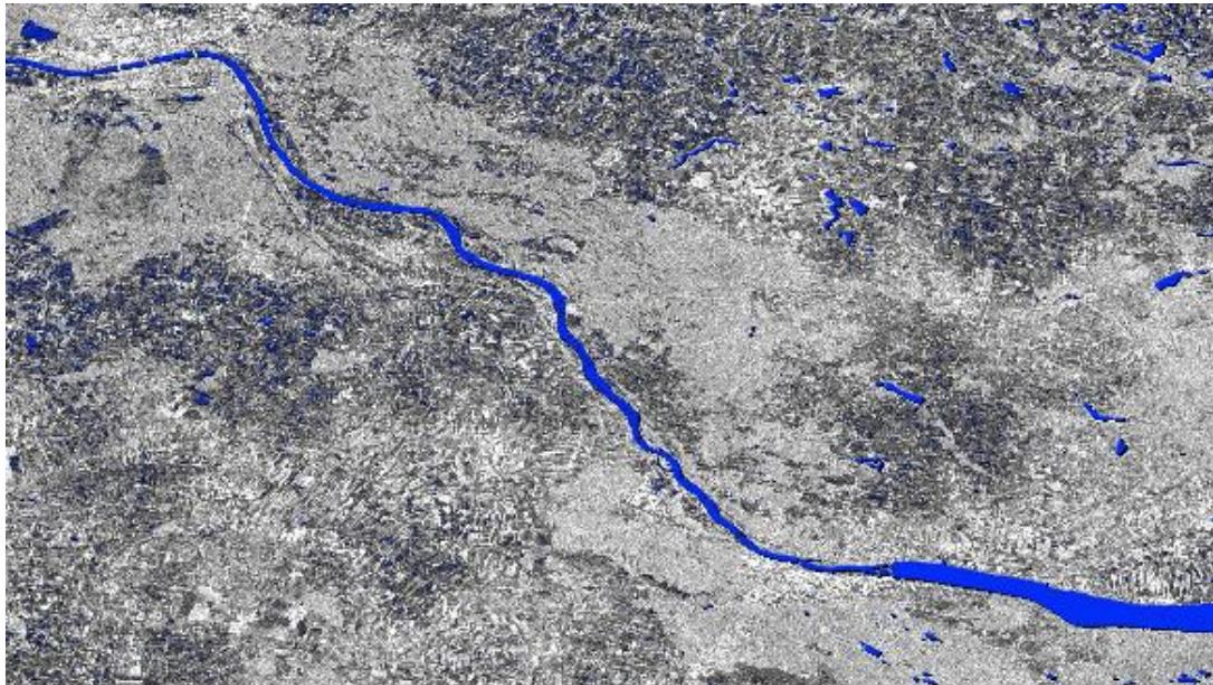
Konin  
Osiedla



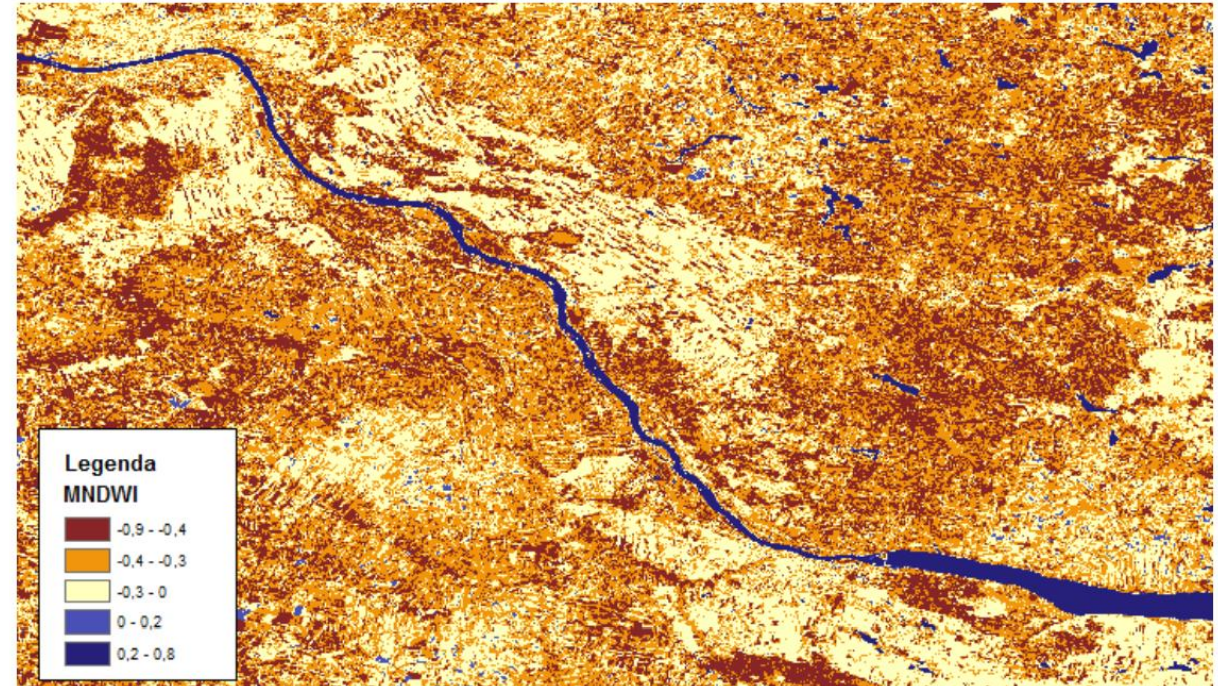
Źródło: Kubajek Z., Osińska-Skotak K., 2019

- Detekcja wody i analiza podtopień.
- Monitorowanie zlodzeń na rzekach.
- Monitorowanie osiadania gruntów.

Zasięg wody wyznaczony na obrazie radarowym  
- współczynnik wstecznego rozproszenia

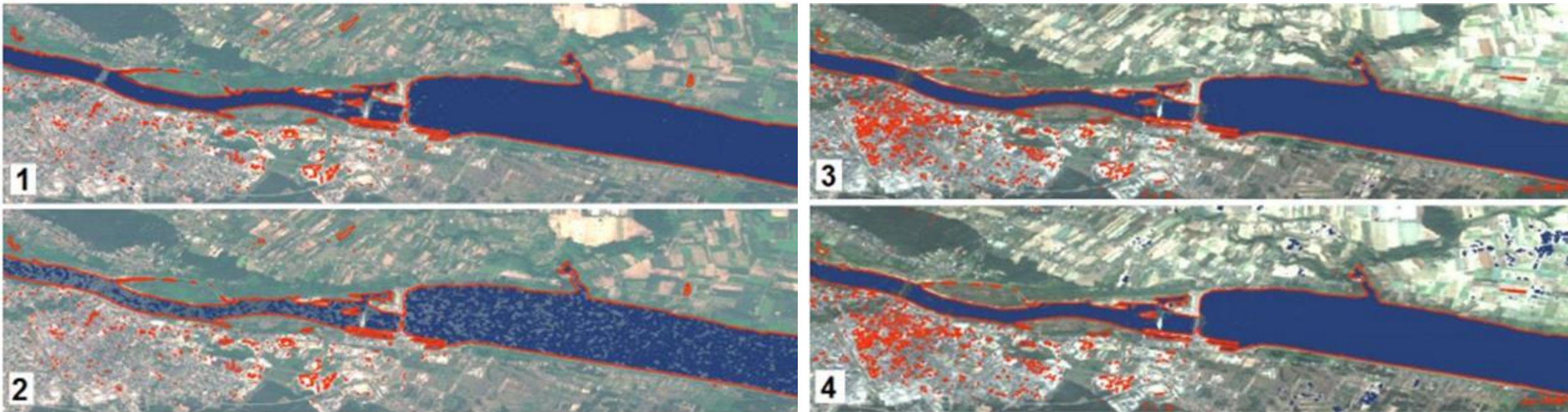




Zasięg wody wyznaczony na obrazie MNDWI  
- wskaźnik wilgotności



Źródło: Komoda J., 2017

Zasięgi wód wyznaczone na podstawie zobrazowania radarowego Sentinel-1 z różnych dat, o różnej polaryzacji i kierunku orbity



-  zasięg wody wyznaczony na podstawie obrazu radarowego
-  zasięg wody wyznaczony na podstawie obrazu optycznego

Porównanie rezultatów działania algorytmu dla fragmentu:

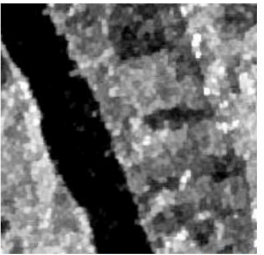
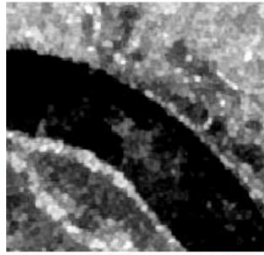
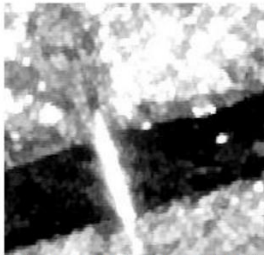
1. rzeki płynącej przez obszar miasta,
2. rzeki z występującymi łachami piasku,
3. rzeki poza obszarem miasta.

**1**

**2**

**3**

**VV**

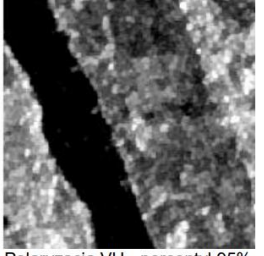
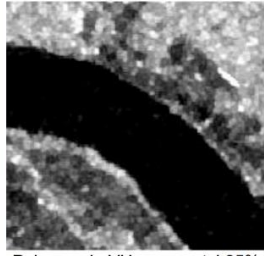
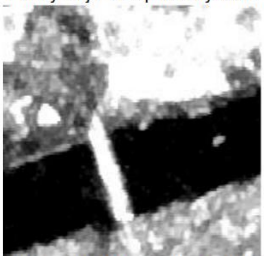


Polaryzacja VV - percentyl 90%

Polaryzacja VV- percentyl 90%

Polaryzacja VV- percentyl 90%

**VH**

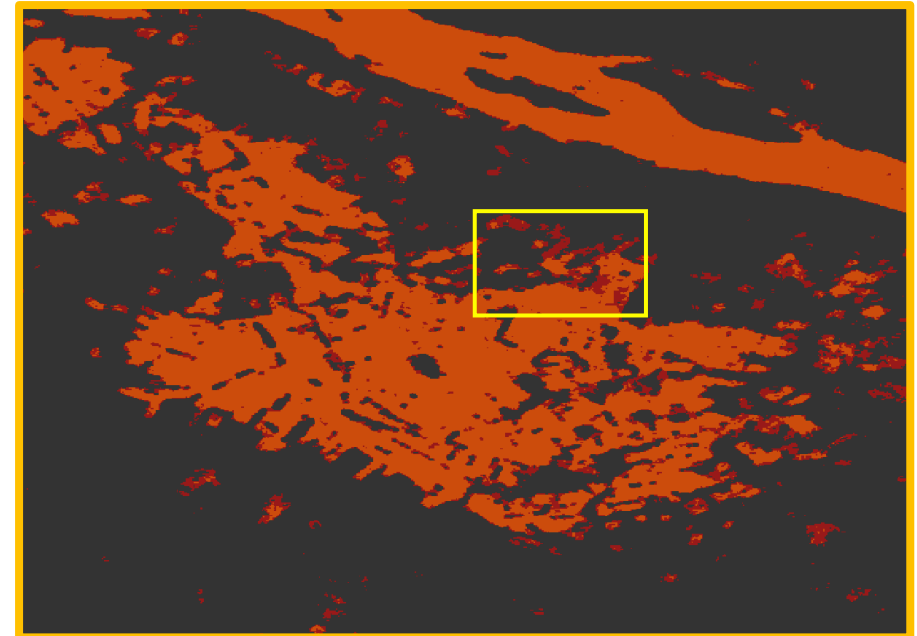
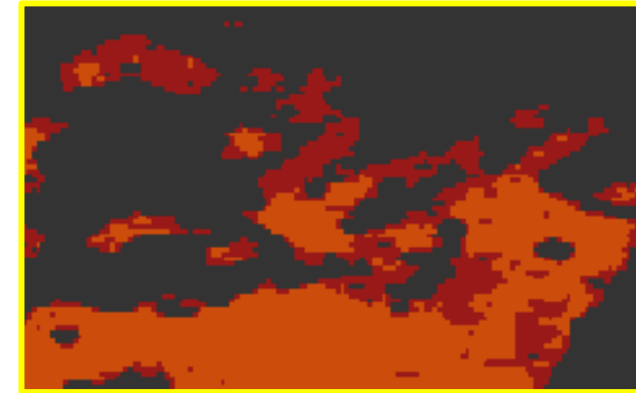
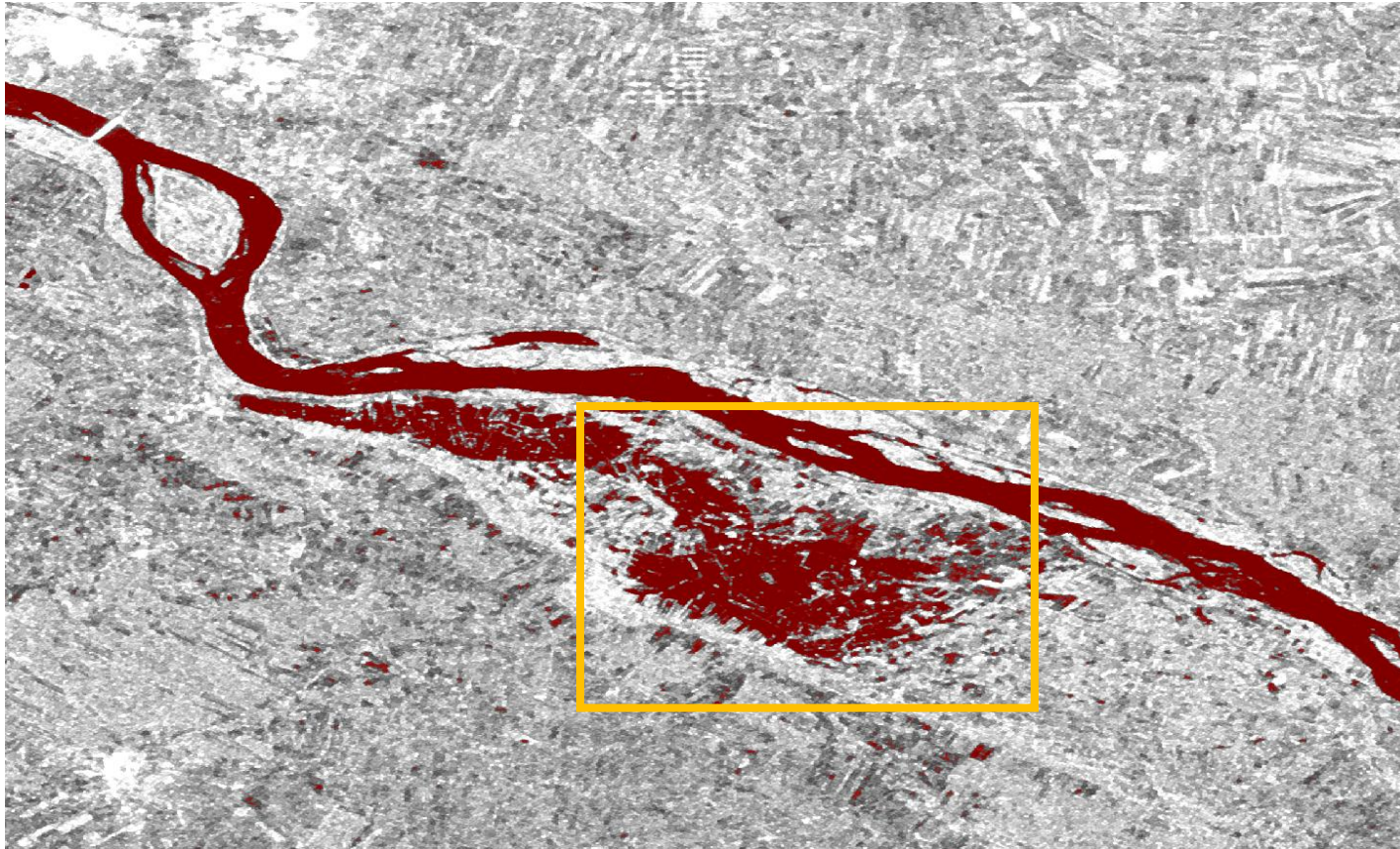


Polaryzacja VH - percentyl 95%

Polaryzacja VH - percentyl 95%

Polaryzacja VH - percentyl 95%

Automatyczne generowanie zasięgu wody z danych radarowych Sentinel-1

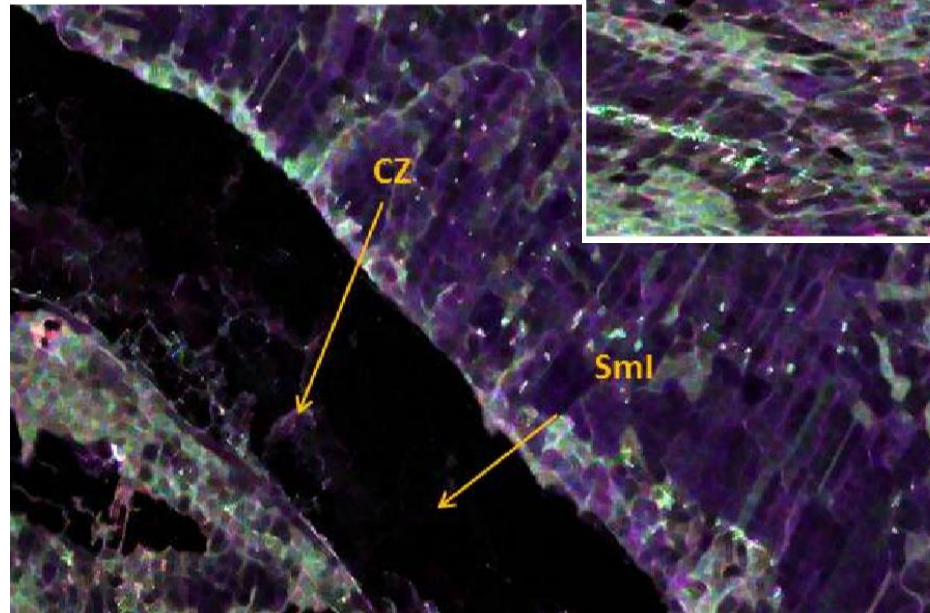


Źródło: SAFEDAM, 2018

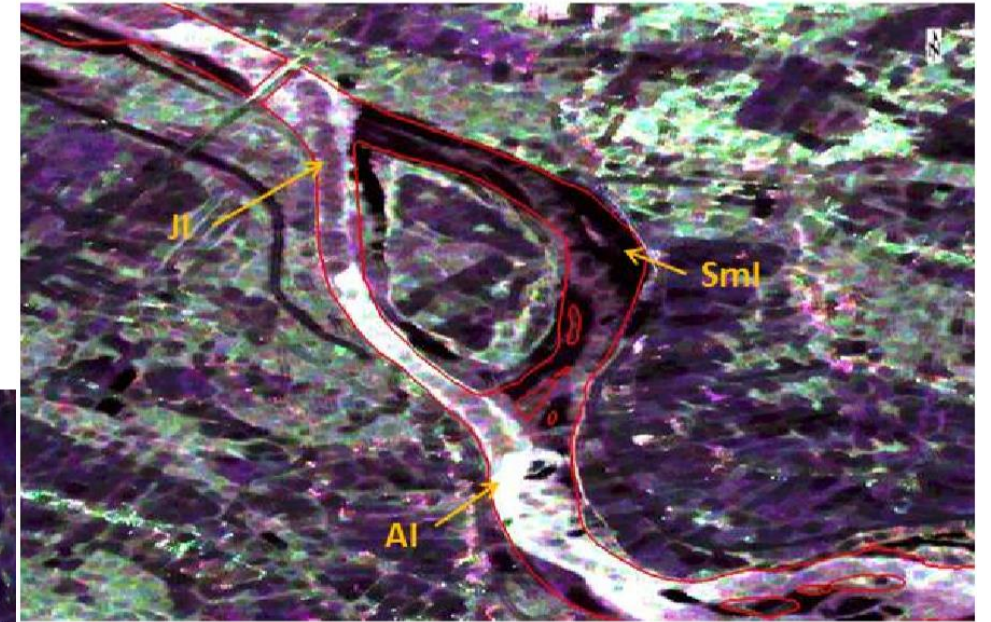


Wygląd form lodowych wybranych do klasyfikacji nadzorowanej na kompozycji barwnej z polaryzacji HH HV VV (dane RADARSAT-2 z 28.01.2014):

- gładka pokrywa lodowa (Sml),
- strefy kontaktowe pomiędzy polami lodowymi (CZ),
- pokrywa lodowa z połączonych form lodu mobilnego (głównie śryż) (Jl),
- pokrywa lodowa ze stłoczonych form lodu mobilnego (Al).



Formy lodowe na Wiśle (RADARSAT-2, 28.01.2014)



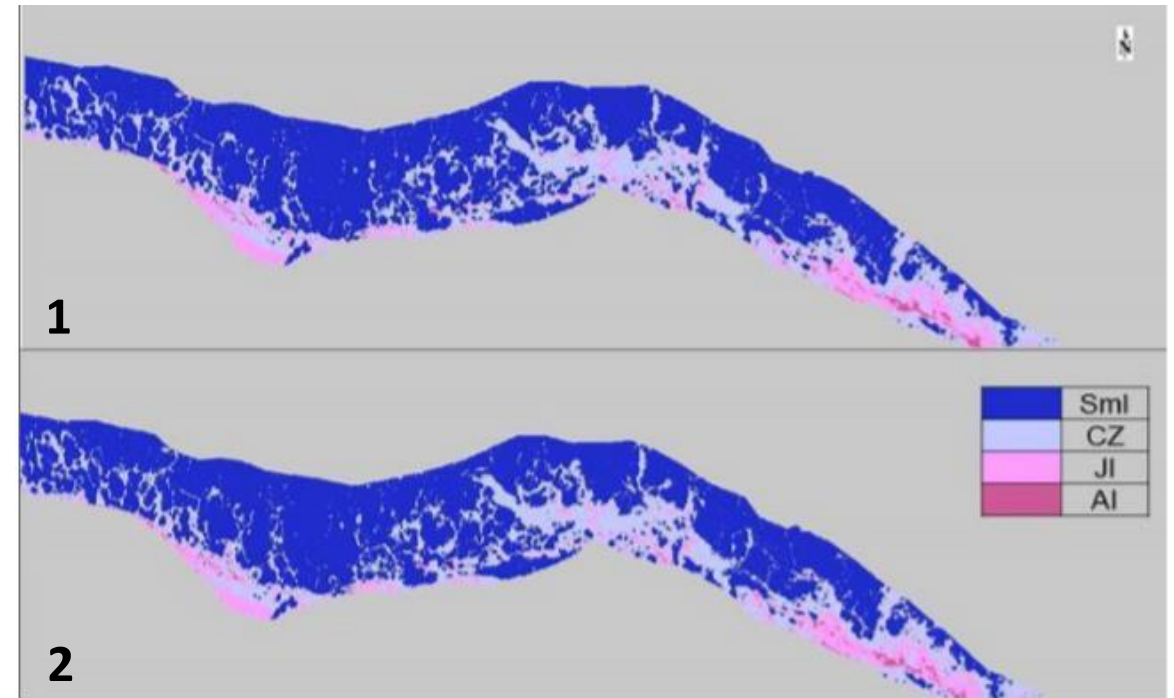
Źródło: Canadian Space Agency (CSA), 2014

Pokrywa lodowa na Zbiorniku Włocławskim.

Wyniki te są istotne dla służb monitorujących zjawiska lodowe na rzekach, ale także dla samorządów, na obszarze których mogą wystąpić podobne zjawiska i związane z nimi problemy.



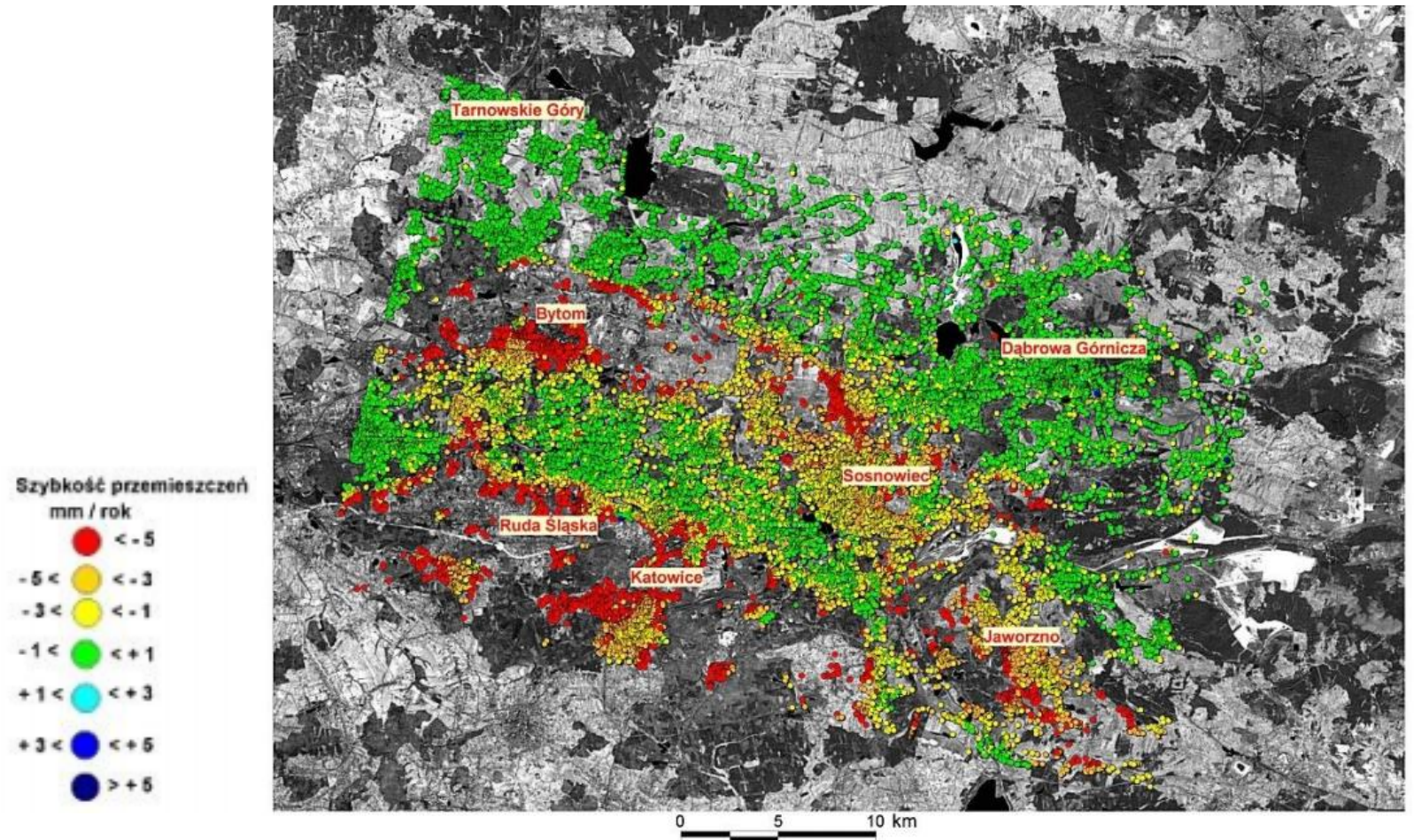
Wynik klasyfikacji na podstawie danych RADARSAT-2:  
1 – 01.02.2014 o czterech kanałach polaryzacji,  
2 – 01.02.2014 w polaryzacji HH-HV.



Źródło: Łoś H., 2017

Badanie metodą satelitarnej interferometrii radarowej PSInSAR (ang. *Permanent Scatterer Interferometry*) z wykorzystaniem stałych reflektorów.

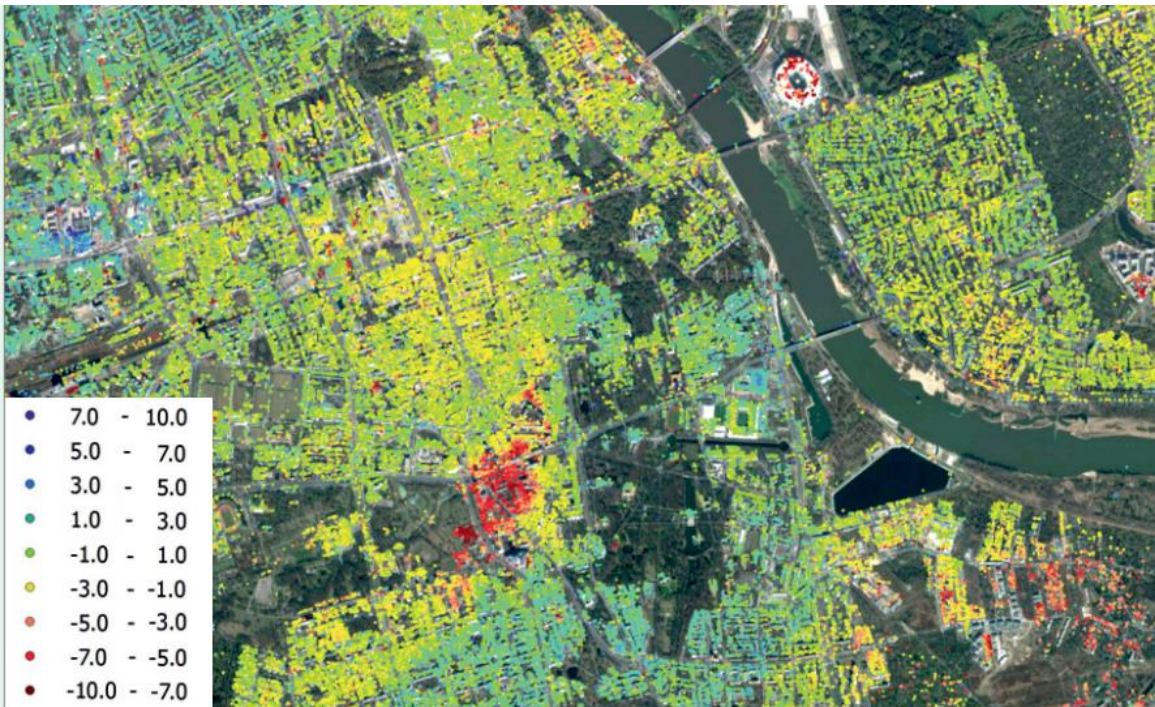
Szybkość przemieszczeń pionowych określona z satelitarnych danych radarowych ERS-1, ERS-2 i ENVISAT pozyskanych z lat 1992–2003



Źródło: Graniczny M. i in., 2006

- DefSAR – projekt badawczo-rozwojowy.
- Cel: stworzenie dla aglomeracji warszawskiej zintegrowanego systemu monitoringu deformacji podłoża gruntowego.
- Metoda: satelitarna interferometria radarowa trwałych reflektorów (PSInSAR).

Wynik projektu DefSAR przedstawiający deformacje powstałe na terenie Warszawy



Źródło: IGIK, 2017

Wizualizacja osiadania terenu w roku 2017 w Jastrzębiu-Zdrój



Źródło: Satim, 2017

## Mocne strony, możliwości i korzyści:

- aktualność danych,
- nieodpłatne pozyskanie zobrazowań m.in. Sentinel i Landsat,
- dane optyczne wielospektralne, termalne i radarowe,
- powtarzalność metodyki i porównywalność wyników,
- zakres geograficzny – duża powierzchnia scen satelitarnych,
- gotowe narzędzia do przetwarzania,
- czas pozyskania informacji ułatwiającej podejmowanie decyzji.

## Wyzwania:

- rozdzielczość przestrzenna (GSD) ograniczeniem dla niektórych zastosowań w skali lokalnej,
- dane o bardzo dużej rozdzielczości (VHR) udostępniane odpłatnie,
- wolumen danych do przechowywania i przetwarzania – korzystanie z obliczeń w chmurze (np. serwisy DIAS),
- transfer danych – szybkie łącza internetowe.

**OPRACOWAŁA:**

**dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska**

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

