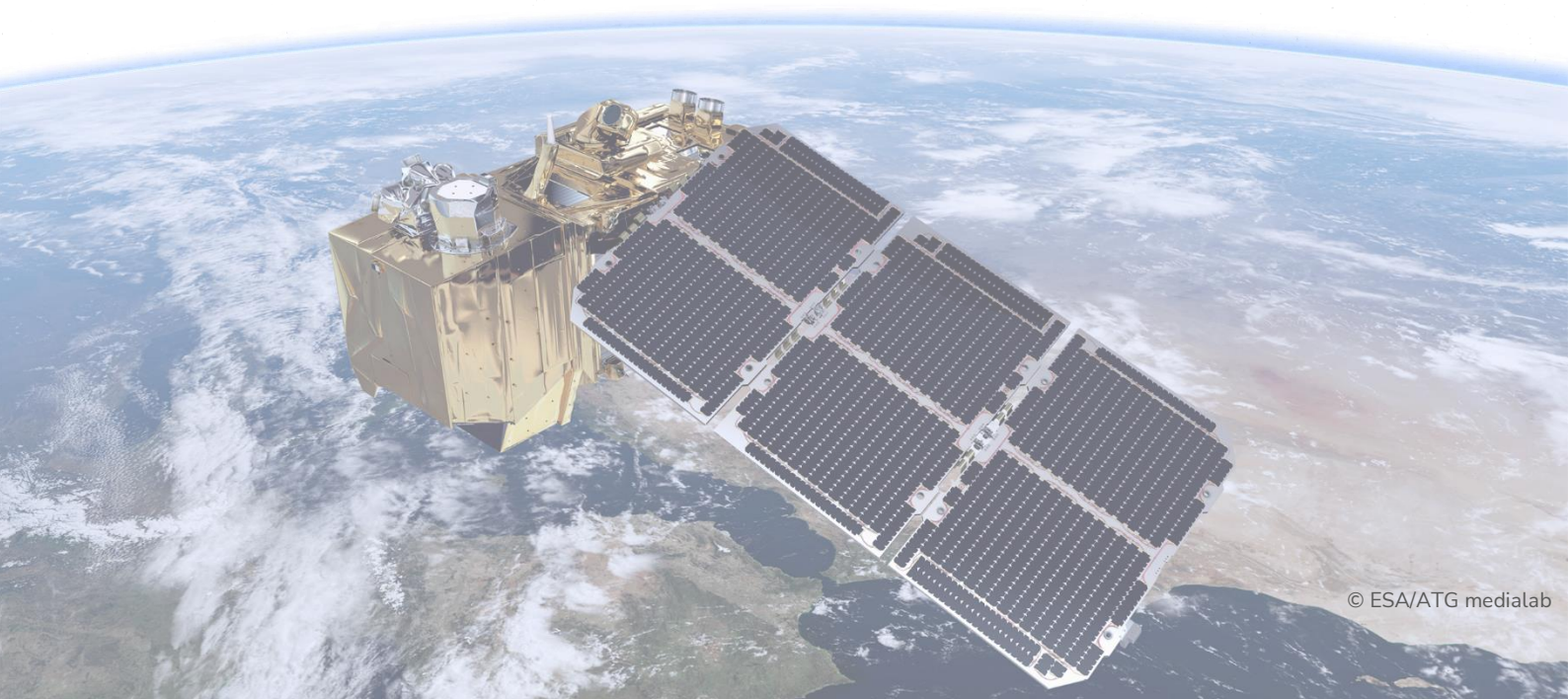


Dane satelitarne dla administracji publicznej

Scenariusz warsztatowy 2

WSKAŹNIKI ROŚLINNOŚCI I KLASYFIKACJA GATUNKÓW



© ESA/ATG medialab

Spis treści

Opis zadania.....	3
Cel zadania	3
Wykaz danych przestrzennych GIS	3
Wykaz stron internetowych.....	3
Wykaz zastosowanego oprogramowania.....	3
Procedura instalacji oprogramowania.....	4
Opis ćwiczenia	6
1. Wczytanie danych do projektu.....	6
2. Obliczenie wartości wskaźnika NDVI	6
3. Zmiana sposobu wyświetlania warstw	8
4. Ocena wizualna zmian za pomocą wtyczki MapSwipe tool	9
5. Ocena sezonowych zmian wskaźnika NDVI dla wybranych typów drzewostanów	9
6. Analiza wyników w arkuszu kalkulacyjnym.....	11
7. Przygotowanie pliku wektorowego	12
8. Klasyfikacja zmian za pomocą wtyczki EnMap-Box.....	15
9. Zmiana sposobu wyświetlania warstwy klasyfikacji.....	17
10. Wstępna ocena dokładności.....	17

Opis zadania

Zadanie polega na analizie sezonowych zmian wskaźnika roślinności NDVI dla dwóch typów lasów (liściastych i iglastych) oraz trzech typów drzewostanów (jodłowych, świerkowych oraz bukowych) na terenie Nadleśnictwa Baligród dla 2019 roku z wykorzystaniem optycznych danych satelitarnych Sentinel-2 (program Copernicus). Drugim etapem ćwiczenia jest przeprowadzenie klasyfikacji nadzorowanej składu gatunkowego tych drzewostanów w oparciu o te same dane optyczne.

Cel zadania

- obliczenie wskaźników spektralnych (na przykładzie wskaźnika roślinności NDVI) z wykorzystaniem satelitarnych danych optycznych (Sentinel-2),
- zapoznanie ze sezonową zmiennością właściwości spektralnych obiektów (drzewostanów liściastych i iglastych),
- integracja danych satelitarnych z danymi pochodzącymi z inwentaryzacji (lub monitoringu) obszarów leśnych,
- przeprowadzenie klasyfikacji składu gatunkowego drzewostanów.

Ćwiczenie ma na celu przedstawienie wartości dodanej jaką jest obecnie możliwość wykorzystania optycznych obrazów satelitarnych z kilku terminów w danym roku, czyli danych sezonowych. Ponadto zwrócono uwagę na bardzo ważny aspekt wyboru obrazu z odpowiedniego terminu w danym sezonie ze względu na wspomnianą zmienność właściwości spektralnych analizowanych obiektów np. w okresie wegetacyjnym i poza nim.

Wykaz danych przestrzennych GIS

- Zobrazowania satelitarne Sentinel-2 z roku 2019 z kwietnia, lipca i października pozyskano z serwisu Copernicus Open Access Hub. Kanały o rozdzielczości przestrzennej 20 m zostały przepróbkowane do 10 m rozdzielczości przestrzennej, natomiast kanały 60 m nie zostały uwzględnione:
[Sentinel_kwiecien.tif](#)
[Sentinel_lipiec.tif](#)
[Sentinel_pazdziernik.tif](#)
Połączony zestaw kanałów z trzech terminów:
[las_polaczone.tif](#)
- Plik wektorowy:
[LMN_Baligrod_2019.shp](#) - z Leśnej Mapy Numerycznej Nadleśnictwa Baligród pozyskany z serwisu Bank Danych o Lasach z tabelą atrybutów zawierająca informacje o składzie gatunkowym poszczególnych wydzieleni (stan na 2019 rok).
[wydzielenia_sw_jd_bk_9_10_oz-5_2_2.shp](#) – zawiera wybrane wydzielenia dla jodły, świerka i buka.

Wykaz stron internetowych

- Pobieranie zobrazowań satelitarnych Sentinel-2: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>
- Pobieranie warstwy wydzieleni z Leśnej Mapy Numerycznej Nadleśnictwa Baligród – Bank Danych o Lasach: <https://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/>

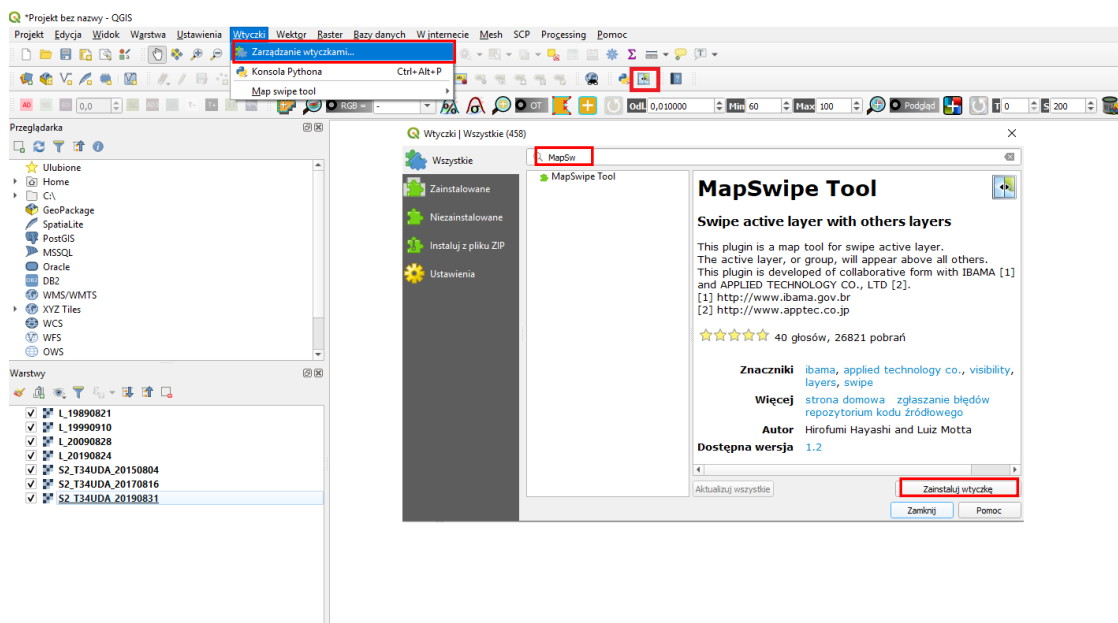
Wykaz zastosowanego oprogramowania

- QGIS 3.16

Procedura instalacji oprogramowania

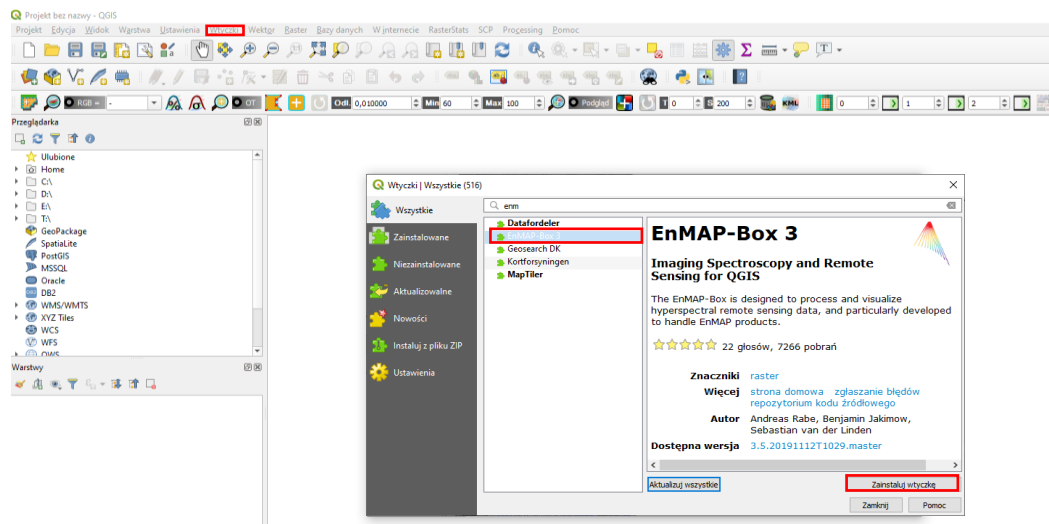
Instalacja wtyczki MapSwipe Tool

Wybierz z pola zakładek **Wtyczki > Zarządzanie wtyczkami**. W polu wyszukiwania wpisz nazwę **MapSwipe tool** i kliknij **Zainstaluj wtyczkę**. Ikona wtyczki powinna być widoczna na pasku narzędzi.



Instalacja wtyczki EnMap-Box

Wybierz z pola zakładek **Wtyczki > Zarządzanie wtyczkami**. W polu wyszukiwania wpisz nazwę **EnMap-Box 3** i kliknij **Zainstaluj wtyczkę**.



Wtyczka EnMAP-Box wymaga kilku pakietów Pythona: numpy, scipy, scikit-learn, matplotlib, astropy (opcjonalna, odpowiednia dla niektórych algorytmów przetwarzania). Jeżeli po włączeniu wtyczki widnieje następujący komunikat:



Wykonaj następujące kroki:

Uruchom **OSGeo4W Shell** jako administrator. Wygodnym sposobem uzyskania dostępu do **OSGeo4W Shell** jest menu Start. W zależności od metody instalacji użytej do zainstalowania QGIS, skrót będzie wyświetlany w QGIS 3.xx (autonomiczny instalator) lub OSGeo4W (instalator sieciowy).

Przytrzymaj **Ctrl + Shift** i kliknij na OSGeo4W Shell (lub kliknij prawym przyciskiem myszy i wybierz Uruchom jako administrator).



```
Administrator: OSGeo4W Shell
run o-help for a list of available commands
C:\Program Files\QGIS 3.16.10>
```

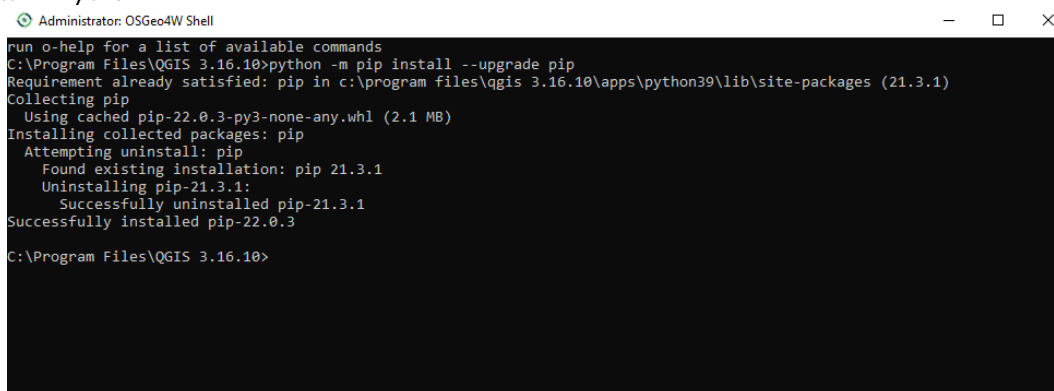
Do okienka wklej poniższy tekst i zatwierdź klawiszem **Enter**:

```
py3_env
```

Zostanie aktywowane środowisko Python 3. W nowszych wersjach QGIS wywołanie *py3_env* może nie być konieczne lub po prostu nie będzie działać. Jeśli tak, po prostu przejdź do następnego kroku. Wprowadź następującą formułę:

```
python3 -m pip install --upgrade pip
```

Program wykona aktualizację narzędzia pip, które jest odpowiedzialne za instalację i zarządzanie pakietami Python.



```
Administrator: OSGeo4W Shell
run o-help for a list of available commands
C:\Program Files\QGIS 3.16.10>python -m pip install --upgrade pip
Requirement already satisfied: pip in c:\program files\qgis 3.16.10\apps\python39\lib\site-packages (21.3.1)
Collecting pip
  Using cached pip-22.0.3-py3-none-any.whl (2.1 MB)
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 21.3.1
    Uninstalling pip-21.3.1:
      Successfully uninstalled pip-21.3.1
  Successfully installed pip-22.0.3
C:\Program Files\QGIS 3.16.10>
```

Następnie wprowadź kolejną formułę:

```
python3 -m pip install -r https://bitbucket.org/hu-geomatics/enmap-box/raw/develop/requirements.txt
```

Zostaną zainstalowane wymagane pakiety Python.

Po wykonaniu tych operacji uruchom ponownie program QGIS.

Szczegółową instrukcję instalacji wtyczki *EnMAP-Box 3* można znaleźć na stronie:

https://enmap-box.readthedocs.io/en/stable/usr_section/usr_installation.html

Szczegółową instrukcję instalacji niezbędnych do działania wtyczki *EnMAP-Box 3* pakietów i bibliotek Python można znaleźć na stronie:

https://enmap-box.readthedocs.io/en/latest/usr_section/usr_installation.html#install-required-python-packages

Opis ćwiczenia

1. Wczytanie danych do projektu

Otwórz program QGIS i wczytaj obrazy satelitarne Sentinel-2 dla trzech terminów oraz dane wektorowe z Leśnej Mapy Numerycznej Nadleśnictwa Baligród. Lokalizacja plików: [MD_2_2\Dane](#).

[Sentinel_kwiecien.tif](#)

[Sentinel_lipiec.tif](#)

[Sentinel_pazdziernik.tif](#)

[wydzielenia_sw_jd_bk_9_10_oz-5_2_2.shp](#)

Zapisz projekt jako np. [MD_3_2\Wyniki\OZ_4_2_2](#)

2. Obliczenie wartości wskaźnika NDVI

Zmienność sezonową drzewostanów ocenimy z wykorzystaniem wskaźnika spektralnego i jego zmienności. W ćwiczeniu wykorzystamy najpowszechniej stosowany w badaniach roślinności wskaźnik NDVI.

Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności, NDVI (ang. Normalized Difference Vegetation Index) to wskaźnik stosowany w analizach teledetekcyjnych, pozwalający określić stan rozwojowy oraz kondycję roślinności. NDVI bazuje na kontraście pomiędzy największym odbiciem w paśmie bliskiej podczerwieni, a absorpcją w paśmie czerwonym i jest obliczany według wzoru:

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

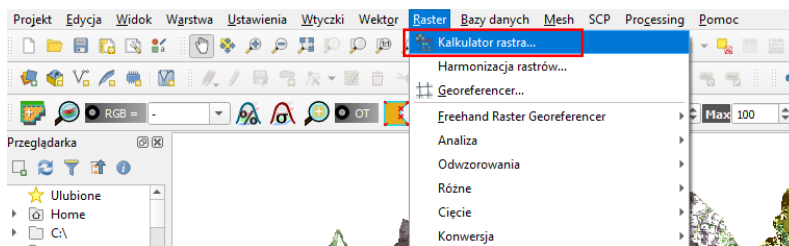
gdzie:

RED to odbicie w paśmie czerwieni,

NIR to odbicie w paśmie bliskiej podczerwieni.

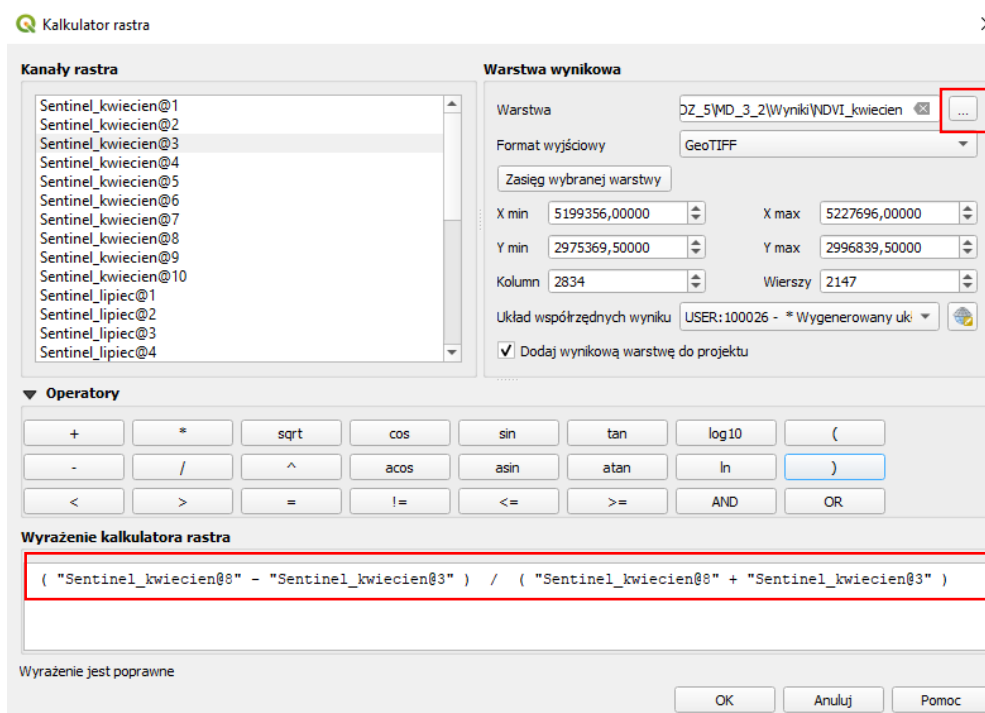
Wskaźnik przyjmuje wartości od -1 do 1. Zielona, bujna roślinność pochłania promieniowanie słoneczne fotosyntetycznie czynne w zakresie 0,4-0,7 μm , natomiast promieniowanie o falach dłuższych z przedziału 0,7-1,1 μm absorbowane jest w niewielkim stopniu. Dlatego wyższe wartości wskaźnika NDVI, bliższe wartości „1”, odpowiadające wyższemu odbiciu w zakresie podczerwieni i mniejszemu w zakresie czerwieni wskazują, że dany teren jest porośnięty roślinnością o dobrej kondycji. Wartości NDVI na obszarach pokrytych zieloną roślinnością oscylują przeważnie pomiędzy 0,3 a 0,8.

Oblicz wartości wskaźnika NDVI dla trzech terminów. W menu głównym kliknij **Raster > Kalkulator rastra**, następnie zapisz równanie na wartość wskaźnika NDVI zgodnie z poniżej przedstawionym w panelu narzędzia **Kalkulator rastra** w oknie **Wyrażenie kalkulatora rastra**. Poszczególne kanały możesz wybrać poprzez dwukrotne kliknięcie.



Do obliczenia wskaźnika NDVI wykorzystany zostanie kanał czerwony (B4) oraz bliskiej podczerwieni (B8). Kolejność kanałów w pliku została zapisana tak jak w poniższej tabeli.

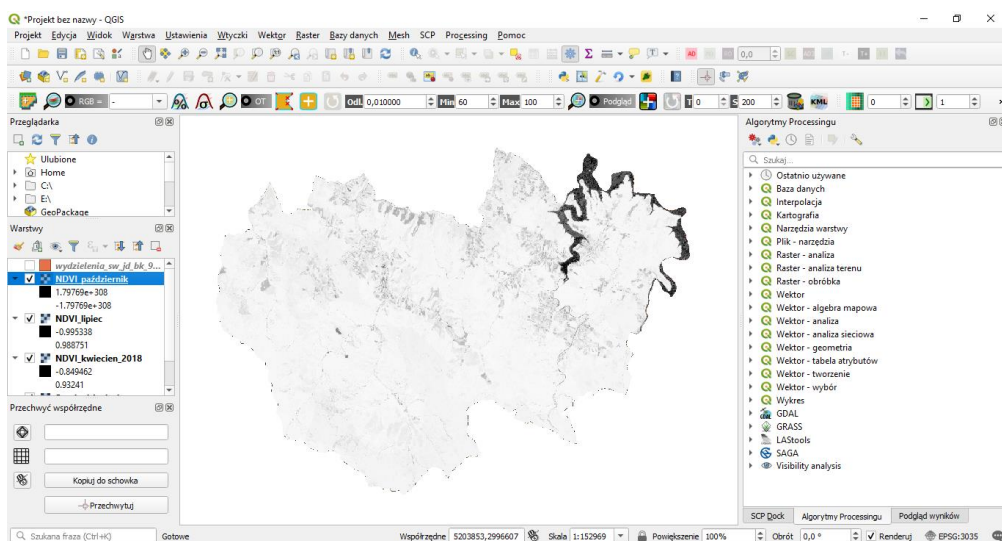
Kanał	Rozdzielczość przestrzenna	Centralna długość fali	Opis
B2	10 m	490 nm	Blue
B3	10 m	560 nm	Green
B4	10 m	665 nm	Red
B5	20 m	705 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B6	20 m	740 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B7	20 m	783 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8	10 m	842 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B8a	20 m	865 nm	Visible and Near Infrared (VNIR)
B11	20 m	1610 nm	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20 m	2190 nm	Short Wave Infrared (SWIR)



Dla każdego z analizowanych terminów wykonaj te same operacje, tak aby uzyskać trzy mapy NDVI, odpowiednio dla kwietnia, lipca oraz października.

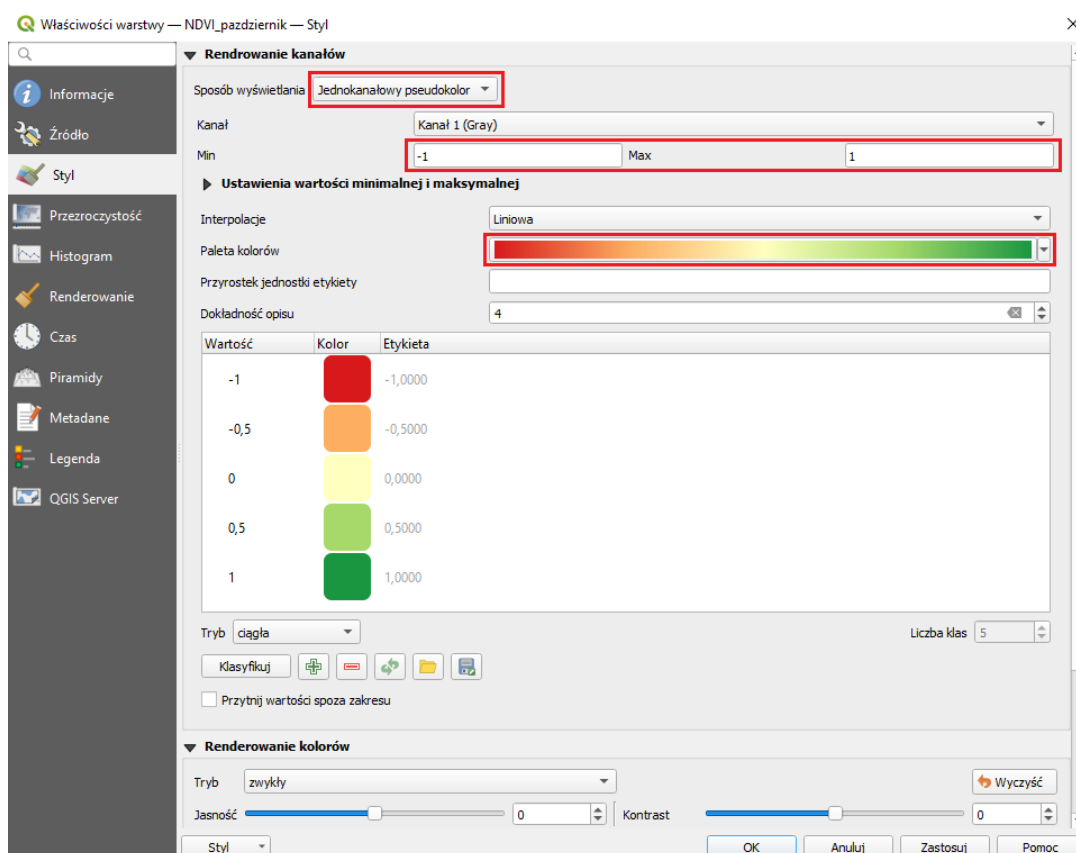
Nazwij każdą z map odpowiednio *NDVI_kwiecień.tif*, *NDVI_lipiec.tif* oraz *NDVI_październik.tif*.

Dodaj wygenerowane mapy wskaźnika NDVI do projektu i oceń wizualnie, jak zmienia się wartość wskaźnika NDVI w czasie i przestrzeni.




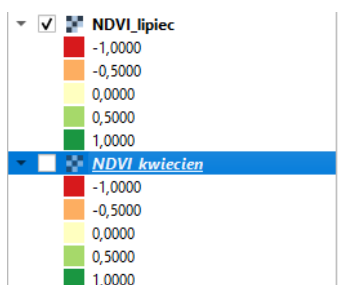
3. Zmiana sposobu wyświetlania warstw

Aby ułatwić porównanie trzech analizowanych terminów zmień paletę barw zgodnie z poniżej przedstawionymi właściwościami w oknie **Właściwości warstwy**. Kliknij na utworzoną warstwę NDVI PPM i wybierz **Właściwości > Styl. Sposób wyświetlania** zmień na **Jednokanałowy pseudokolor** i wybierz **Paletę kolorów: RdYIGn**. Zakres **min** ustaw na **-1**, a **max** na **1**.

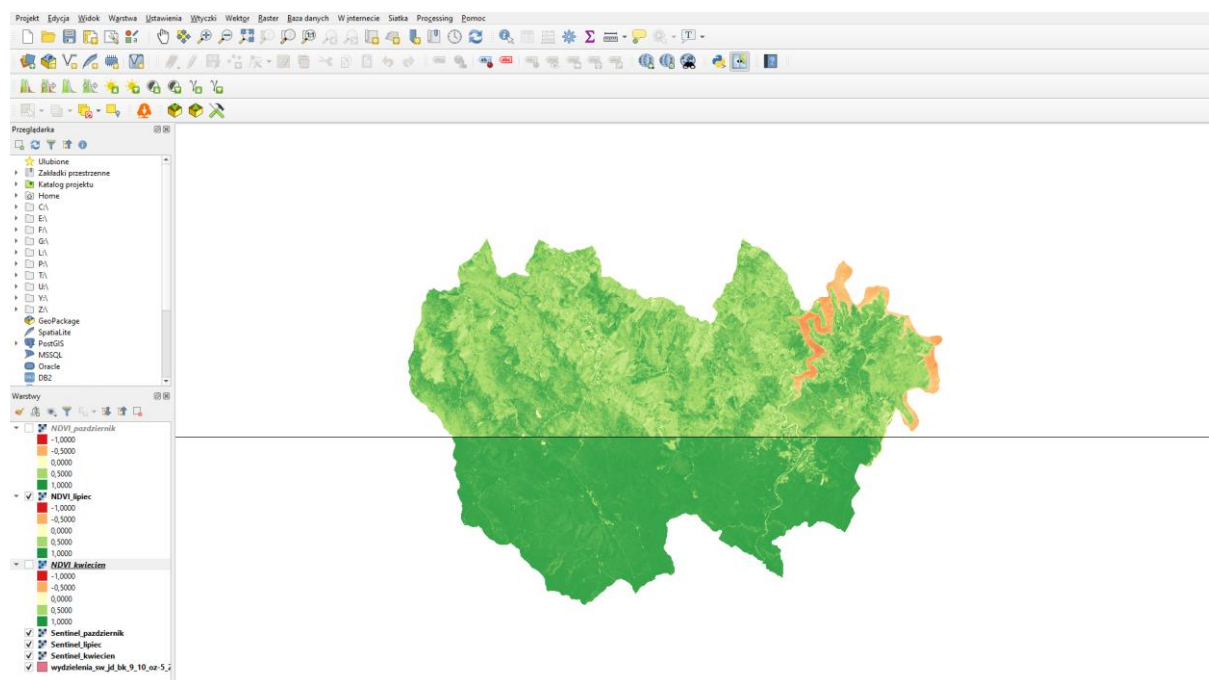


4. Ocena wizualna zmian za pomocą wtyczki MapSwipe tool

Wizualne porównanie dwóch różnych obrazów można wykonać za pomocą wtyczki **MapSwipe tool** . By użyć wtyczki zaznacz jedną z porównywanych warstw tak by była wyświetlona w oknie centralnym, a drugą tak by była podświetlona na niebiesko i kliknij ikonę **MapSwipe Tool**. W oknie centralnym pojawi się jeden obraz, po kliknięciu i przesunięciu kursora pojawi się przesuwalna linia oddzielająca obrazy.



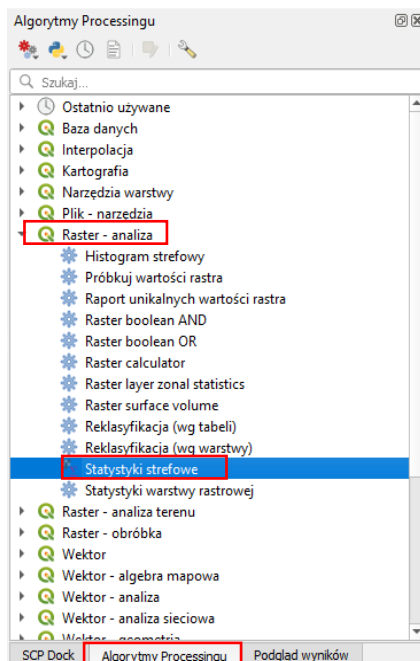
Przykład jednej z porównywanych map przedstawiających zróżnicowanie wskaźnika NDVI w Nadleśnictwie Baligród w lipcu oraz październiku.



5. Ocena sezonowych zmian wskaźnika NDVI dla wybranych typów drzewostanów

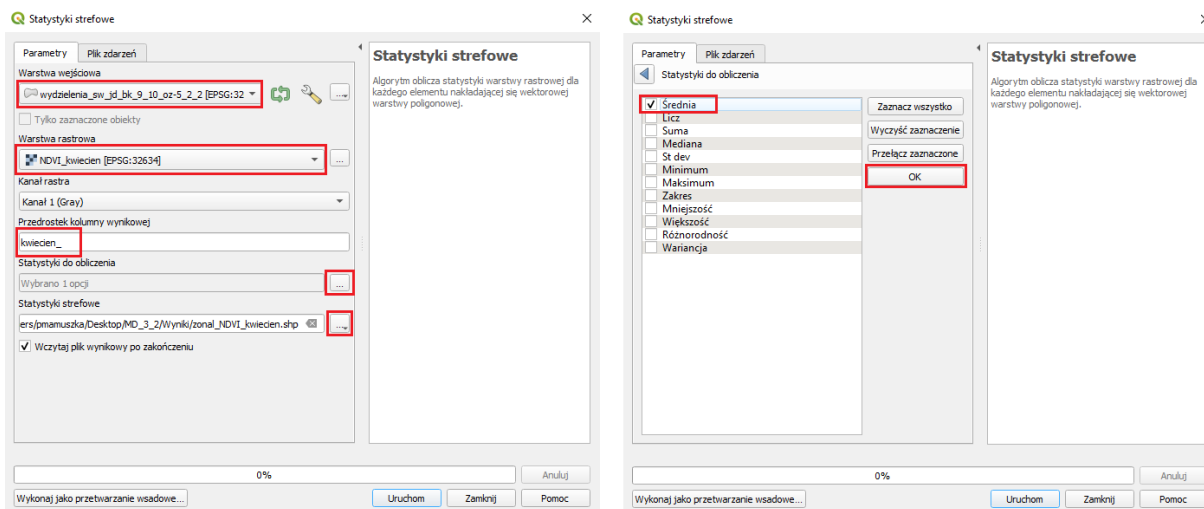
Wykonane zostaną analizy zmienności wskaźnika NDVI dla lasów iglastych i liściastych, dla trzech gatunków drzew: świerk, jodła i buk.

Korzystając z narzędzia **Algorytmy Processingu > Raster - Analiza > Statystyki strefowe** dla wydzieleni ze 100% udziałem jednego z wymienionych gatunków, zgodnie z poniższymi ustawieniami, wygeneruj wartości średnie wskaźnika NDVI. Statystyki, które chcemy wykonać można wybrać klikając w pole **Statystyki do obliczenia**.



Obliczone wartości zostaną dodane do tabeli atrybutów nowej warstwy wektorowej.

W polu **Warstwa wejściowa** wybierz warstwę [wydzielenia_sw_jd_bk_9_10_oz-5_2_2.shp](#) W polu **Warstwa rastrowa** wybierz warstwę ze wskaźnikiem NDVI. W polu **Przedrostek kolumny wynikowej** wpisz np. nazwę miesiąca, w oknie statystyki do obliczenia zaznacz tylko średnią, a na końcu podaj ścieżkę i nazwę pliku wynikowego np. [zonal_NDVI_kwiecien.shp](#)



Powtórz operację dla trzech analizowanych terminów. Wynikiem operacji powinny być trzy nowe warstwy wektorowe z zaktualizowaną tabelą atrybutów.

6. Analiza wyników w arkuszu kalkulacyjnym

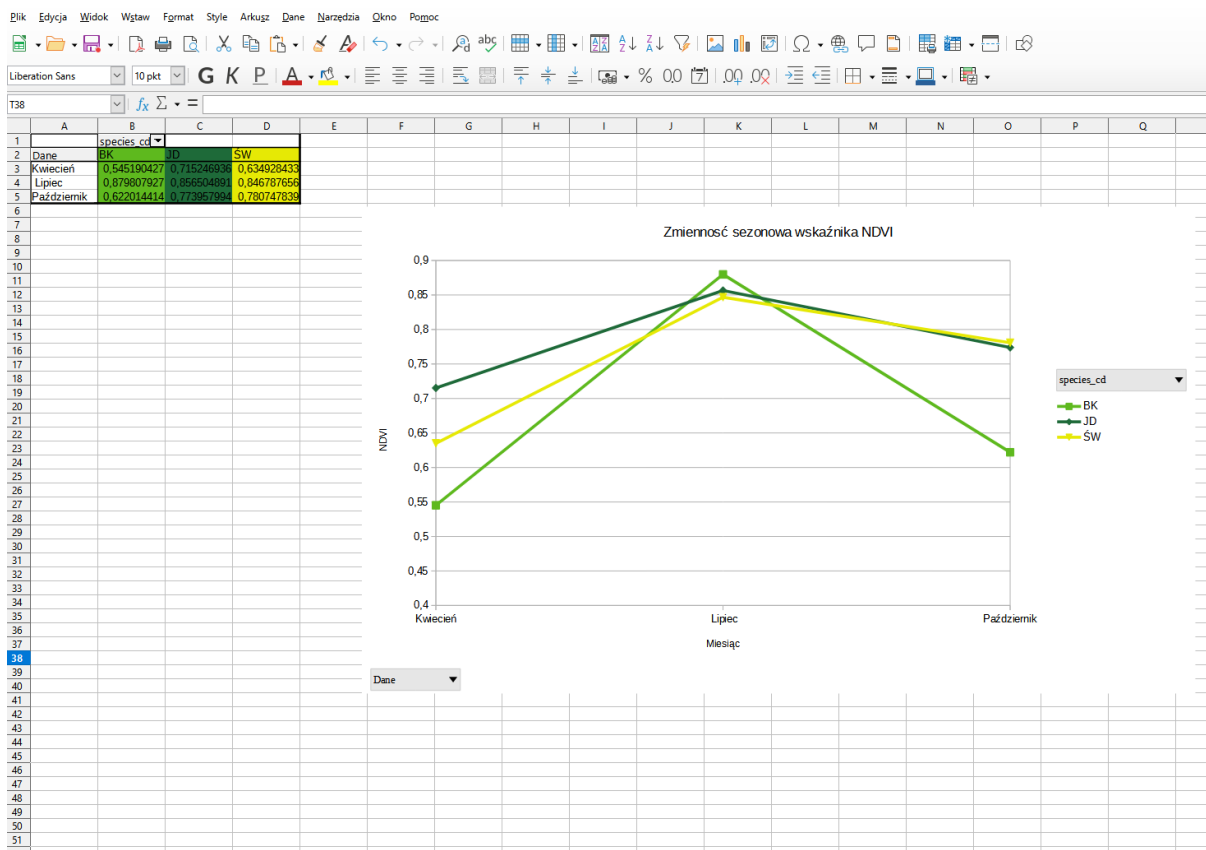
Otwórz każdy z 3 plików w formacie *.dbf (czyli tabeli atrybutowej) z warstw wygenerowanych narzędziem statystyki strefowe w programie LibreOffice, a następnie skopiuj wartości średnie NDVI wraz z nazwą gatunku.

Średnie wartości wskaźnika obliczone zostały dla wszystkich wydzieleń, natomiast aby łatwiej było analizować zmienność wskaźnika zostanie obliczona wartość średnia dla każdego gatunku w poszczególnych miesiącach za pomocą tabeli przestawnej, zgodnie z poniższym przykładem.

Plik Edycja Widok Wstaw Format Style Arkusz Dane Narzędzia Okno Pomoc

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		species	kwiecień	lipiec	październik											
2	BK	0.560783639	0.87804104	0.671957574												
3	SW	0.671691086	0.8575599	0.727191151												
4	SW	0.666185211	0.867799123	0.765649003												
5	SW	0.575287783	0.875615424	0.726936349												
6	SW	0.636720403	0.849845473	0.758177458												
7	SW	0.584828333	0.86414535	0.743015177												
8	SW	0.591794575	0.844570506	0.770466646												
9	SW	0.611940095	0.842402836	0.742457162												
10	SW	0.609080599	0.861114232	0.75207475												
11	SW	0.692476673	0.863689326	0.78054076												
12	SW	0.712104653	0.826012231	0.816490089												
13	SW	0.720264472	0.851571742	0.826412876												
14	SW	0.576215861	0.864436825	0.812059231												
15	SW	0.669116514	0.846370077	0.818347964												
16	SW	0.686931382	0.816106235	0.806562975												
17	SW	0.682743915	0.863518982	0.779685353												
18	SW	0.721086942	0.846633364	0.814598595												
19	SW	0.654168671	0.805467454	0.758952623												
20	SW	0.657692483	0.824231483	0.762933443												
21	SW	0.776935108	0.84589533	0.844938397												
22	JD	0.709622189	0.858518595	0.795497272												
23	SW	0.671218827	0.79991586	0.802399777												
24	JD	0.788080826	0.86481231	0.822895499												
25	SW	0.761167362	0.840499038	0.79732217												
26	SW	0.614395198	0.873512981	0.753553971												
27	SW	0.751601965	0.848668124	0.839535645												
28	SW	0.707910669	0.84878333	0.809743341												
29	SW	0.729244968	0.830820099	0.84739173												
30	SW	0.401094651	0.838799591	0.758802835												
31	JD	0.691138735	0.868785481	0.73459144												
32	JD	0.730522473	0.870883959	0.713432448												
33	BK	0.546576679	0.874232625	0.605577926												
34	SW	0.659603731	0.854421099	0.769079459												
35	BK	0.518813742	0.879675657	0.592390736												
36	BK	0.620596398	0.87446592	0.622375785												
37	JD	0.815551621	0.859297681	0.826809434												
38	SW	0.590321543	0.854615442	0.769225238												
39	SW	0.649110577	0.872096086	0.80915918												
40	JD	0.575737853	0.786760014	0.71572791												
41	SW	0.640045752	0.837059358	0.805165082												
42	JD	0.603132076	0.860028647	0.723433228												
43	JD	0.723253225	0.881866659	0.749524844												
44	BK	0.479181678	0.892624392	0.617770048												
45	JD	0.800183427	0.857590672	0.883709871												
46	SW	0.448114746	0.83441427	0.714733888												
47	SW	0.423949666	0.836076986	0.7445761												
48	SW	0.407593881	0.857324484	0.736860274												
49																
50																
51																
52																

W ostatnim kroku tego ćwiczenia przygotuj wykres przedstawiający zmiany sezonowe średniej wartości wskaźnika.



Klasyfikacja gatunków drzew

Skład gatunkowy drzewostanów zostanie wyznaczony na podstawie wykonanej klasyfikacji nadzorowanej z wykorzystaniem nieparametrycznego algorytmu Random Forest (RF) na połączonych kanałach trzech obrazów satelitarnych Sentinel-2 (w sumie 30 kanałów, warstwa: [las_polaczone.tif](#)).

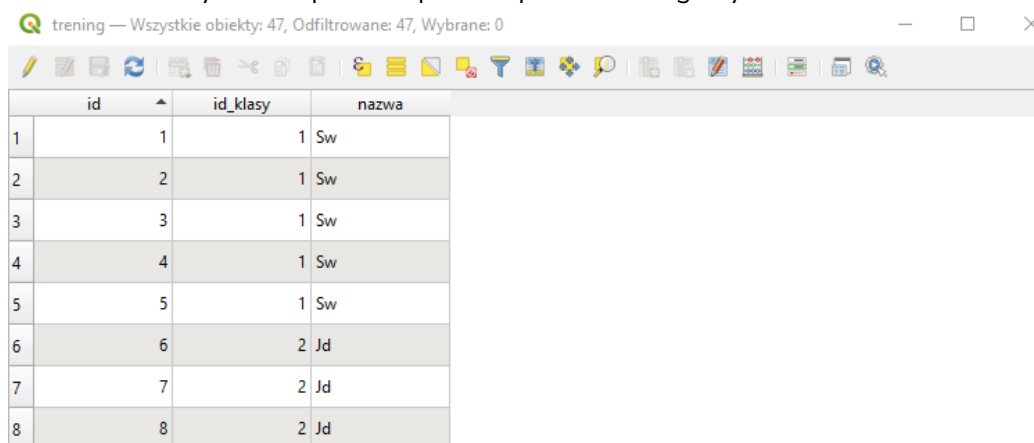
Zastosowana klasyfikacja nadzorowana wymaga przygotowania pól treningowych, na podstawie których algorytm będzie uczył się rozpoznawać odpowiednią klasę. Wybrany algorytm RF nie wymaga dużej ilości punktów treningowych, jednak przy ich tworzeniu powinniśmy pamiętać, aby były one reprezentatywne dla każdej z klas.

7. Przygotowanie pliku wektorowego

Przygotuj nowy plik wektorowy zapisany w formacie shapefile, którego tabela atrybutowa będzie składała się z trzech kolumn: **id** (kolejne numery to id każdego z punktów), **id_klasy** (identyfikator analizowanych klas gatunków drzew zgodnie z identyfikatorami podanymi w poniższej tabeli) oraz **nazwa** (nazwa analizowanych klas gatunków drzew zgodna z podanymi w poniższej tabeli).

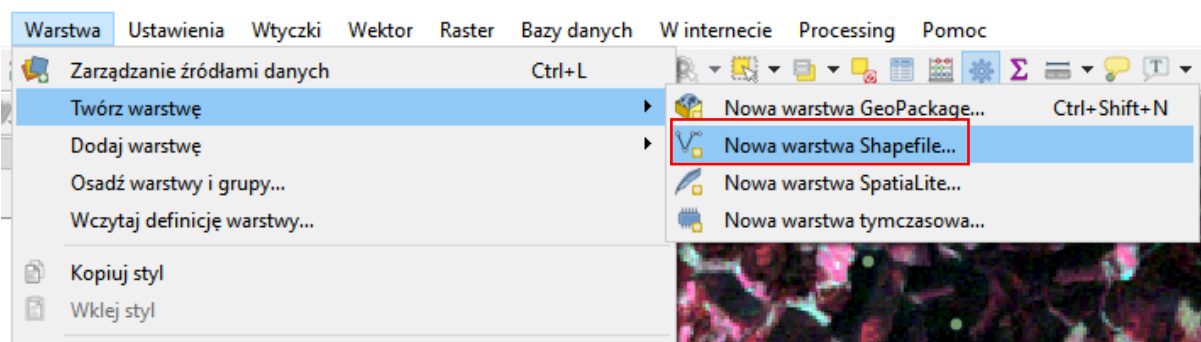
Identyfikator klasy pokrycia terenu	Nazwa	Gatunek
1	Sw	Świerk pospolity
2	Jd	Jodła pospolita
3	Wb	Wierzby
4	So	Sosna zwyczajna
5	Ol	Olsza szara
6	Md	Modrzew europejski
7	Bk	Buk zwyczajny

Przykładowa tabela atrybutowa pliku shapefile z polami treningowymi:



id	id_klasy	nazwa
1	1	Sw
2	2	Sw
3	3	Sw
4	4	Sw
5	5	Sw
6	6	Jd
7	7	Jd
8	8	Jd

Nową warstwę wektorową utwórz korzystając z funkcji **Warstwa > Twórz warstwę > Nowa warstwa shapefile...**



Tworząc warstwę wprowadź poniższe ustawienia/właściwości m.in. typ warstwy to punkty natomiast układ to UTM strefa 34. Klikając **Dodaj do listy pól** utwórz kolumny **id_klasy** i **nazwa**.

Nowa warstwa Shapefile

Nazwa pliku: trening.shp

Kodowanie pliku: UTF-8

Typ geometrii: Poligon

Dodatkowe wymiary:

 brak

 wartości Z (oraz M)

 wartości M

Układ współrzędnych projektu: EPSG:32634 - WGS 84 / UTM zone 34N

Nowe pole

Name: id_klasy

Typ: 123 Liczby całkowite

Długość: 10 Dokładność:

Dodaj do listy pól

Lista pól

Name	Typ	Długość	Dokładność
id	Integer	10	

Usun pole

OK Anuluj Pomoc

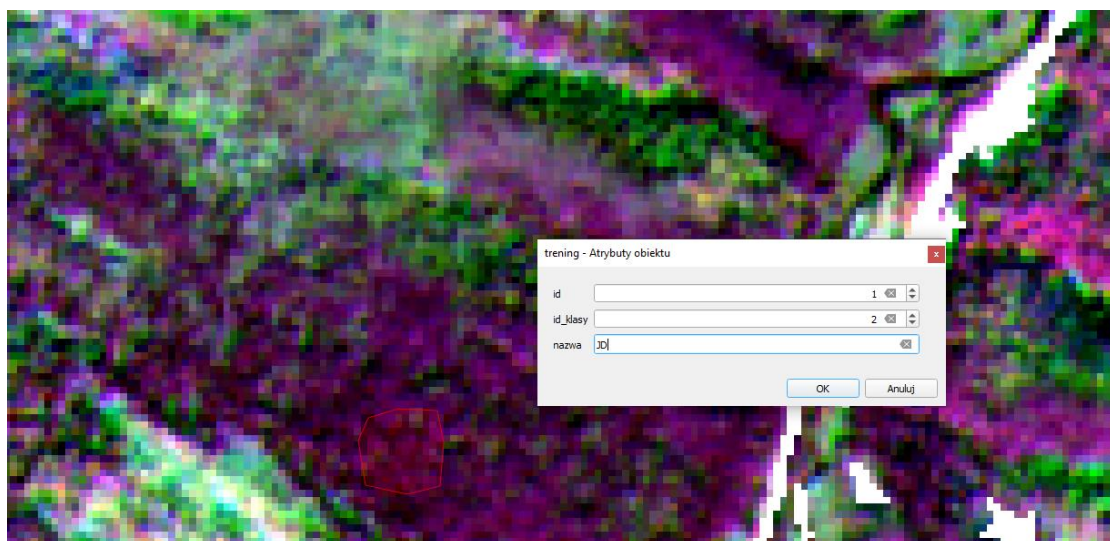
Stwórz minimum po 5 poligonów dla każdego z gatunków. Przy identyfikacji poszczególnych gatunków wspomagaj się trzema zobrazowaniami S-2 oraz Leśną Mapą Numeryczną (*LMN_Baligrod_2019.shp*), zawierającą informacje o gatunku dominującym oraz jego udziale.

Liczba punktów/pól treningowych uzależniona jest od algorytmu klasyfikacyjnego, który stosujemy przy algorytmach parametrycznych. Punktów/pól treningowych i/lub tworzonych z nich sygnatur powinno być znacznie więcej niż w przypadku algorytmów nieparametrycznych, czyli m.in. algorytmu **Random Forest** zastosowanym w niniejszym ćwiczeniu.

Wektoryzując nowe punkty skorzystaj z paska narzędzi do edycji warstwy. Sprawdź opis poniższych funkcji.

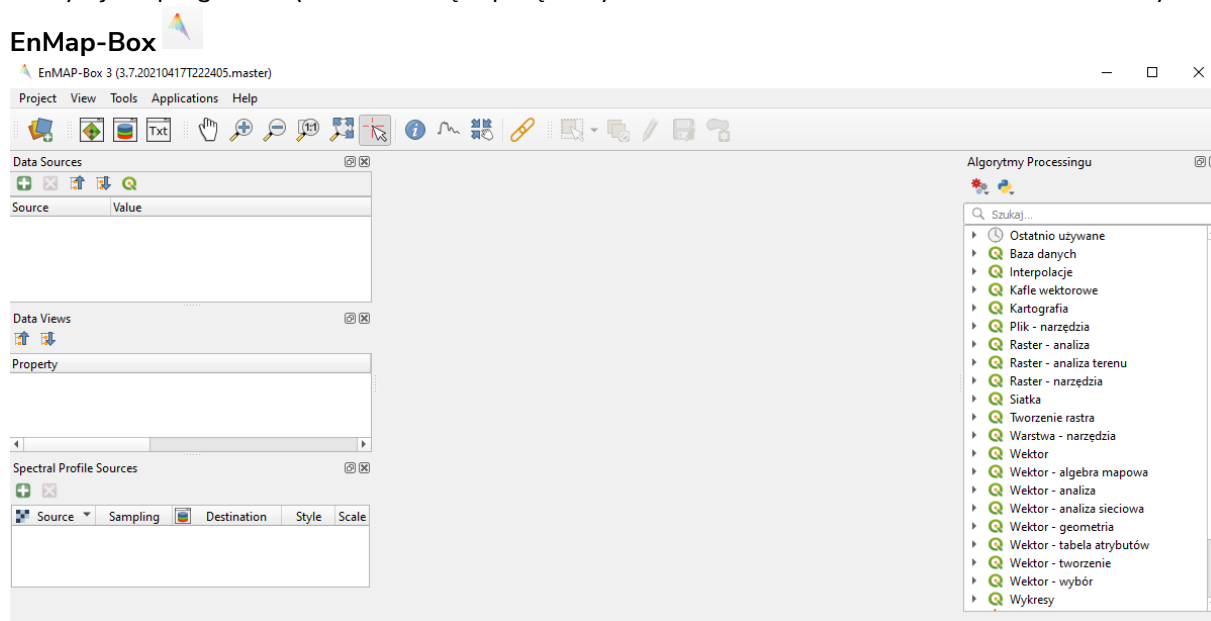


Na poniższym zrzucie ekranu przedstawiono wektoryzację przykładowego poligonu treningowego:

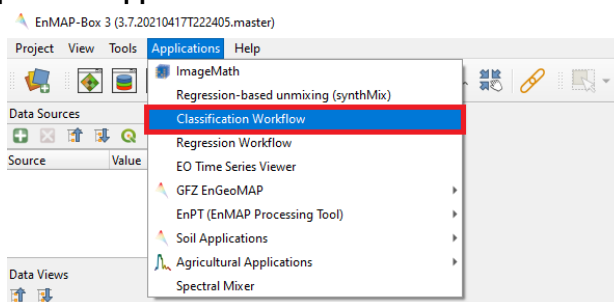


8. Klasyfikacja zmian za pomocą wtyczki EnMap-Box

Wczytaj do programu QGIS warstwę z połączonymi kanałami S-2 z 3 terminów i uruchom wtyczkę



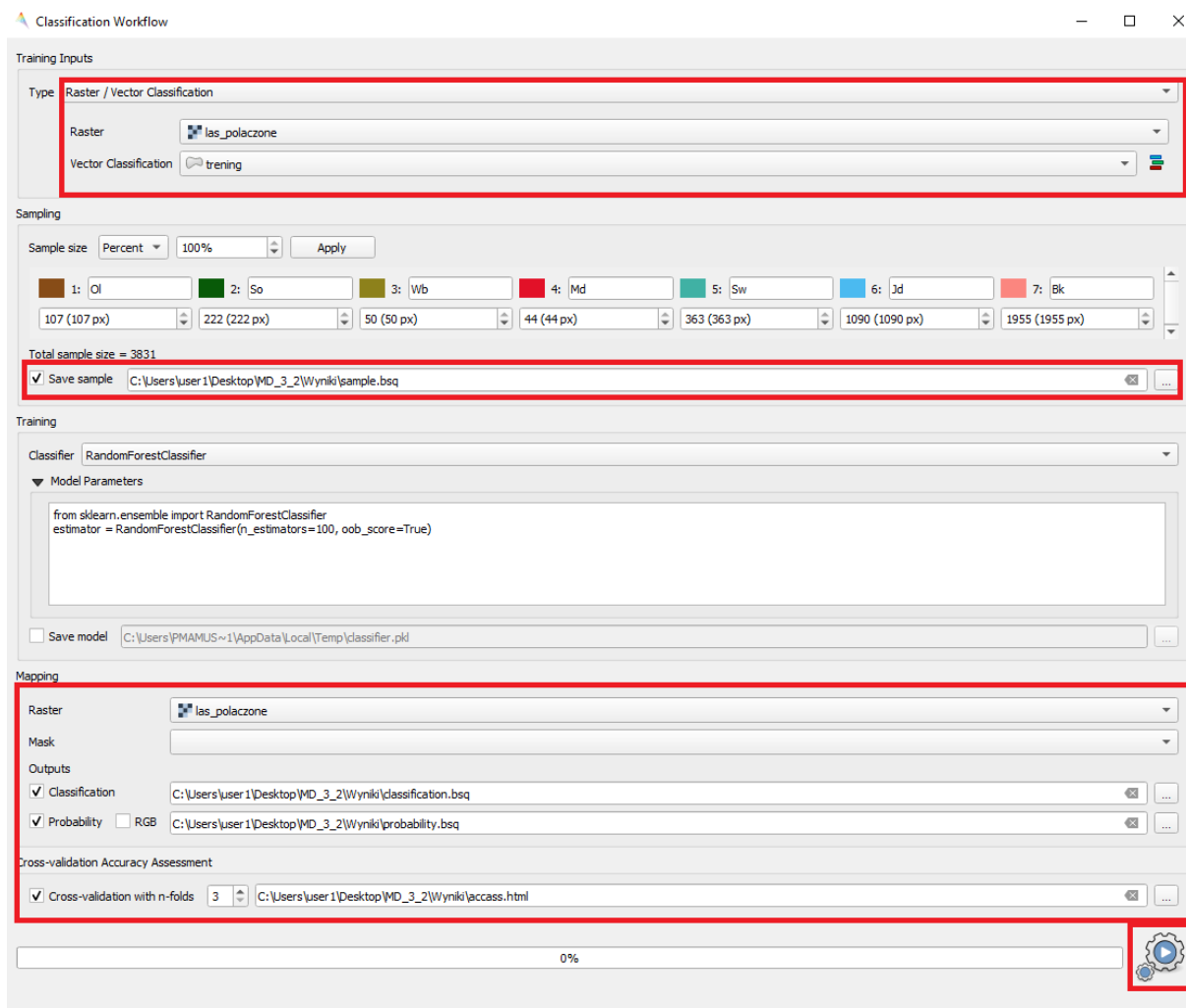
Do okna z danymi dodaj połączone obrazy satelitarne przycięte do maski lasu oraz dane treningowe. Przejdź do funkcji **EnMap-Box > Applications > Classification Workflow**



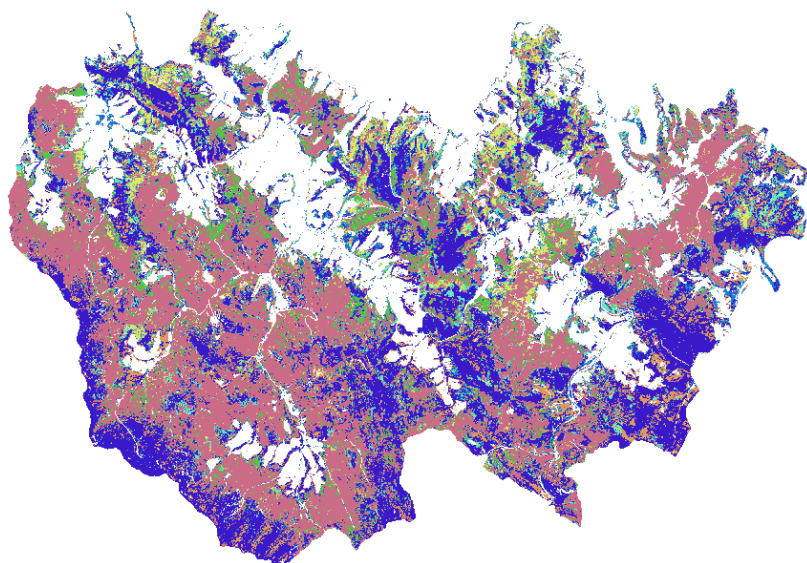
W oknie **Classification Workflow** wprowadź potrzebne informacje zgodnie z poniższym oknem.

Okno **Classification workflow** składa się dwóch części górna część okna (**Training Inputs/Sampling**) dotyczy pól treningowych i sygnatur. Tutaj wprowadzony zostaje obraz, na podstawie którego wygenerowane zostaną z pól treningowych sygnatury zawierające informacje spektralną (w tym ćwiczeniu z trzydziestu kanałów). Jako **Type** ustaw **Raster / Vector Classification**. W dolnej części okna (**Mapping**) wprowadzone zostaną informacje związane z algorytmem klasyfikacyjnym, czyli klasyfikowany obraz satelitarne, rodzaj klasyfikatora (w tym ćwiczeniu jest to **Random Forest**) oraz nazwę danych wyjściowych. Oprócz mapy zmian (**Classification**) wygenerowana zostanie również mapa prawdopodobieństwa (**Probability**) klasyfikacji poszczególnych klas pokrycia terenu oraz wstępna statystyka uzyskanych wyników.

Kliknij przycisk uruchamiający proces klasyfikacji zlokalizowany w prawym dolnym rogu okna **Classification Workflow**.

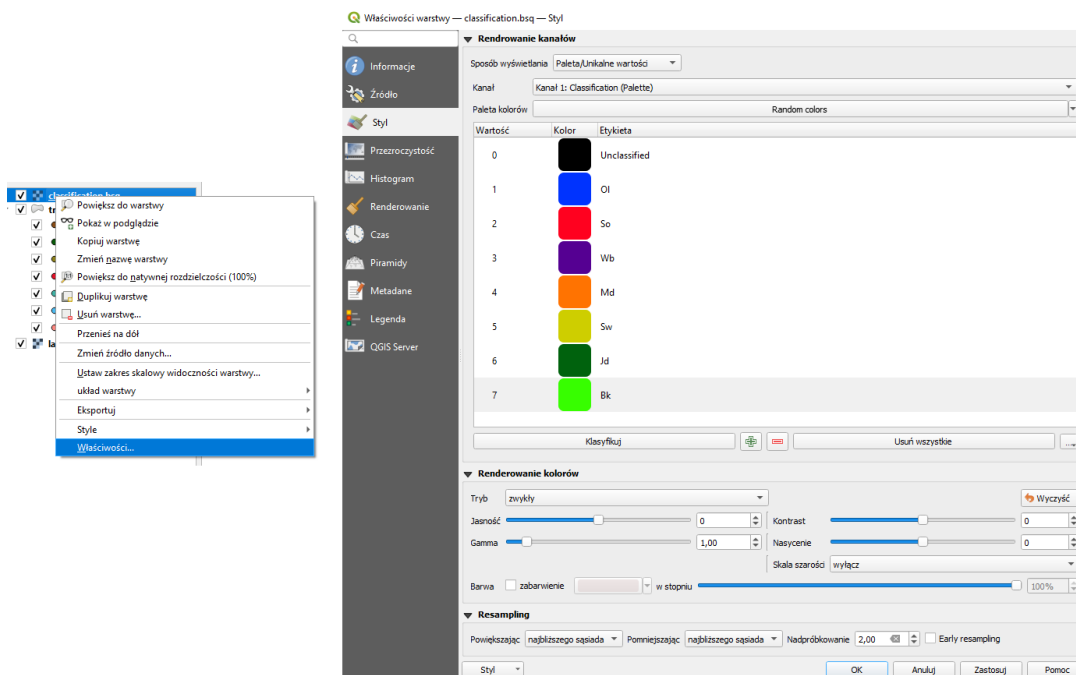


Wynikiem klasyfikacji jest mapa gatunków drzew (ograniczona do gatunków panujących). Przykładowy wynik klasyfikacji znajduje się poniżej. Mapę można wyświetlić w oknie wtyczki EnMap-Box albo bezpośrednio w oknie programu QGIS.



9. Zmiana sposobu wyświetlania warstwy klasyfikacji

W oknie **Właściwości warstwy** zmień ustawienia palety barwnej zgodnie z ustawieniami przedstawionymi na poniższym rzucie ekranu. Kliknij PPM na wykonaną klasyfikację, **Właściwości**, zakładka **Styl**.



10. Wstępna ocena dokładności

Ostatnim krokiem klasyfikacji gatunków jest ocena dokładności. Wstępnie dokładność wygenerowanej przez nas mapy możemy ocenić na podstawie pliku html – **Classification Performance** wygenerowanego automatycznie podczas klasyfikacji. Plik zawiera podstawowe informacje pozwalające na ocenę dokładności mapy zmian, czyli macierz błędów (**Confusion Matrix**) oraz wskaźniki takie jak dokładność ogólna, producenta i użytkownika (**Overall accuracy, Producer's Accuracy and User's Accuracy**), należy jednak zaznaczyć, że są to parametry obliczone na podstawie danych treningowych. Prawidłowa ocena dokładności klasyfikacji powinna odbywać się na osobnym zestawie danych testowych (najlepiej zweryfikowane w terenie), które nie brały udziału przy uczeniu algorytmu.

Classification Performance

Class Overview

	Class ID	1	2	3	4	5	6	7
Class Names	Reference	OI	So	Wb	Md	Sw	Jd	Bk
	Prediction	OI	So	Wb	Md	Sw	Jd	Bk

Confusion Matrix

	Reference Class							Sum
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
(1) OI	77	0	7	0	0	0	67	151
(2) So	0	211	1	2	1	30	5	250
(3) Wb	0	1	15	3	0	0	31	50
(4) Md	0	0	0	39	0	0	1	40
(5) Sw	0	0	0	0	342	6	0	348
(6) Jd	0	10	0	0	20	1054	0	1084
(7) Bk	30	0	27	0	0	0	1851	1908
Sum	107	222	50	44	363	1090	1955	3831

Accuracies

Measure	Estimate [%]	95 % Confidence Interval [%]	
Overall Accuracy	93.68	93.0	94.41
Kappa Accuracy	90.3	89.14	91.47
Mean F1 Accuracy	80.14	-	-

Class-wise Accuracies

Map class	User's Accuracy [%]			Producer's Accuracy [%]			F1 Accuracy		
	Estimate	95 % Interval		Estimate	95% Interval		Estimate	95% Interval	
(1) OI	50.99	49.57	52.42	71.96	65.66	78.26	59.69	57.73	61.65
(2) So	84.4	83.71	85.09	95.05	90.94	99.15	89.41	88.45	90.37
(3) Wb	30.0	28.55	31.45	30.0	18.75	41.25	30.0	27.96	32.04
(4) Md	97.5	96.5	98.5	88.64	83.85	93.42	92.86	91.47	94.25
(5) Sw	98.28	97.54	99.02	94.21	92.88	95.57	96.2	95.29	97.12
(6) Jd	97.23	96.67	97.8	96.7	95.76	97.64	96.96	96.28	97.65
(7) Bk	97.01	96.3	97.72	94.68	94.1	95.26	95.83	95.2	96.47

W niniejszym ćwiczeniu oceniliśmy zmienność sezonową charakterystyk spektralnych, w naszym przypadku wskaźnika NDVI, różnych gatunków drzewostanów (liściastych i iglastych). Z wykresu, który przygotowałeś(aś) możesz odczytać bardzo dużą zmienność wartości NDVI dla buka związaną ze zmianą koloru liści, czyli m.in. ze zmianą zawartości chlorofilu oraz dużo mniejszą zmienność wskaźnika NDVI, ale obserwowalną, dla gatunków iglastych – jodły i świerka. Warto zwrócić uwagę, że na początku i końcu okresu wegetacyjnego (kwiecień i październik) wartości wskaźnika NDVI uzyskiwane dla poszczególnych gatunków znacząco się różnią. W lecie rozróżnienie gatunków drzewostanów z wykorzystaniem wskaźnika NDVI, ale także innych wskaźników spektralnych, może być bardzo utrudnione, co podawane jest także w literaturze. Na przykładzie przeprowadzonych przez nas analiz możemy zaobserwować, że wartości wskaźnika NDVI dla buka, świerka i jodły są do siebie podobne i nakładają się na siebie. Dlatego obecnie bardzo często wykorzystywanym podejściem przy tworzeniu

map składu gatunkowego na podstawie optycznych obrazów satelitarnych m.in. Sentinel-2, jest wykorzystywane np. wskaźników spektralnych z kilku momentów czasowych z danego okresu wegetacyjnego. Zastosowanie podejścia z wykorzystaniem danych sezonowych znacząco poprawia ogólną dokładność klasyfikacji obrazów satelitarnych zwłaszcza w przypadku rozróżnienia pomiędzy gatunkami liściastymi i iglastymi. W podejściu sezonowym możemy albo wykorzystać wszystkie obrazy z danego okresu wegetacyjnego, albo wybrać tylko obrazy z momentów czasowych w których widać największe zmiany roślinności wynikające z ich cyklu wegetacyjnego (m.in. zmiany zawartości chlorofilu). Zmniejszenie ilości obrazów, zwłaszcza dla dużych obszarów, może znacząco przyspieszyć przetwarzanie danych stąd wstępna analiza danych i usunięcie informacji redundantnej, czyli obrazów do siebie podobnych pod względem charakterystyk spektralnych.