



ZOBRAZOWANIA OPTYCZNE OBSZARÓW MORSKICH – 1 SENTINEL-3

Materiały Szkoleniowe MO.1

opracowanie:
dr K. Bradtke, Uniwersytet Gdański



Copernicus
Europe's eyes on Earth



UNIwersytet GDAŃSKI

FPCUP

Framework Partnership Agreement on Copernicus User
Uptake

Instytut Geodezji i Kartografii
Uniwersytet Gdański

Spis treści

Wstęp	2
Przeglądanie i pobieranie danych	2
EO BROWSER.....	2
Logowanie do serwisu	2
Wyszukiwanie.....	3
Wyświetlanie i przeglądanie wyników	4
Pobieranie obrazu lub danych.....	6
Eumetsat CODA i CODAREP	7
Logowanie do serwisu	7
Wyszukiwanie danych	7
Pobieranie danych.....	10
Copernicus Access Hub	10
Logowanie	10
Wyszukiwanie danych	11
Pobieranie danych.....	12
Struktura danych Sentinel-3 / OLCI.....	13
Dane z EO BROWSER	13
Dane z serwisów Eumetsat oraz Sentinel Access Hub	13
Zestaw danych L1	14
Zestaw danych L2	15
Wstępne przetwarzanie danych w programie SNAP.....	16
Operacje na danych L1	16
Wyświetlenie i eksport kompozytu barwnego.....	16
Operacje na danych L2	20
Selekcja parametrów geofizycznych	20
Projekcja do odwzorowania kartograficznego	23
Wizualizacja map.....	25
Eksport obrazu lub danych.....	27
Przetwarzanie produktu L1 do poziomu L2 algorytmem dla wód <i>Case 2</i>	29
Interpretacja danych – potencjalne problemy	32
Podsumowanie.....	33
Podziękowania – Acknowledgments.....	33

WSTĘP

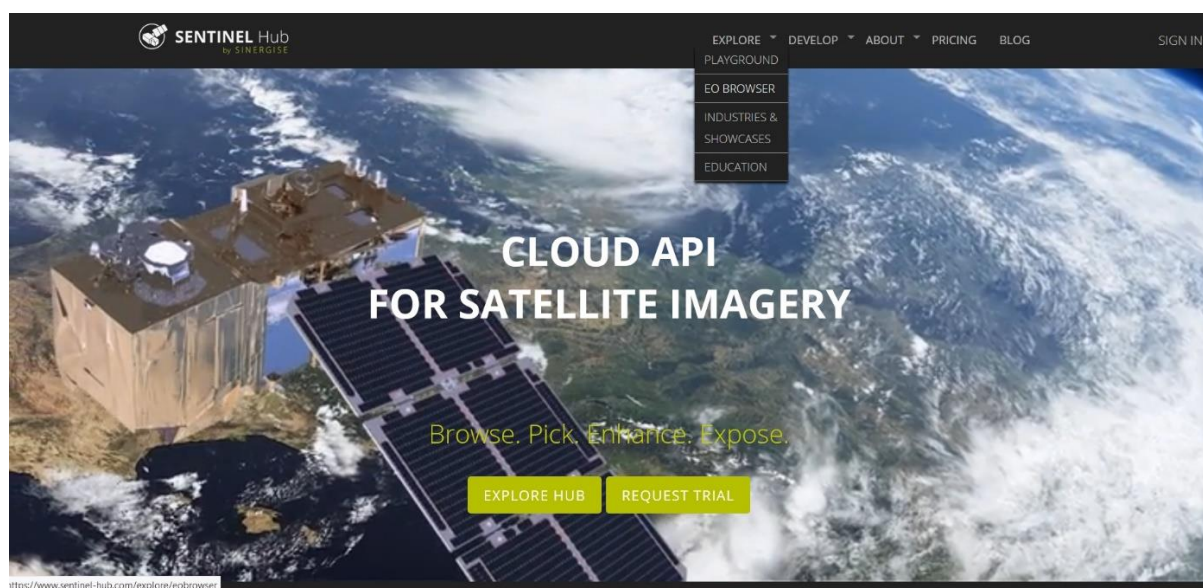
W niniejszym poradniku zostaną przedstawione informacje o tym jak przeglądać i pozyskiwać dane czujnika OLCI (Sentinel-3) dla obszaru morza, korzystając z serwisów internetowych takich jak: [EO Browser](#), [CODA EUMETSAT](#) i [Copernicus Access Hub](#) oraz jak przygotować je do dalszej pracy w GIS za pomocą oprogramowania SNAP. EO Browser jest wygodną przeglądarką, za pomocą której można sprawdzić, ile scen w interesującym nas okresie obejmuje obszar zainteresowania, czy obszar pozostaje bezchmurny, czy znajduje się na skraju czy też w centrum ścieżki skanowania, a także zauważyć występowanie masowego zakwitu lub rozptywu zmętnionych wód np. dopływających rzekami. Dane Sentinel-3 bez korekcji atmosferycznej (L1) dostępne są poprzez standardowe źródło danych satelitów SENTINEL, tj. Copernicus Access Hub oraz serwisy agencji EUMETSAT. Do poziomu L2 dane przetwarzane są oddzielnie dla obszaru lądu i morza. Produkty dla obszaru morza dostępne są wyłącznie poprzez serwisy agencji EUMETSAT.

PRZEGLĄDANIE I POBIERANIE DANYCH

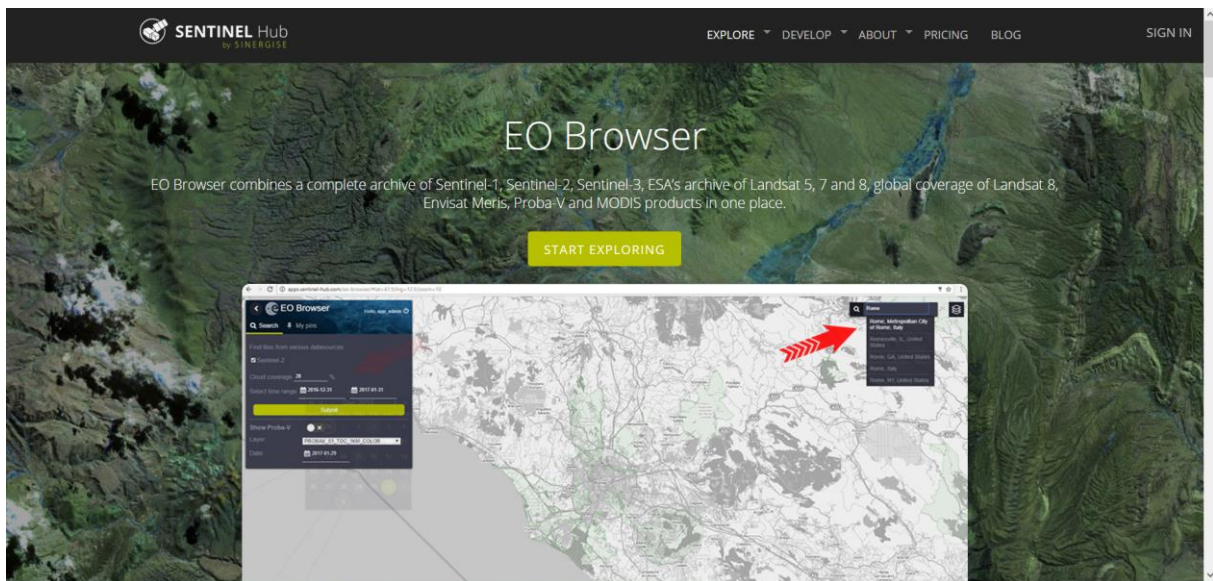
[EO BROWSER](#)

LOGOWANIE DO SERWISU

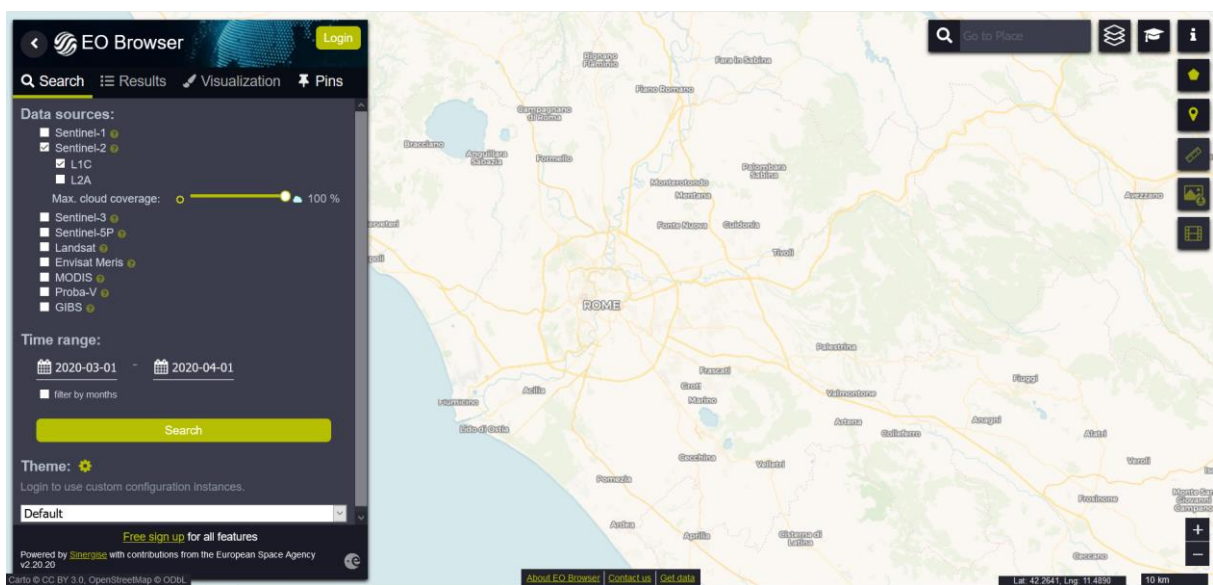
Wejść na stronę www.sentinel-hub.com i wybierz zakładkę EXPLORE, a następnie EO BROWSER.



Następnie należy kliknąć START EXPLORING.



Pojawi się nowy ekran, a w jego lewej części przycisk „Login”.



W przypadku braku konta, należy je założyć klikając „Login”, a następnie „Sign Up”. Pojawi się formularz rejestracji. Bez rejestracji i logowania możliwe jest wyszukiwanie i przeglądanie danych bez możliwości zapisu oraz wykorzystania dodatkowych funkcjonalności serwisu.

WYSZUKIWANIE

Aby wyszukać obraz, należy przesunąć się nad obszar zainteresowania. W tym przypadku, przesuń się w rejon Morza Bałtyckiego, tak aby widoczna była przynajmniej jego część centralna i polskie wybrzeże. Wyszukiwanie scen będzie zawężone do obszaru, który jest wyświetlany na monitorze. Każde zobrazowanie, które obejmuje, choćby częścią, widoczny obszar, pojawi się w wynikach wyszukiwania.

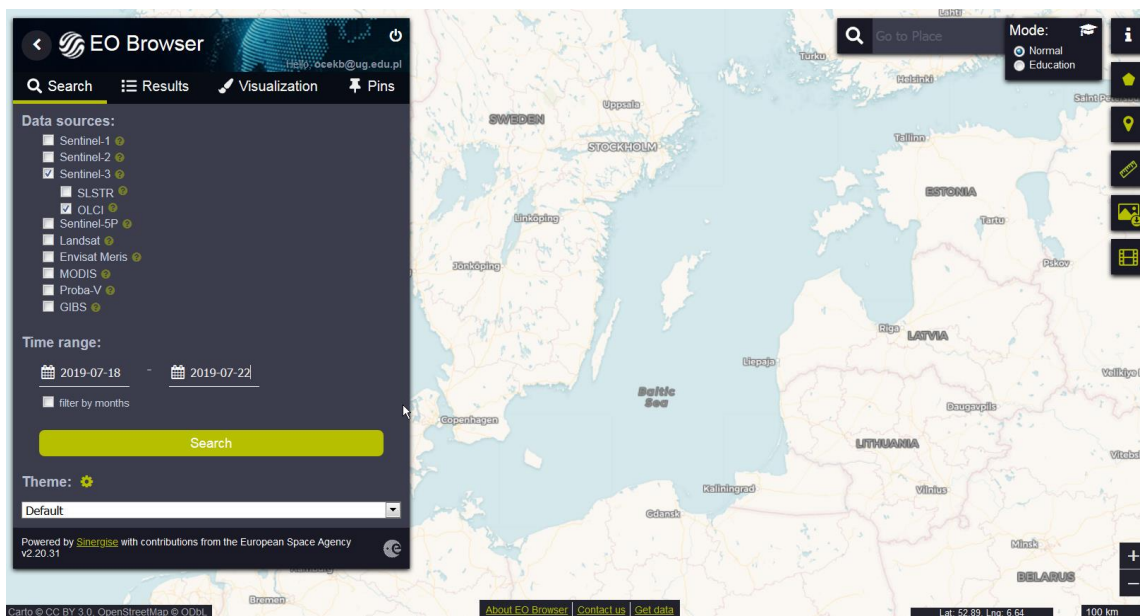
Z lewej strony, widoczne jest menu, w którym można zdefiniować zakres wyszukiwania. Po zaznaczeniu pola przy nazwach kolejnych satelitów, wyświetlają się dodatkowe atrybuty wyszukiwania.

W sekcji Sentinel-3 można wybrać urządzenie, z którego dane mają zostać wyszukiwane:

- SLSTR (*Sea and Land Surface Temperature Radiometer*) – dane termalne, które można wykorzystać do utworzenia mapy temperatury powierzchni morza;
- OLCI (*Ocean and Land Colour Instrument*) – dane o tzw. „kolorze morza”, tj. dane w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni, na podstawie których można wnioskować o przezroczystości wód, zawieszonych w nich cząstkach, w tym o zakwitach fitoplanktonu, oraz o materii rozpuszczonej.

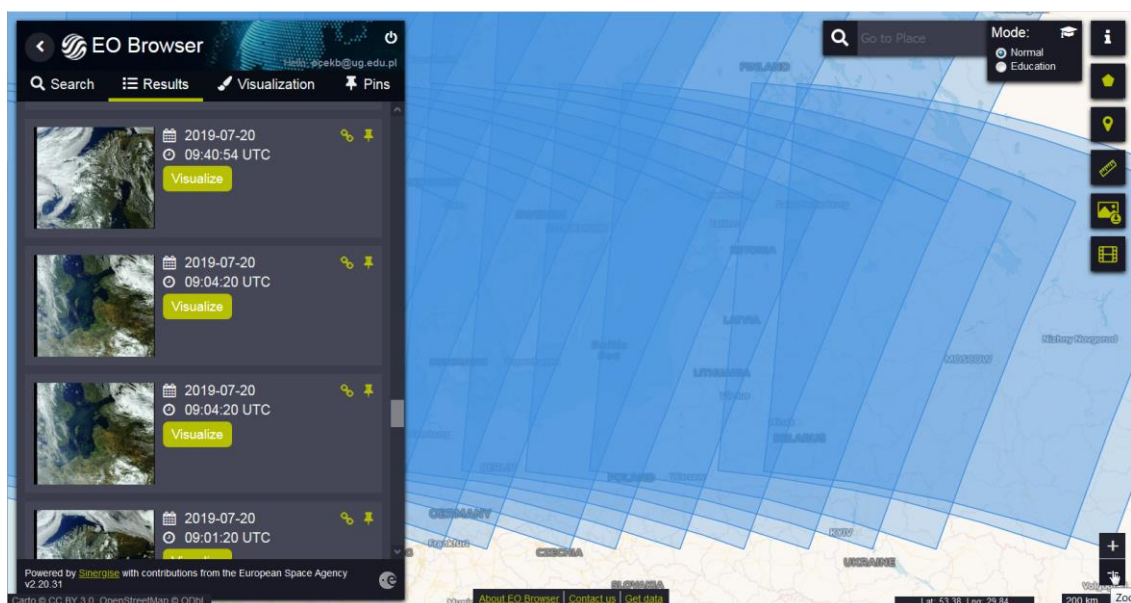
Time range pozwala zdefiniować okres dla którego będą wyszukiwane dane. Możliwe jest też wybranie danych tylko z określonych miesięcy w kilkuletnim okresie (opcja **Filter by months**)

W przykładzie zostaną wykorzystane dane czujnika OLCI z drugiej połowy lipca 2019 r., wybierz więc: Sentinel-3, OLCI, w okresie od 18 do 22 lipca 2019. Kliknij **Search**.



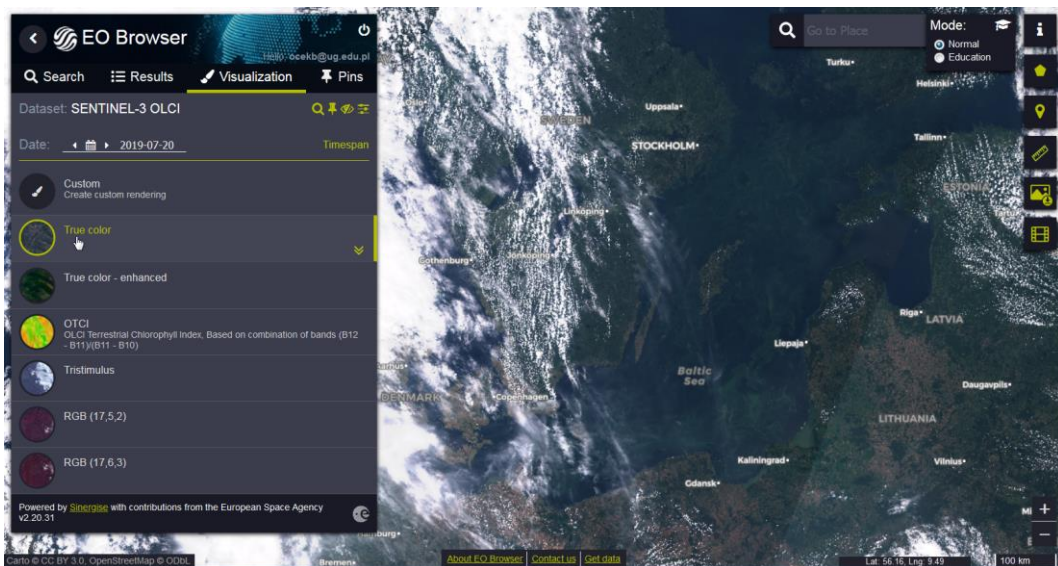
WYŚWIETLANIE I PRZEGLĄDNIIE WYNIKÓW

Aby zobaczyć listę znalezionych scen należy przejść do zakładki **Results**. Wyświetlane są tam miniatury kompozytów RGB pozwalające wybrać granule (fragmenty ścieżek), na których interesujący nas obszar nie jest przykryty chmurami. Jednocześnie na mapie wyświetlone są obrysy wszystkich znalezionych granul (scen).



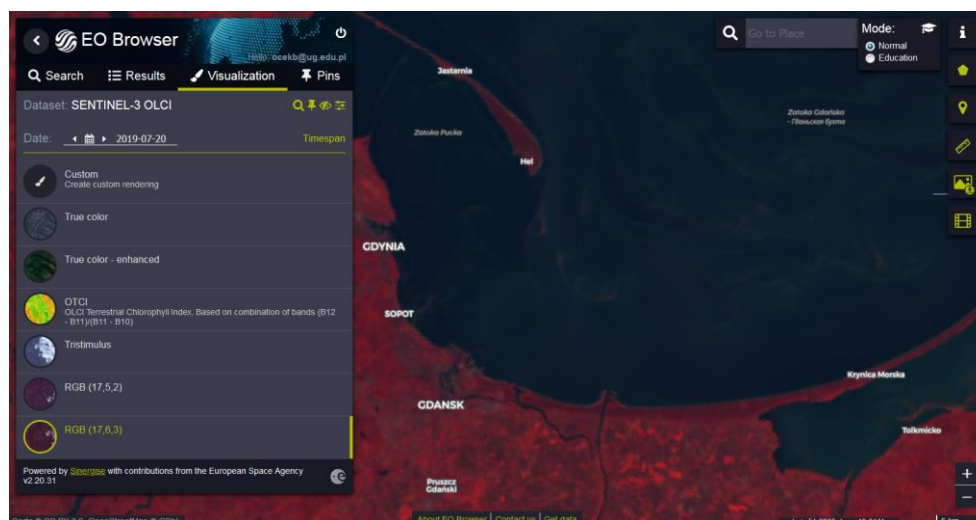
Wybierz scenę z 20-07-2019, na której widać duży obszar Bałtyku. Kliknij [Visualize](#). Automatycznie zostaniesz przeniesiony do zakładki [Visualization](#), gdzie wybrany obraz wyświetli się jako kompozyt RGB w barwach zbliżonych do rzeczywistych.

Z lewej strony ekranu, pojawi się lista, na której można wybrać w jakiej kompozycji lub przy użyciu jakiego wskaźnika, użytkownik chce wyświetlić obraz:



- *True color* – barwy zbliżone do rzeczywistych, kompozyt wykorzystujący kanały leżące w zakresach spektrum odpowiadających barwom: czerwieni (B08), zieleni (B06) i niebieskiej (B04)
- *True color - enhanced* – kompozycja wielokanałowa (kanały B04-B07, B09, B14), zwiększająca nasycenie barw
- *Tristimulus* – kompozycja oparta o kombinację wszystkich kanałów z zakresu światła widzialnego, barwy zbliżone do rzeczywistych
- *OCTI* – indeks chlorofilowy obliczany w oparciu o 3 kanały z zakresu światła czerwonego (zakres „Red Edge”), wykorzystywany do oceny wegetacji w obszarze lądu
- *RGB(17,5,2)* i *RGB(17,6,3)* – kompozycje z wykorzystaniem bliskiej podczerwieni (barwy fałszywe), pozwalające m.in. na odróżnieniu wód śródlądowych od otaczających je obszarów leśnych, ale także zakwitów glonów utrzymujących się na powierzchni wody

Poniżej obraz w barwach fałszywych (RGB: 17,6,3)

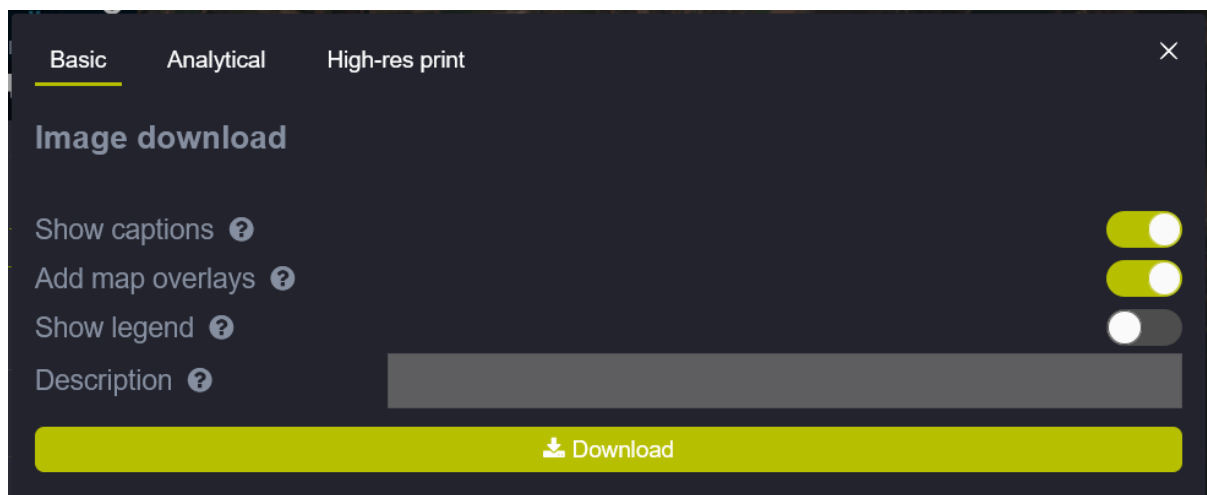


POBIERANIE OBRAZU LUB DANYCH

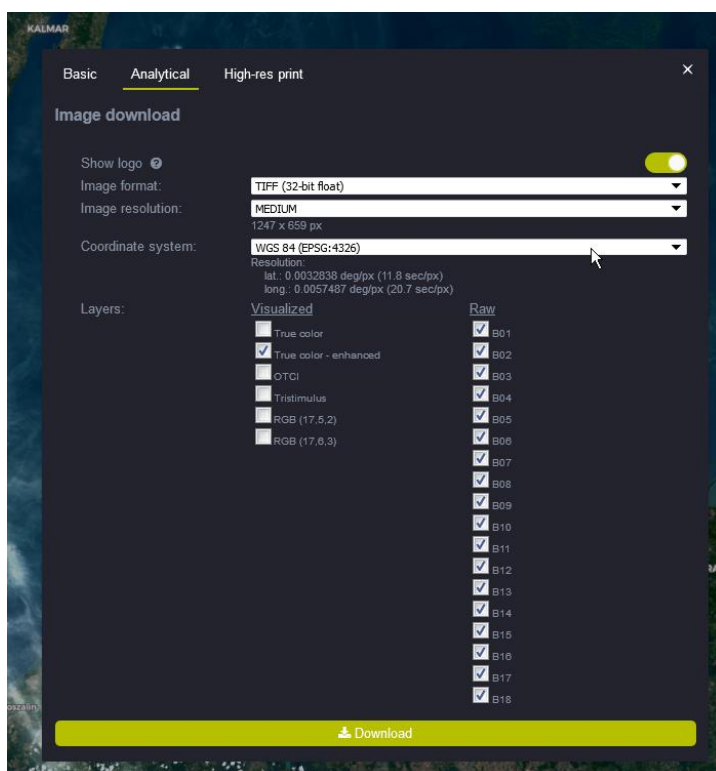
Aby pobrać widoczny obraz (wybrana kompozycja lub indeks) należy kliknąć ikonę [Download image](#) z prawej strony ekranu.



Pojawi się nowe okno. Jako domyślna, wyświetli się sekcja [Basic](#). Wybierając [Download](#) w tej sekcji, można pobrać obraz w formacie graficznym JPG, nieprzydatny do dalszych analiz, ale możliwy do wykorzystania np. w prezentacjach.

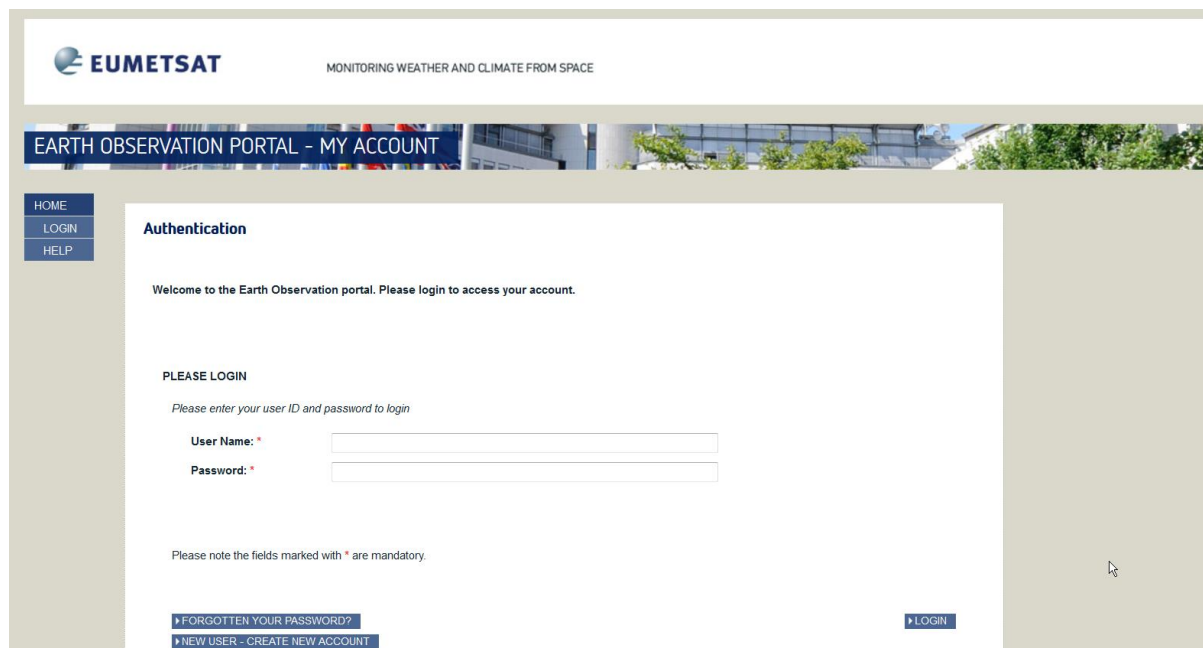


Po przejściu do sekcji [Analytical](#) istnieje możliwość poddania obrazu projekcji do wybranego odwzorowania i zapisania go w formacie TIFF. Taki obraz może być wykorzystany jako podkładowa warstwa mapy tworzonej w oprogramowaniu GIS. Klikając wybrane pola w kolumnie „Raw”, można pobrać również dane L1B dla wybranych kanałów spektralnych. Pamiętać trzeba, że pobrane zostaną dane tylko dla obszaru ograniczonego w oknie wyświetlania, a nie cała scena (stąd mały rozmiar pliku). Rozmiar piksela będzie zależał od wielkości obszaru widocznego w oknie oraz wybranej opcji rozdzielczości (LOW, MEDIUM, HIGH), a nie rzeczywistej rozdzielczości danych. Zaznacz dowolne kanały spektralne i wybrany kompozyt. Kliknij [Download](#).



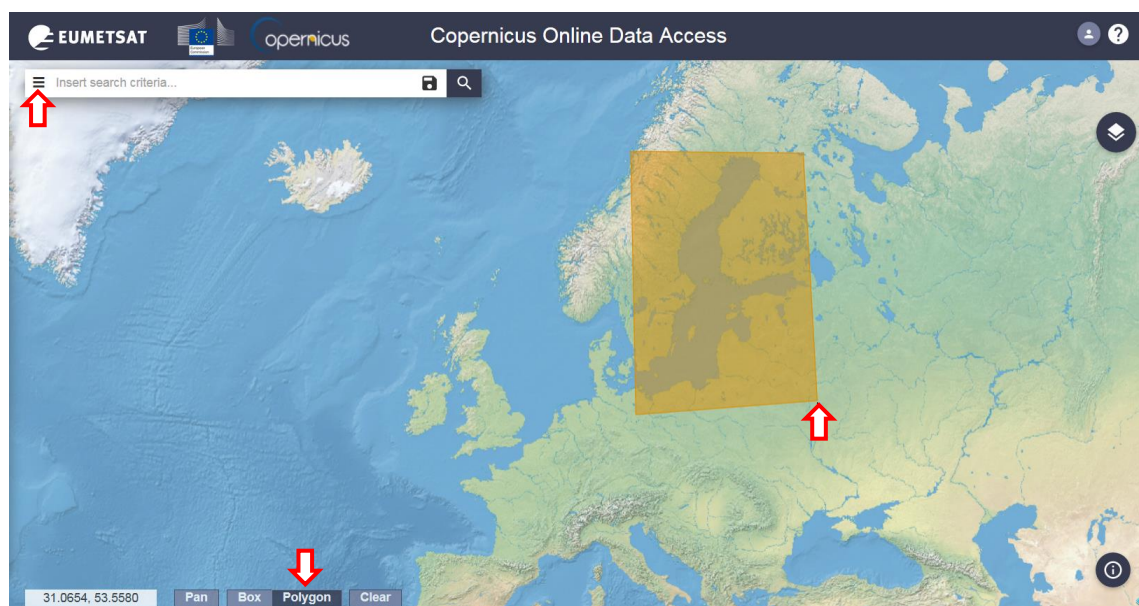
LOGOWANIE DO SERWISU

Wpisz w przeglądarce adres serwisu: <https://coda.eumetsat.int/>. Zostaniesz przekierowany do strony logowania. W przypadku braku konta, należy je założyć klikając [NEW USER – CREATE NEW ACCOUNT](#). Bez rejestracji i logowania nie jest możliwe korzystanie z funkcjonalności serwisu. Rejestracja jest bezpłatna i prosta – wymaga podania jedynie kilku informacji na temat użytkownika. Uzyskany login i hasło obowiązują we wszystkich serwisach EUMETSAT (CODA, CODAREP i DATA CENTRE).



WYSZUKIWANIE DANYCH

Serwis CODA pozwala na przeszukiwanie bazy danych na podstawie kilku kryteriów. **Uwaga!!!** W różnych przeglądarkach internetowych strona może wyglądać różnie. Przedstawione tu przykłady zostały przygotowane z wykorzystaniem *Mozilla Firefox*.



Definiowanie parametrów wyszukiwania najlepiej rozpocząć od zaznaczenia obszaru zainteresowania. W tym celu należy wybrać opcję **Polygon** (patrz czerwona strzałka u dołu na powyższym obrazie). Rysowanie poligonu odbywa się poprzez zaznaczanie na mapie punktów lewym klawiszem myszy. Aby zamknąć poligon i zakończyć rysowanie należy kliknąć prawym klawiszem myszy. Poligon zostanie podświetlony na żółto. Aby móc przesuwać mapę pozostawiając poligon, należy przejść do trybu **Pan**. Wyszukiwane będą wszystkie dane, które przynajmniej częściowo pokrywają zadany obszar. Aby ograniczyć dalej wyszukiwanie należy kliknąć ikonę po lewej stronie okienka **Insert search criteria**. Rozwinie się lista pozwalająca zdefiniować parametry przeszukiwania i wyświetlania wyników:

Sortowanie (Sort By) - wybór sposobu sortowania wyszukiwanych obrazów:

- *Ingestion date* - wg. daty „przyjęcia” danych (produktu) do bazy danych;
- *Sensing date* – wg. daty wykonania zobrazowania;
- *Cloud Coverage* – wg. stopnia pokrycia chmurami sceny

Kierunek sortowania (Order by) – wybór kierunku sortowania wyników

- *Descending* - malejąco
- *Ascending* - rosnąco

Okres (Sensing period/Ingestion period) – wybór dat w ramach, których użytkownik dokonuje wyszukiwania.

UWAGA!!! W serwisie CODA udostępniane są dane do roku wstecz. Wcześniejsze dane, z okresu 26/04/2016 do 29/11/2017 dostępne są w serwisie CODAREP (<https://codarep.eumetsat.int/>), do którego zalogować się można za pomocą tego samego loginu i hasła. Jego funkcjonalność jest taka sama jak opisana tu dla CODA. Dane zarejestrowane po 29/11/2017, które nie są już dostępne w CODA można pozyskać na poziomie przetworzenia L1 za pomocą Open Access Hub (patrz [następny rozdział](#)), a następnie samodzielnie przetworzyć do poziomu L2 za pomocą SNAP (patrz rozdział [„Przetwarzanie produktu L1 do poziomu L2 algorytmem dla wód Case 2”](#)).

Następnie można zawęzić wyszukiwanie wypełniając informacje w jednym lub kilku następujących filtrach:

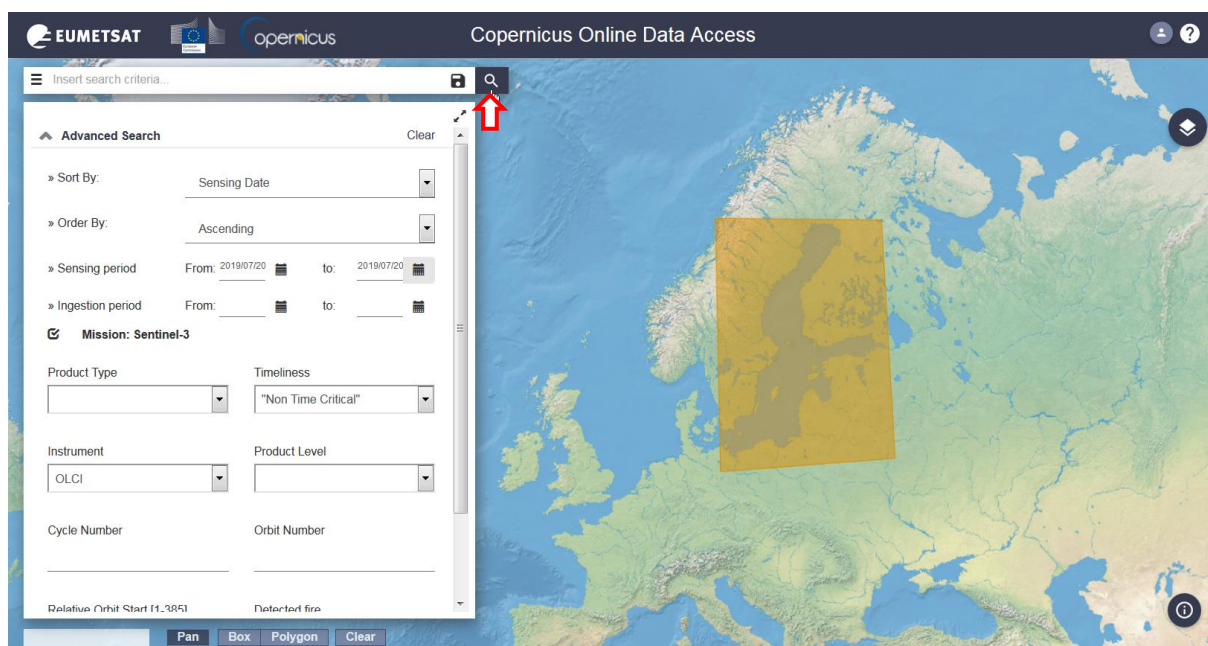
- **Instrument (Instrument)**
- **Poziom przetworzenia (Product Level):**
 - L0 – dane surowe
 - L1 – dane po korekcji instrumentalnej i geolokacji
 - L2 – dane po korekcji atmosferycznej, wielkości geofizyczne dotyczące przezroczystości wód i koncentracji zawiesiny, fitoplanktonu oraz rozpuszczonej materii organicznej itp.
- **tryb udostępniania (Timeliness)** - w przypadku OLCI dane są udostępniane w 2 trybach
 - NRT (*Near Real Time*) – produkty udostępniane już w ciągu 3 godzin po rejestracji, ale mniej dokładnie przetworzone (w szczególności mniej dokładne dane georeferencyjne) – przechowywane w bazie do miesiąca od rejestracji
 - NTC (*Non Time Critical*) – produkty udostępniane z opóźnieniem, do miesiąca po rejestracji (algorytmy wykorzystują bardziej precyzyjne informacje do korekcji) - przechowywane w bazie do roku od rejestracji

i / lub bardziej szczegółowo:

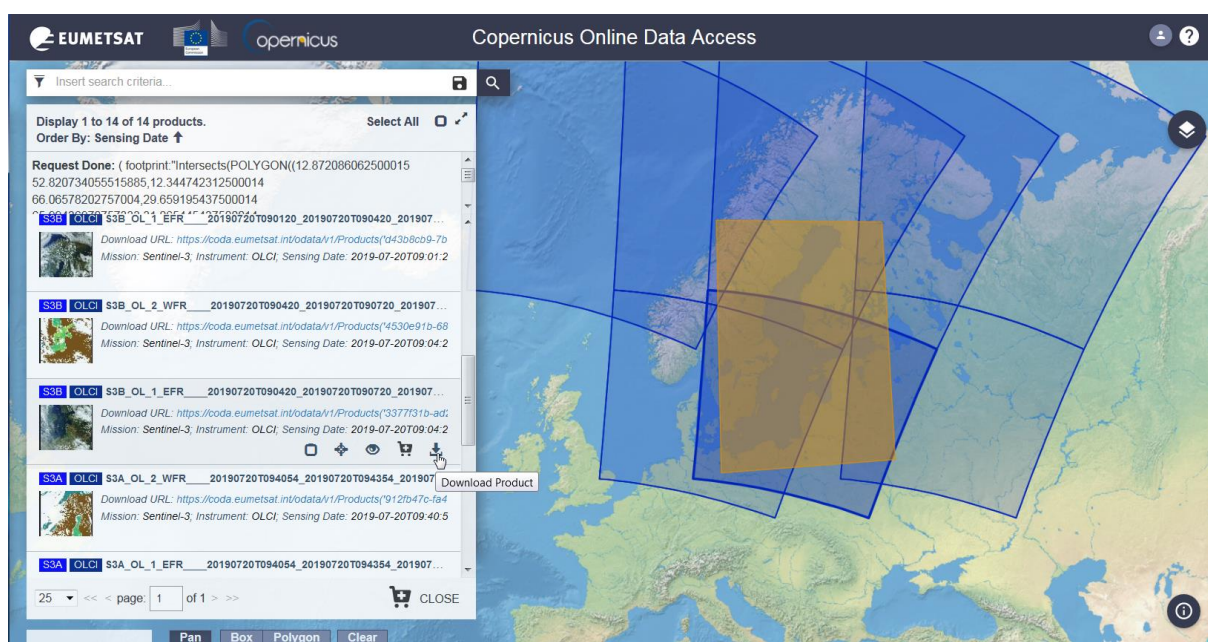
- produkt (*Product type*) – produkty czujnika OLCI mają nazwy rozpoczynające się od „OL_”, następnie 1 lub 2 oznacza poziom przetworzenia L1 lub L2 (litera „W” w produktach L2 oznacza, że są to produkty morskie), „FR” lub „RR” oznaczają odpowiednio pełną rozdzielczość (300 m) i zredukowaną (ok. 1,2 km)

- numer cyklu (*Cycle Number*) – liczba wskazująca po raz który od początku misji satelita znalazł się dokładnie nad tym samym punktem na Ziemi (w trybie operacyjnym długość cyklu satelity Sentinel-3 wynosi 27 dni)
- numer orbity (*Orbit Number*) – liczba wskazująca kolejny obieg orbity od początku misji
- numer ścieżki (*Relative Orbit Start*), czyli pasa zobrazowania odpowiadającego kolejnym obiegom satelity w jednym cyklu.
- *detected fire* – pozwala na wybranie tylko tych scen, na których zidentyfikowano pożary

Aby pozyskać produkty L1 i L2 dla wybranej wcześniej sceny z 20.07.2019 zaznacz poligon obejmujący Bałtyk, sortowanie po dacie rejestracji rosnąco, okres rejestracji od 20.07.2019 do 20.07.2019 oraz instrument OLCI i tryb *Non Time Critical*. Pozostałe filtry pozostaw puste. Kliknij na lupę, aby uruchomić wyszukiwanie.



Nastąpi wyszukiwanie wszystkich scen, których choć część znajduje się w zadanym poligonie. W miejsce filtrów pojawi się lista znalezionych danych i obrysy granul na mapie.



POBIERANIE DANYCH

Znajdź produkty L1 i L2 dla sceny zarejestrowanej ok. godz. 9 rano, która obejmuje większą część Bałtyku (możesz przeszukać listę, na której widoczne są podglądy zobrazowań albo klikając na mapie w obrys obejmujący Bałtyk przejdź do odpowiedniej pozycji listy). Kliknij ikonkę [Download product](#) przy produkcie L1.



Pojawi się okno zapisu. Wybierz ścieżkę i pobierz plik. Może to zająć kilka minut, z racji znacznej wielkości pliku. Ponów pobieranie dla produktu L2 (pozycja wyżej na liście wyników).

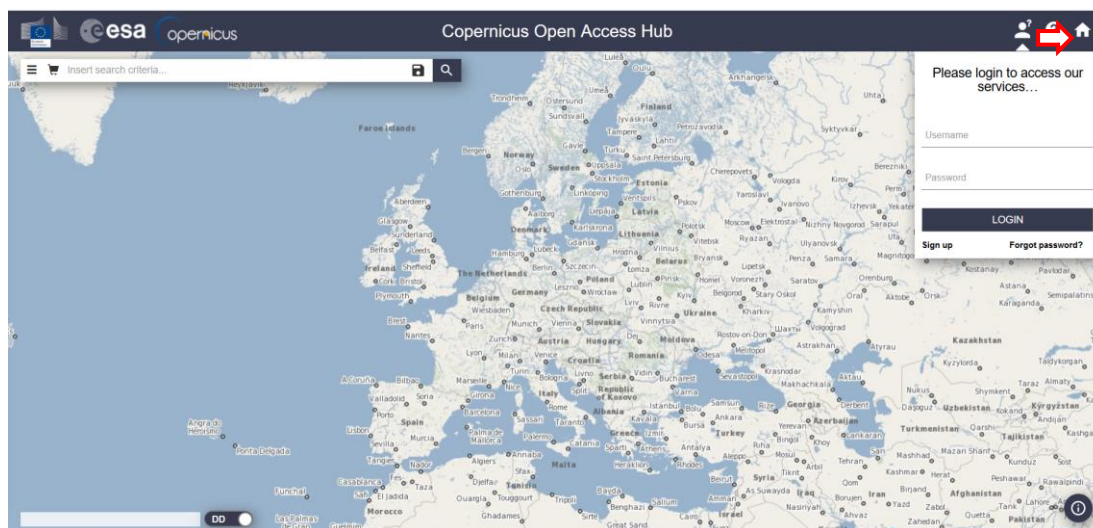
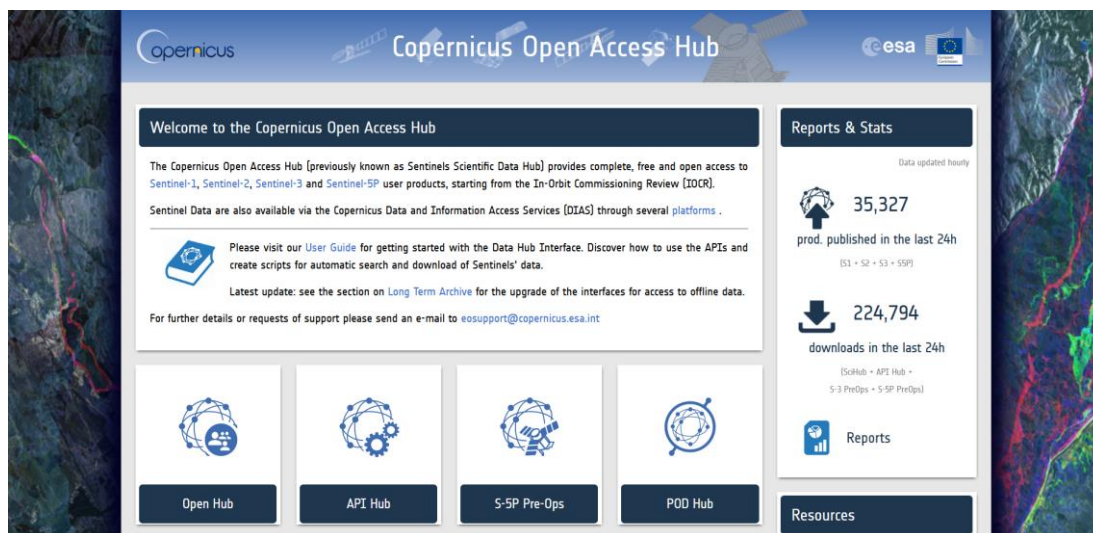
Więcej na temat funkcjonalności serwisu CODA w [Sentinel 3 Marine Copernicus Data Access User Manual](#)

COPERNICUS ACCESS HUB

Dane OLCI L1 dla całego okresu rejestracji, przetwarzane przez *Land Production Centre*, dostępne są niezależnie poprzez serwis Copernicus Open Access Hub (www.scihub.copernicus.eu).

LOGOWANIE

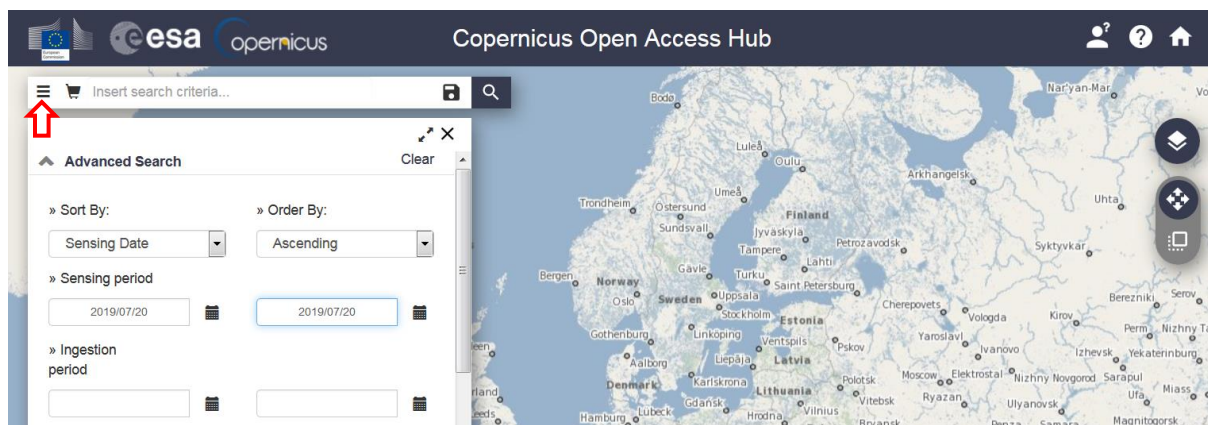
Wejdź na stronę Copernicus Access Hub i Wybierz „Open Hub”



Po kliknięciu na „Open Hub”, wyświetli się powyższa strona. Aby móc w pełni korzystać z serwisu, konieczne jest zalogowanie się. Aby tego dokonać, należy kliknąć ikonę w prawym górnym rogu strony. Konieczna jest wcześniejsza rejestracja. W celu rejestracji, należy kliknąć „Sign up”. Po kliknięciu „Sign up”, wyświetli się formularz rejestracyjny. Po dokonaniu rejestracji, należy wpisać swój login (username) i hasło (password), a następnie wcisnąć „Login”.

WYSZUKIWANIE DANYCH

Serwis Copernicus Open Access Hub ma funkcjonalność podobną jak CODA, ale z mniejszą listą filtrów. Tu również wygląd strony może różnić się w zależności od przeglądarki. Przedstawione przykłady zostały przygotowane z wykorzystaniem *Mozilla Firefox*.



Aby wybrać parametry wyszukiwania należy kliknąć na ikonę po lewej stronie okienka „Insert search criteria”. Rozwinie się lista pozwalająca zdefiniować parametry przeszukiwania i wyświetlania wyników:

Sort By - wybór sposobu sortowania wyszukiwanych obrazów:

- *Ingestion date* - wg. daty „przyjęcia” danych (produktu) do bazy danych;
- *Sensing date* – wg. daty wykonania zobrazowania;
- *Tile id* – wg. kolejności zobrazowania.

Order by – wybór kierunku sortowania wyników

- *Descending* - malejąco
- *Ascending* - rosnąco

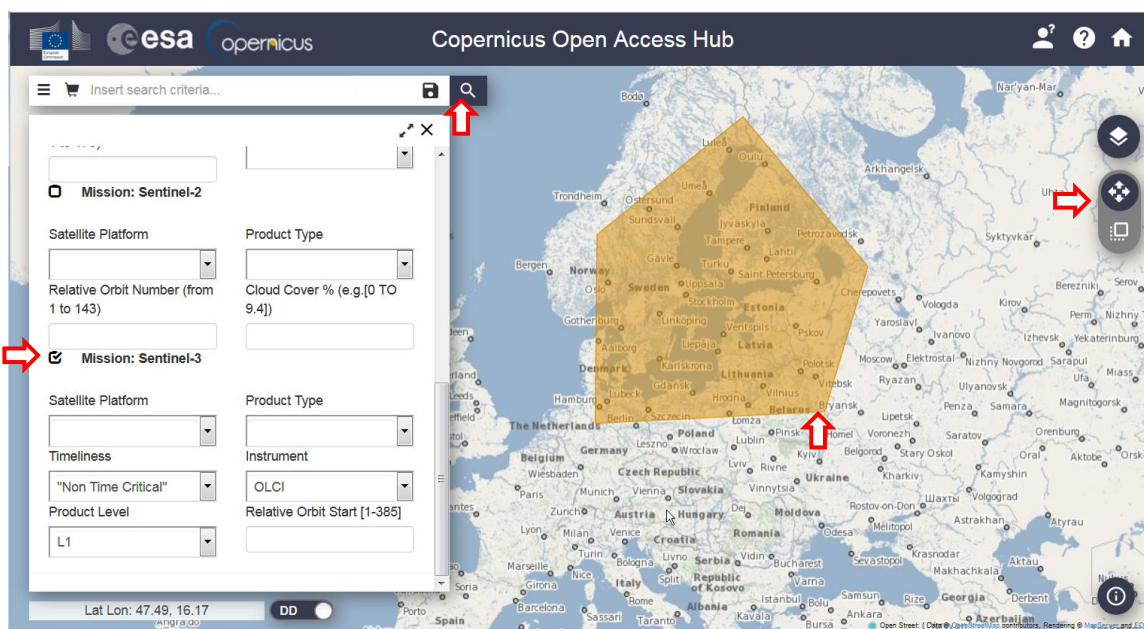
Sensing period/Ingestion period – wybór dat w ramach, których użytkownik dokonuje wyszukiwania.

Są to ogólne parametry wyszukiwania, stosowane do każdego źródła danych. Aby wyszukać produkty pochodzące z Satelity Sentinel-3, należy zaznaczyć pole przy Mission: Sentinel-3. Następnie można zawęzić wyszukiwanie wypełniając informacje w jednym lub kilku następujących filtrach:

- **satelita** (*Satellite Platform*) – wybór Satelity wykonującego zobrazowanie. Są to satelity, o takich samych parametrach. Aby zwiększyć zasięg wyszukiwania, pole należy zostawić puste, tak aby szukać zobrazowań z obu satelitów:
 - S3A
 - S3B
- **produkt** (*Product type*) – produkty czujnika OLCI mają nazwy rozpoczynające się od „OL_”, następnie 1 lub 2 oznacza poziom przetworzenia L1 lub L2 (litera „L” w produktach L2 oznacza, że są to produkty

lądowe – produkty morskie dostępne są wyłącznie w serwisach EUMETSAT), „FR” lub „RR” oznaczają odpowiednio pełną rozdzielczość (300 m) i zredukowaną (1 km)

- **tryb udostępniania (Timeliness)** - w przypadku OLCI dane są udostępniane w 2 trybach:
 - NRT (*Near Real Time*) – produkty udostępniane już w ciągu 3 godzin po rejestracji, ale mniej dokładnie przetworzone (w szczególności mniej dokładne dane georeferencyjne), możliwe pozyskanie danych z okresu ostatniego miesiąca
 - NTC (*Non Time Critical*) – produkty udostępniane z opóźnieniem, do miesiąca po rejestracji (algorytmy wykorzystują bardziej precyzyjne informacje do korekcji), możliwe pozyskanie danych z okresu ostatniego roku
- **Instrument (Instrument)**
- **Poziom przetworzenia (Product Level):**
 - L1 – dane po korekcji instrumentalnej i geolokacji
 - L2 – dane po korekcji atmosferycznej, wielkości geofizyczne dotyczące łądu.
- **numer ścieżki (Relative Orbit Start)**, czyli pasa zobrazowania odpowiadającego kolejnym obiegom satelity w jednym cyklu.



Przed rozpoczęciem wyszukiwania należy zawęzić obszar. Aby to zrobić, wybierz ikonę „Switch to Area Mode”, znajdującą się po prawej stronie ekranu. Rysowanie poligonu odbywa się poprzez zaznaczanie na mapie punktów lewym klawiszem myszy. Aby zamknąć poligon i zakończyć rysowanie należy kliknąć dwukrotnie. Poligon zostanie podświetlony na żółto.

Aby pozyskać produkt L1 dla wybranej wcześniej sceny z 20.07.2019 zaznacz poligon obejmujący Bałtyk, sortowanie po dacie rejestracji rosnąco, okres rejestracji od 20.07.2019 do 20.07.2019 oraz instrument OLCI, poziom L1 i tryb *Non Time Critical*. Pozostałe filtry pozostaw puste. Kliknij na lupę, aby uruchomić wyszukiwanie. Nastąpi wyszukiwanie wszystkich obrazów, których choć część znajduje się w zadanym poligonie.

POBIERANIE DANYCH























Znajdź produkt dla sceny zarejestrowanej ok. godz. 9 rano, która obejmuje większą część Bałtyku (możesz przeszukać listę, na której widoczne są podglądy zobrazowań albo klikając na mapie w obrys obejmujący Bałtyk przejść do odpowiedniej pozycji listy). Kliknij ikonkę [Download product](#) przy produkcie. Pojawi się okno zapisu. Wybierz ścieżkę i pobierz plik. Może to zająć kilka minut, z racji znacznej wielkości pliku.



STRUKTURA DANYCH SENTINEL-3 / OLCI

DANE Z [EO BROWSER](#)

Po pobraniu danych z serwisu sentinel-hub.com, należy otworzyć folder, w którym znajduje się pobrany plik. Będzie on skompresowanym plikiem .ZIP.

Nazwa	Typ	Rozmiar po skompr...
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B01.tiff	Plik TIFF	1,882 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B02.tiff	Plik TIFF	1,884 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B03.tiff	Plik TIFF	1,941 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B04.tiff	Plik TIFF	1,963 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B05.tiff	Plik TIFF	1,952 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B06.tiff	Plik TIFF	1,944 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B07.tiff	Plik TIFF	1,929 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B08.tiff	Plik TIFF	1,941 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B09.tiff	Plik TIFF	1,942 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B10.tiff	Plik TIFF	1,946 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B11.tiff	Plik TIFF	2,068 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B12.tiff	Plik TIFF	2,139 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B13.tiff	Plik TIFF	1,871 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B14.tiff	Plik TIFF	2,036 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B15.tiff	Plik TIFF	2,129 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B16.tiff	Plik TIFF	2,145 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B17.tiff	Plik TIFF	2,152 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B18.tiff	Plik TIFF	2,153 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B19.tiff	Plik TIFF	2,101 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B20.tiff	Plik TIFF	1,880 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, B21.tiff	Plik TIFF	2,149 KB
 2019-07-20, Sentinel-3 OLCI, True color - enhanced.tiff	Plik TIFF	8,059 KB

Znajdują się w nim wyłącznie pliki graficzne TIFF (lub inne w zależności od wybranego przy zapisie formatu), po jednym dla każdego z wybranych kanałów spektralnych i kompozytów. Opis kanałów spektralnych (zakres spektralny i przeznaczenie) można znaleźć na portalu ESA Sentinel Online (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-olci/resolutions/radiometric>) oraz w prezentacji szkoleniowej na temat czujników wykorzystywanych w satelitarnych badaniach morza. Dane te można wczytać jako warstwy rastrowe do oprogramowania GIS. Przed rozpoczęciem pracy należy je rozpakować do nowego folderu. W materiałach szkoleniowych „PRACA NA DANYCH SATELITARNYCH – PODSTAWY” można znaleźć podpowiedzi jak analizować tego rodzaju dane za pomocą QGIS (warstwy TIFF Sentinel-3 wczytuje się tak samo jak te w formacie JP2, które zaprezentowano w materiałach dla Sentinel-2).

DANE Z SERWISÓW [EUMETSAT](#) ORAZ [SENTINEL ACCESS HUB](#)

Po pobraniu danych z serwisu CODA lub Open Access Hub, należy otworzyć folder, w którym znajduje się pobrany plik. Produkty L1 i L2 rozpakuj do osobnych folderów:

L1:

- S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T150114_0179_027_378_1980_MAR_O_NT_002.SEN3 (product z serwisu EUMETSAT)
lub

- S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T125137_0179_027_378_1980_LN1_O_NT_002.SEN3 (product z serwisu Sentinel Access Hub)

L2:

- S3B_OL_2_WFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T172639_0179_027_378_1980_MAR_O_NT_002.SEN3

W nazwie folderów rozpakowanych z plików zakodowane są informacje o produkcie:

- S3B – Satelita, który dostarczył danych – w przykładzie Sentinel-3B;
- OL – Sensor OLCI
- 1_E / 2_W - poziom przetworzenia L1B / L2_wody
- FR - pełna rozdzielczość (300 m)
- 20190720T090420 – czas początku rejestracji sceny (pierwsza linia) – 28 lipca 2019 roku godzina 9:04:20
- 20190720T090720 – czas końca rejestracji sceny (ostatnia linia) – 28 lipca 2019 roku godzina 9:07:20
- 20190721T150114 – czas utworzenia produktu - 21 lipca 2019 roku godzina 15:01:14 (zauważ, że dla każdego z produktów inny)
- 0179 – czas rejestracji całej sceny w sekundach
- 027 – nr cyklu
- 378 – nr ścieżki (numer orbity w cyklu)
- 1980 – nr granuli wzdłuż ścieżki
- MAR (*Marine Processing and Archiving Centre*)/ LN1 (*Land Production Centre*) – ośrodek przetwarzający dane
- O – faza operacyjna działania satelity
- NT – tryb: *non time critical*
- 002 – nr wersji przetwarzania

Struktura folderów jest podobna, niezależnie od poziomu przetworzenia. Zawierają one:

- Plik „*xfdmanifest.xml*” zawierający metadane i opis struktury produktów
- Pliki z danymi rastrowymi w formacie netCDF (*.nc):

ZESTAW DANYCH L1

Mimo przetwarzania w różnych ośrodkach zawartość produktu L1 pozyskanego z serwisu EUMETSAT (MAR) i Open Access Hub (LN1) jest taka sama

- **Oa##_radiance** – wartości radiacji [$\text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$] na górnej granicy atmosfery (TOA) w 21 kanałach spektralnych (## - nr kanału), obliczone na podstawie zarejestrowanych danych po zastosowaniu georeferencji i korekcji radiometrycznej oraz przepróbkowaniu do 'idealnej' siatki instrumentalnej (układ współrzędnych linii i kolumn, bez projekcji do odwzorowania kartograficznego, współrzędne w osobnych rastrach)
- **geo_coordinates** – współrzędne geograficzne pikseli
- **qualityFlags** – wyniki identyfikacji chmur, rodzaju powierzchni, informacje o wykrytych błędach i ewentualnej interpolacji wartości
- dodatkowe dane (*auxiliary data*) wykorzystane w korekcji lub przydatne do dalszych korekcji, w tym informacje o czasie rejestracji każdej linii, charakterystykach czujnika, geometrii obrazowania, dane meteorologiczne z modelu ECMWF (*instrument_data*, *removed_pixels*, *tie_geo_coordinates*, *tie_geometries*, *tie_meteo*, *time_coordinates*)

Więcej informacji w serwisie [Sentinel Online](#)

ZESTAW DANYCH L2

- **Oa##_reflectance** – wartości refleksyjności [-] na poziomie morza (BOA) w 16 kanałach spektralnych (## - nr kanału), obliczone na podstawie radiacji L1B z wykorzystaniem algorytmu *Baseline Atmospheric Correction* (BAC)
- **chl_oc4me** – koncentracja chlorofilu *a* [mg m⁻³] dla wód czystych (w obliczeniach zastosowane algorytmy BAC i *maximum band ratio*, wartości w skali logarytmicznej)
- **chl_nn** - koncentracja chlorofilu *a* [mg m⁻³] dla wód zmętnionych (algorytm C2RCC, wartości w skali logarytmicznej)
- **tsm_nn** – koncentracja zawiesiny całkowitej [g m⁻³] dla wód zmętnionych (algorytm C2RCC, wartości w skali logarytmicznej)
- **trsp** – współczynnik dyfuzyjnego osłabiania oświetlenia odgórnego $K_d(\lambda=490 \text{ nm})$ [m⁻¹] (algorytm BAC i M07, wartości w skali logarytmicznej)
- **iop_nn** – współczynnik absorpcji [m⁻¹] przez rozpuszczone substancje organiczne i detrytus dla długości fali 443 nm (algorytm C2RCC, wartości w skali logarytmicznej)
- **PAR** - chwilowe wartości promieniowania fotosyntetycznie czynnego [$\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] w zakresie 400-700 nm (algorytmy BAC i *clear-sky ocean*);
- **w_aer** - aerozolowa grubość optyczna atmosfery $T(\lambda=865 \text{ nm})$ i współczynnik Angstroma (A) wyrażający spektralną zależność grubości optycznej atmosfery dla fal o długości 779 nm i 865 nm (algorytm BAC)
- **iww** – zawartość pary wodnej w kolumnie atmosfery [kg m⁻²] (algorytm 1D-Var).

Wszystkie powyższe produkty geofizyczne zawierają oprócz wartości parametrów również oszacowania błędów. Kolorem zielonym oznaczone te, które przetwarzane są algorytmami właściwymi dla wód typu *Case 2*, do których należy Bałtyk.

- **geo_coordinates** – współrzędne geograficzne pikseli
- **wqsf** – flagi jakości danych i wstępnej klasyfikacji
- dodatkowe dane (*auxiliary data*) wykorzystane w korekcji lub przydatne do dalszych korekcji, w tym informacje o czasie rejestracji każdej linii, charakterystykach czujnika, geometrii obrazowania, dane meteorologiczne z modelu ECMWF (*instrument_data*, *tie_geo_coordinates*, *tie_geometries*, *tie_meteo*, *time_coordinates*)

Więcej informacji w serwisie [Sentinel Online](#)

WSTĘPNE PRZETWARZANIE DANYCH W PROGRAMIE SNAP

Do dalszej części ćwiczeń wykorzystane będzie bezpłatne oprogramowanie SNAP. Możliwość pobrania oprogramowania na stronie <http://step.esa.int/main/download/snap-download/>. Do przeprowadzenia zaprezentowanych tu analiz wystarczy zainstalować pakiet narzędzi dla satelitów Sentinel (Sentinel Toolboxes). Na stronie <http://step.esa.int/main/doc/tutorials/> znajdują się krótkie tutoriale omawiające podstawowe funkcje programu. Po uruchomieniu programu główne okno oraz zawartość menu i paska narzędzi może wyglądać różnie, w zależności od zainstalowanego zestawu toolboxesów. W przypadku, gdy jakieś okno narzędzi wykorzystywanych w ćwiczeniu nie jest widoczne można je otworzyć za pomocą polecenia **View > Tool windows**.

OPERACJE NA DANYCH L1

WYŚWIETLENIE I EKSPORT KOMPOZYTU BARWNEGO

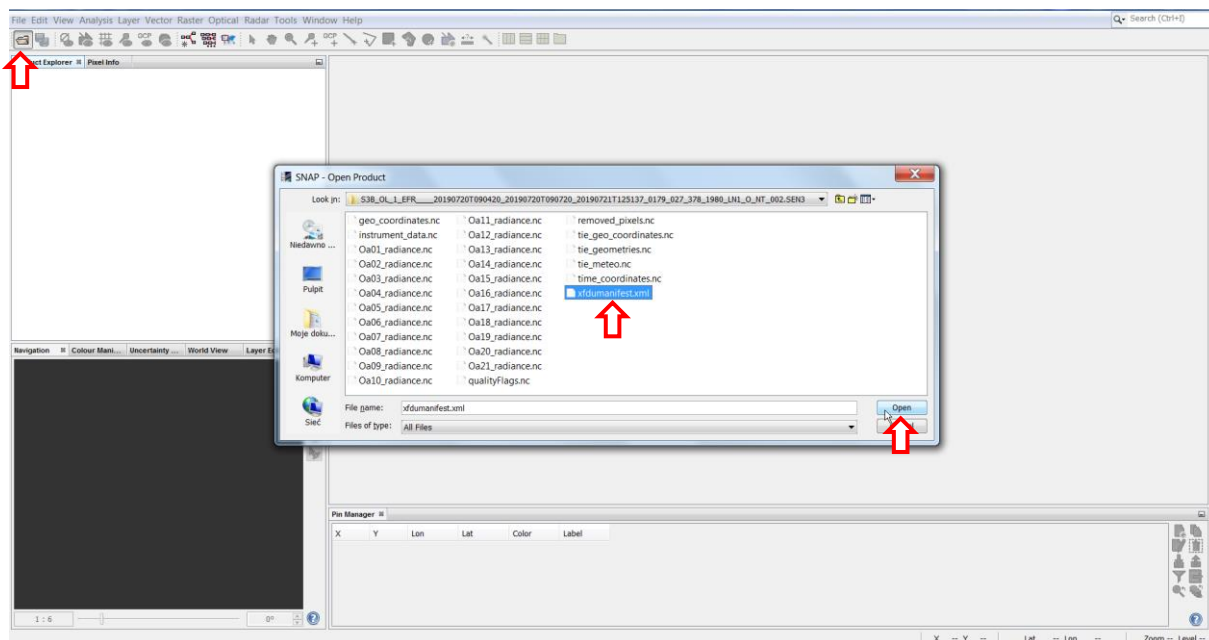
Aby wczytać dane satelitarne należy wybrać polecenie **File > Open Product**, następnie w oknie dialogowym przejść do folderu, do którego dane zostały rozpakowane, wskazać plik *xfdmanifest.xml* i kliknąć **Open**.


Uwaga!!! Podczas rozpakowywania danych Sentinel-3 należy zachować oryginalną nazwę folderu. Dla analizowanego przykładu (dane z serwisu CODA) jest to:

S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T150114_0179_027_378_1980_MAR_O_NT_002.SEN3

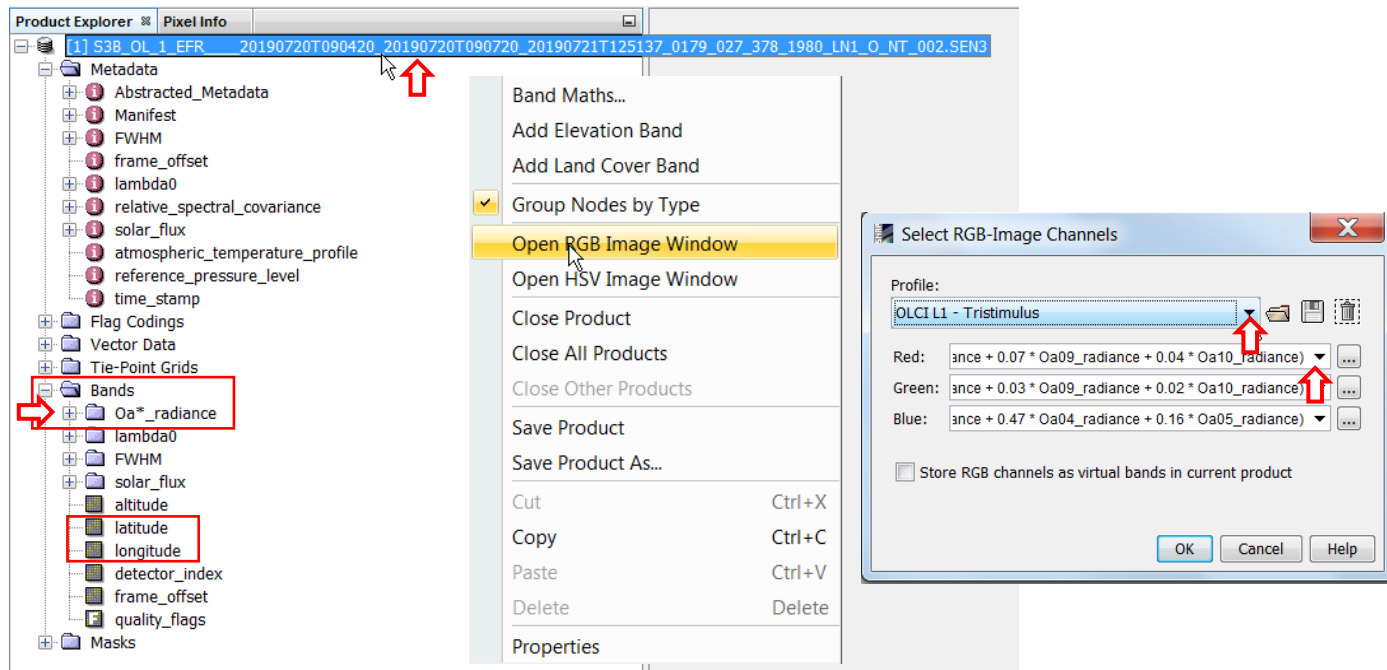
lub (dane z serwisu Copernicus Open Access Hub)

S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T125137_0179_027_378_1980_LN1_O_N_T_002.SEN3

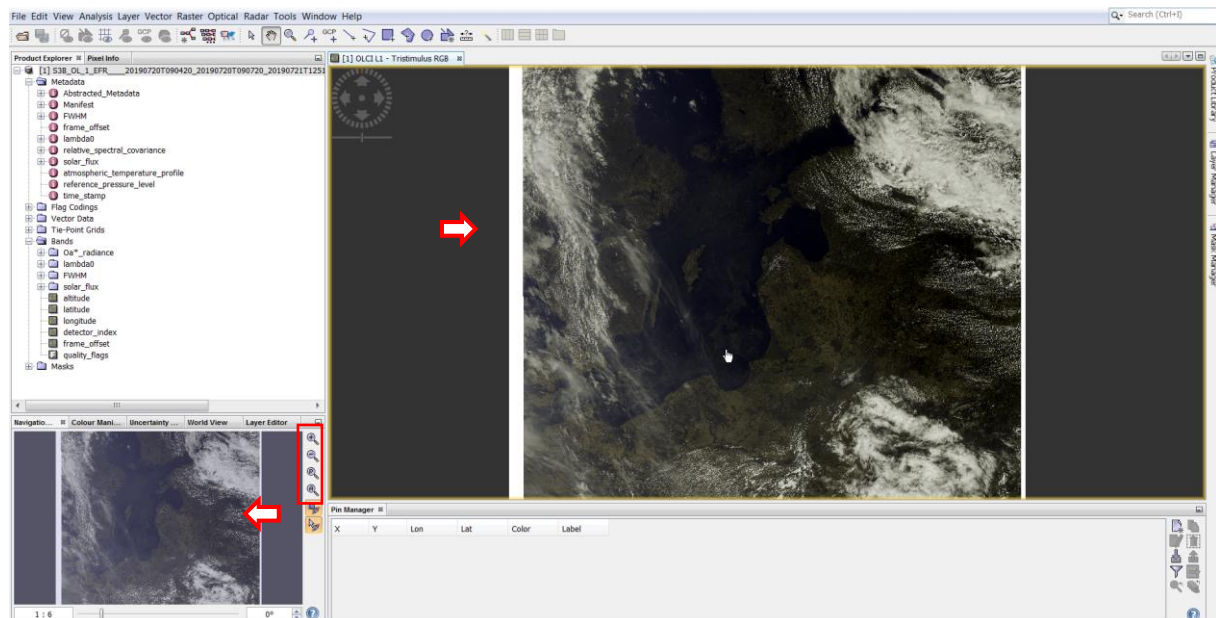


Program SNAP automatycznie wczyta wszystkie pliki *.nc zawarte w folderze produktu. Strukturę produktu możemy podejrzeć w oknie **Product Explorer** (otwarty przeważnie w lewej górnej części okna programu SNAP). Zawartość rozwija się przez kliknięcie w znak  po lewej stronie nazwy produktu i każdego z zawartych w nim folderów. Dane z poszczególnych kanałów spektralnych (wartości radiacji TOA) znajdują się w folderze **Bands > Oa*_Radiance**. Współrzędne pikseli w warstwach rastrowych *latitude* i *longitude*.

Aby wyświetlić dane jako kompozyt RGB należy kliknąć prawym klawiszem myszy na nazwę produktu w oknie **Product Explorer**. Pojawi się menu kontekstowe, z którego należy wybrać **Open RGB Image Window**. W oknie dialogowym funkcji tworzenia kompozytu można wybrać jeden z predefiniowanych kompozytów (**Profile**), albo stworzyć własny wybierając dla poszczególnych składowych R,G,B radiacje z dowolnych kanałów spektralnych (▼) lub ich kombinację (tworzenie kombinacji kanałów przyciskiem oznaczonym trzema kropkami).

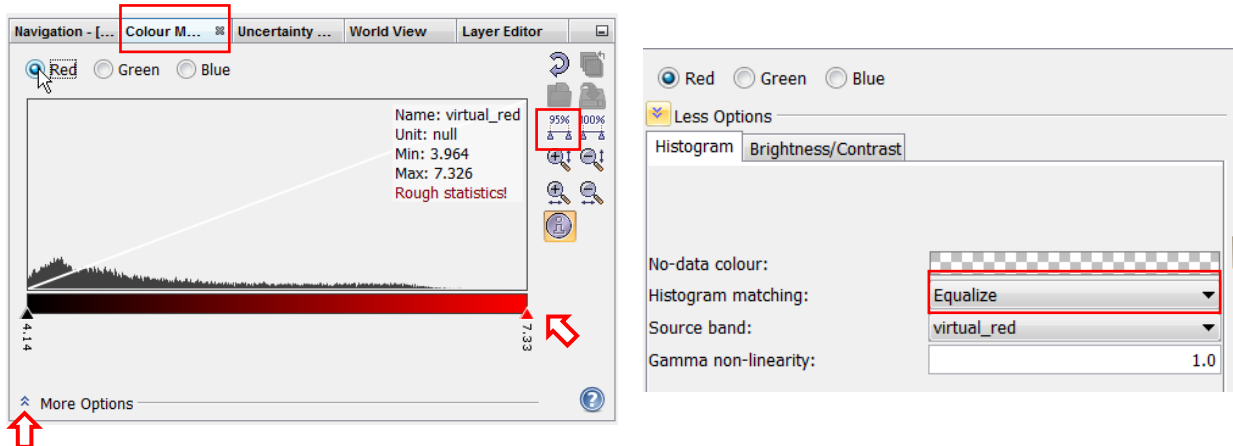


Wybierz predefiniowany kompozyt **OLCI L1 - Tristimulus** i kliknij **OK**. Obraz zostanie wyświetlony w głównej części okna programu oraz w okienku **Navigation**. Zestaw lupek w tym drugim oknie pozwala na powiększanie / pomniejszanie obszaru w głównym oknie.

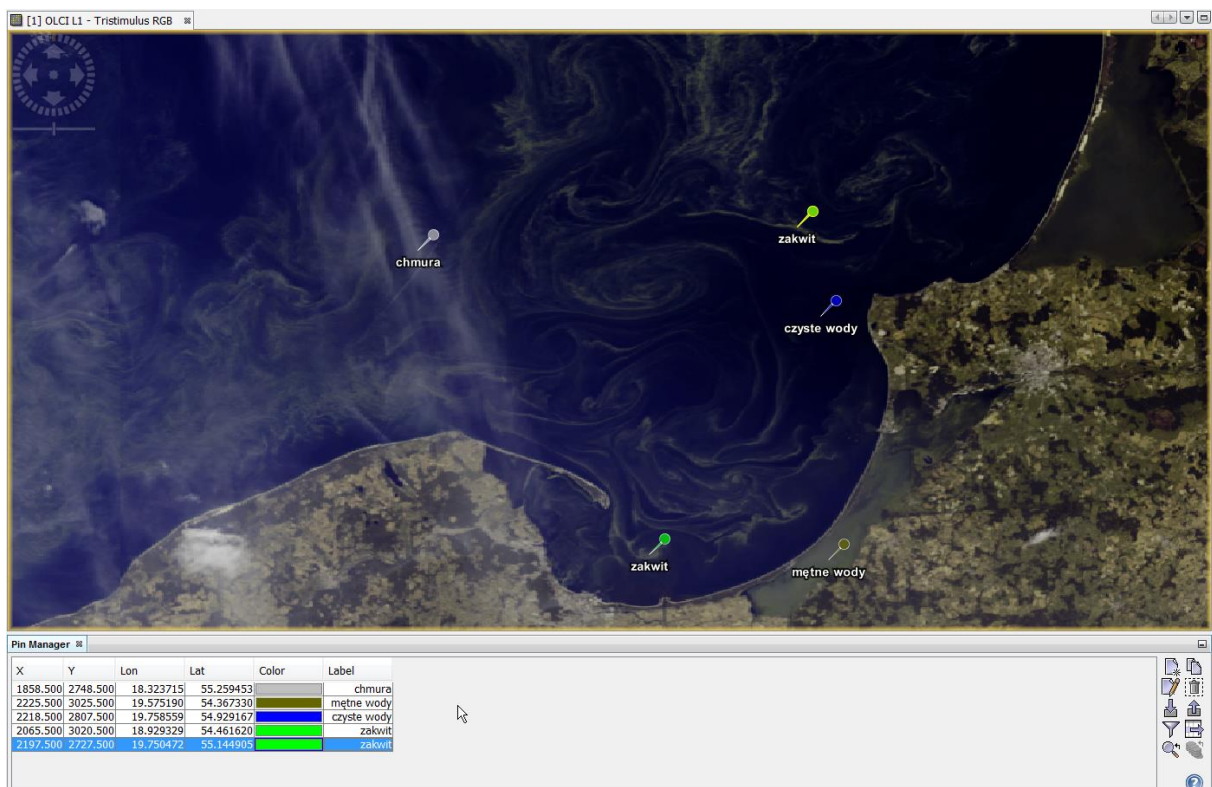


Przybliż obszar Zatoki Gdańskiej. Aby wzmocnić kontrast obrazu można wykorzystać narzędzie **Colour Manipulation** (zakładka obok narzędzia **Navigation**) ograniczając zakres wartości w jakim rozłożone będą odcienie poszczególnych barw. Można wybrać automatyczne dopasowanie liniowego kontrastu z obcięciem po 2,5% skrajnych wartości (opcja 95%) lub ręcznie za pomocą suwaka skali barwnej. Aby zachować barwy zbliżone do

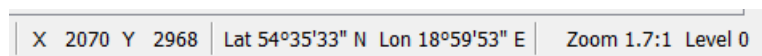
rzeczywistych należy zrobić to proporcjonalnie w każdym z trzech pasm barwnych. Można też wykorzystać inne opcje dostępne po rozwinięciu [More Option](#).



Wybierz opcję wyrównywania histogramu ([Histogram matching: Equalize](#)). Na obrazie czyste wody morskie będą miały ciemno granatowy kolor, wody o dużej ilości zawiesiny oraz te w obszarze zakwit fitoplanktonu – zielony do brunatnego. Smugi chmur powodują silne rozjaśnienie obrazu w miejscu ich występowania.



Zauważ, że poruszając się myszką w obszarze widocznym na kompozycie można odczytać na pasku stanu programu SNAP (prawy dolny róg okna programu) pozycję, nad którą umieszczony jest kursor. Wyświetlane jest położenie we współrzędnych XY oryginalnej siatki danych, tj. kolumna i wiersz położenia piksela, a także współrzędne geograficzne, które program SNAP automatycznie pobiera z rastrów *latitude* i *longitude*.



Miejsca szczególnego zainteresowania można oznaczyć w programie SNAP „pinezkami”. W celu wstawienia pinezki należy z paska narzędzi uruchomić [Pin placing tool](#),



a następnie kliknąć odpowiednie miejsce na obrazie. Pojawi się na nim symbol pinezki, a w oknie Pin Manager (jeśli nie jest otwarte otwórz je wybierając z menu **View > Tool windows > Pin Manager**) współrzędne oznaczonego miejsca. W tabeli managera pinezek można edytować poszczególne pola dostosowując kolor pinezki i jej opis. Można również zmodyfikować współrzędne, co spowoduje przesunięcie znacznika. Z prawej strony okna managera znajduje się szereg narzędzi pozwalających, m.in. usunąć zaznaczoną pinezkę lub zapisać jej własności w pliku.

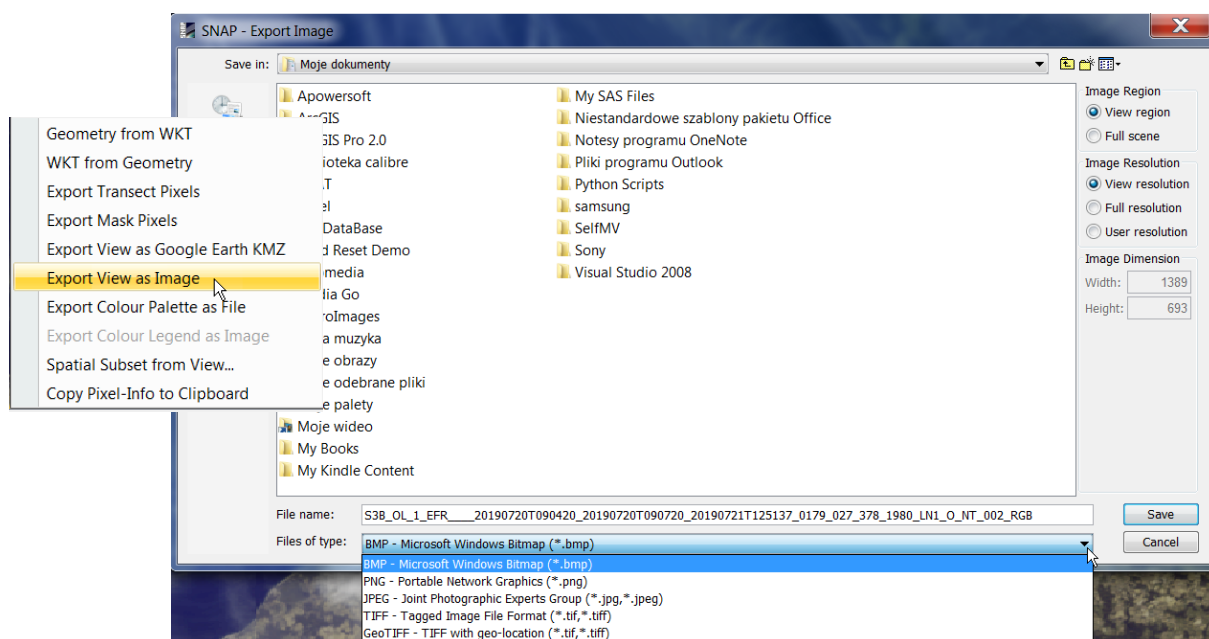
Zaznacz pinezkami miejsca: czystej wody, zmętnionych wód w zalewie, zakwitnięcia i te, gdzie chmury mogą utrudniać interpretację. Opis odpowiednio pinezki i zróżnicuj ich kolory. Zaznacz wszystkie w tabeli managera pinezek (zaznaczone wiersze będą oznaczone kolorem niebieskim) i zapisz do pliku XML (**Export Selected Pins To XML File**)



Po wyeksportowaniu pinezek wyjdź z trybu ich wstawiania wybierając wskaźnik z paska narzędzi. Kliknij dowolne miejsce na obrazie, aby odznaczyć pinezki.



Widoczny obraz można zapisać w postaci pliku graficznego, aby umieścić go np. w raporcie. W tym celu należy kliknąć prawym klawiszem myszy na obrazie i z menu kontekstowego wybrać opcję **Export View as Image**. W oknie dialogowym eksportu należy wybrać docelowy folder oraz format zapisu (dostępne: BMP, PNG, JPEG i TIFF). W prawej części okna dialogowego można zmienić rozdzielczość zapisywanego obrazu, a także zdecydować o zapisaniu całego obrazu (**Full scene**) zamiast widocznego fragmentu (**View region**).



Zapisz powiększony fragment jako obraz PNG w rozdzielczości w jakiej jest wyświetlany (**View resolution**). Wstaw obraz do dowolnego dokumentu.

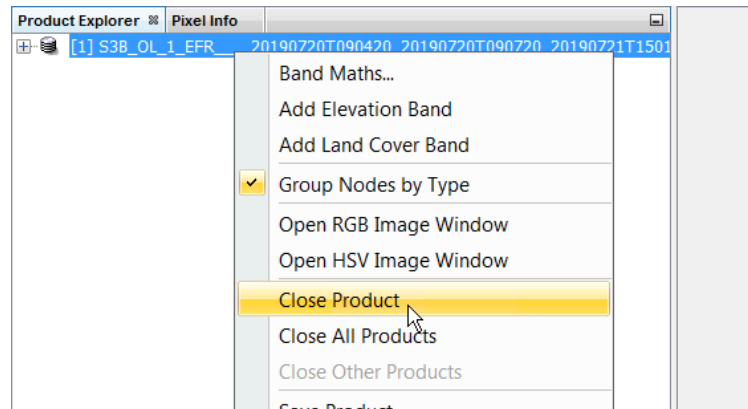
Wybór całego obrazu (**Full scene**) i pełnej rozdzielczości (**Full resolution**) pozwala na zapis obrazu 3 kanałowego dodatkowo w formacie GeoTIFF, wraz ze współrzędnymi, do dalszej pracy w GIS.

Zapisz ponownie obraz całej sceny w pełnej rozdzielczości w formacie GeoTIFF. Otwórz program QGIS i dodaj wynik jako warstwę rastrową. W materiałach szkoleniowych „PRACA NA DANYCH SATELITARNYCH – PODSTAWY”

można znaleźć podpowiedzi jak wyświetlać warstwy rastrowe w QGIS (warstwy GeoTIFF wczytuje się tak samo jak te w formacie JP2, które zaprezentowano w materiałach dla Sentinel-2).

Jeśli obraz ma być zaprezentowany w określonym odwzorowaniu kartograficznym można dokonać projekcji sceny w programie SNAP. Procedura postępowania została opisana w dalszych rozdziałach na przykładzie produktu L2.

Aby zamknąć analizowany produkt w programie SNAP należy kliknąć prawym klawiszem myszy na jego nazwie w oknie [Product Explorer](#), a następnie wybrać opcję [Close Product](#).




OPERACJE NA DANYCH L2

SELEKCJA PARAMETRÓW GEOFIZYCZNYCH


Aby wczytać dane satelitarne należy podobnie jak w przypadku produktu L1 wybrać polecenie [File > Open Product](#), następnie w oknie dialogowym przejść do folderu, do którego dane zostały rozpakowane, wskazać plik *xfdumanifest.xml* i kliknąć [Open](#).



Uwaga!!! Podczas rozpakowywania danych Sentinel-3 należy zachować oryginalną nazwę folderu. Dla analizowanego przykładu (dane z serwisu CODA) jest to:

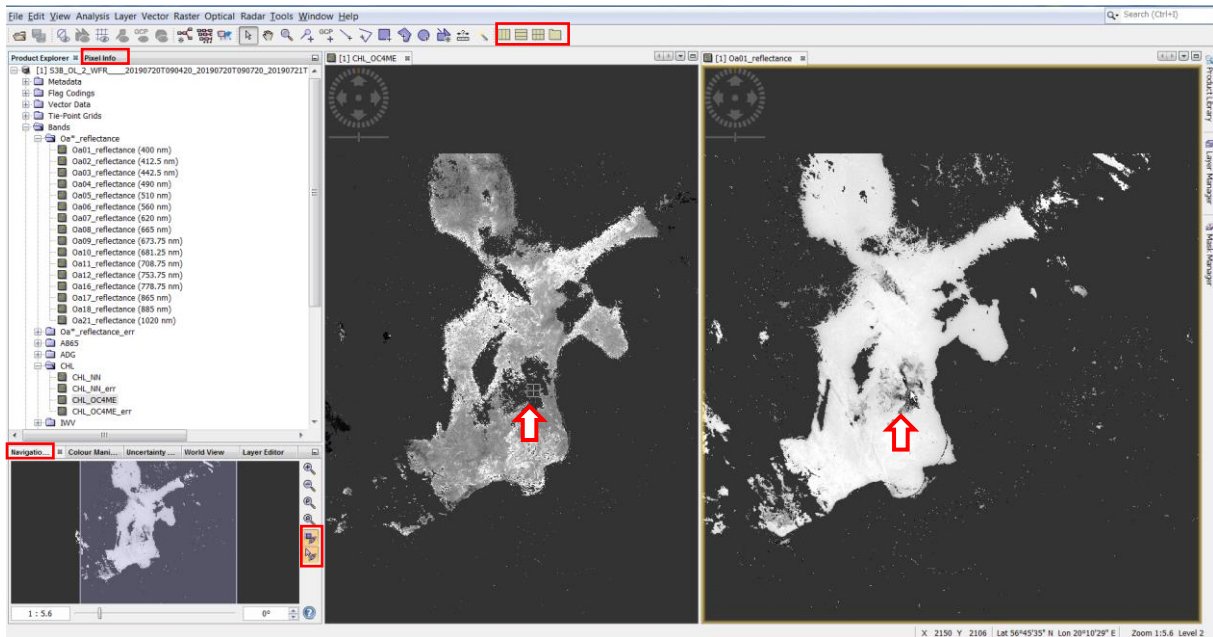
S3B_OL_2_WFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T172639_0179_027_378_1980_MAR_O
_NT_002.SEN3

Program SNAP automatycznie wczyta wszystkie pliki *.nc zawarte w folderze produktu. Strukturę produktu możemy podejrzeć w oknie [Product Explorer](#) (otwarty przeważnie w lewej górnej części okna programu SNAP). Zawartość rozwija się przez kliknięcie w znak  po lewej stronie nazwy produktu i każdego z zawartych w nim folderów. Dane z poszczególnych kanałów spektralnych (wartości refleksyjności BOA) znajdują się w folderze *Bands > Oa*_Reflectance*. Współrzędne pikseli w warstwach rastrowych *latitude* i *longitude*. Produkty geofizyczne obliczone na podstawie danych spektralnych w odpowiednich katalogach (patrz opis produktów [zestawu L2](#)).

Aby wyświetlić obraz pojedynczego rastra (reflektancja w wybranym kanale, koncentracja chlorofilu itp.) Wystarczy dwa razy kliknąć na nazwie rastra.

Wyświetl przykładowo reflektancję obliczoną na podstawie danych z kanału 1 (*Oa01_reflectance (400nm)*) oraz koncentrację chlorofilu obliczoną algorytmem OC4ME (*CHL_OC4ME*). Na pasku narzędzi znajdują się ikony  pozwalające na różną organizację okienek, w których wyświetlone zostały obrazy. Wybierz taką, aby oba obrazy były jednocześnie widoczne. Ikony w oknie [Navigation](#) pozwalają natomiast na synchroniczne

powiększanie/pomniejszanie obrazów w otwartych oknach (włączona opcja ) , oraz śledzenie położenia kursora (włączona opcja ) .



W okienku **Pixel Info** można podejrzeć współrzędne wskazywanych pikseli oraz wartości parametrów geofizycznych. Wartość NaN oznacza, że piksel oznaczono kodem braku danych. Zauważ, że we wskazanym na powyższym obrazie rejonie wartości refleksyjności są ujemne, a wartości koncentracji chlorofilu oznaczone kodem braku danych (na obrazach wszystkie piksele NaN mają taki sam kolor jak tło okna). Po rozwinięciu flag widać, że wskazany piksel we fladze WQSF_Isb.OC4ME_FAIL ma wartość „true” co oznacza, że algorytm OC4ME zwrócił błąd obliczenia wartości chl.

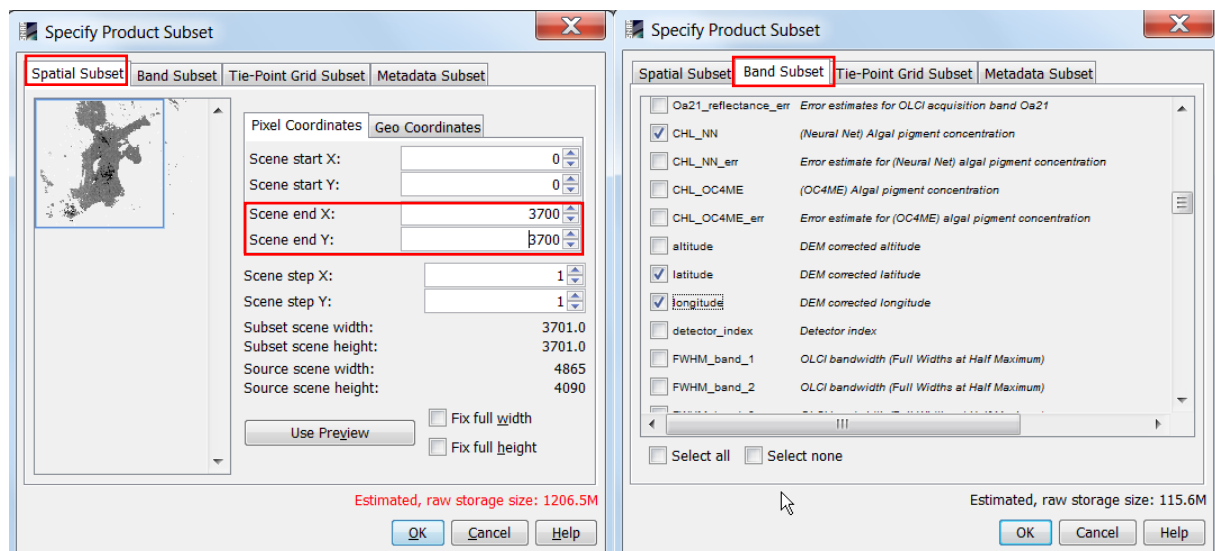
Product Explorer		Pixel Info
Position		
Image-X	2174	pixel
Image-Y	2054	pixel
Longitude	20° 20' 02" E	degree
Latitude	56° 52' 43" N	degree
Time		
Bands		
Oa01_reflectance	-0.02963	
CHL_OC4ME	NaN	mg.m-3
Tie-Point Grids		
Flags		
WQSF_Isb.INVALID		false
WQSF_Isb.WATER		true
WQSF_Isb.LAND		false
WQSF_Isb.CLOUD		false
WQSF_Isb.CLOUD_AMBIGUOUS		false
WQSF_Isb.CLOUD_MARGIN		false
WQSF_Isb.SNOW_ICE		false
WQSF_Isb.INLAND_WATER		false
WQSF_Isb.TIDAL		false
WQSF_Isb.COSMETIC		false
WQSF_Isb.SUSPECT		false
WQSF_Isb.HISOLZEN		false
WQSF_Isb.SATURATED		false
WQSF_Isb.MEGLINT		false
WQSF_Isb.HIGHGLINT		false
WQSF_Isb.WHITTECAPS		false
WQSF_Isb.ADJAC		false
WQSF_Isb.WV_FAIL		false
WQSF_Isb.PAR_FAIL		false
WQSF_Isb.AC_FAIL		false
WQSF_Isb.OC4ME_FAIL		true
WQSF_Isb.OCNN_FAIL		false
WQSF_Isb.KDM_FAIL		true

Błąd obliczenia wartości koncentracji chlorofilu w tym przypadku wynika z błędnych wartości refleksyjności. Wyraża ona stosunek energii promieniowania wychodzącej z morza w kierunku satelity do padającej na powierzchnię morza, nie może więc przyjmować wartości ujemnych. Ujemne wartości są wynikiem zastosowania korekcji atmosferycznej, której założenia są prawdziwe dla wód oceanicznych, natomiast mogą generować tego rodzaju błędy w przypadku wód typu *Case 2* do jakich należy Bałtyk. Wszystkie produkty opierające się na tej korekcji w obszarze Bałtyku mogą być obciążone dużymi błędami. Spośród wielkości geofizycznych zawartych w standardowym produkcie L2 tylko te oznaczone indeksem *nn*, przetwarzane są algorytmem właściwym dla wód typu *Case 2*.

Do utworzenia podzbioru, zawierającego tylko część oryginalnych danych (tu produkty właściwe dla Bałtyku) w programie SNAP służy funkcja **Raster > Subset**. Pozwala ona utworzyć podzbiór zarówno zawężając obszar (**Spatial Subset**), jak i zawartość zbioru danych:

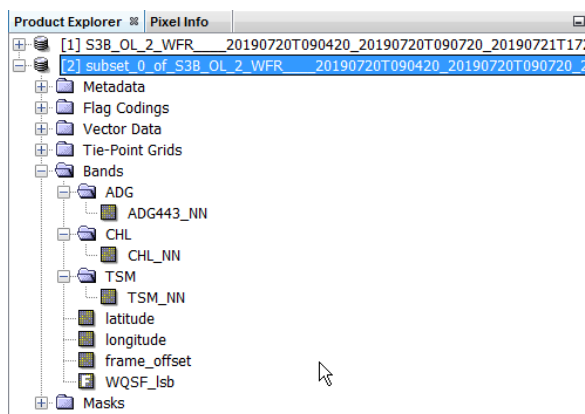
- spektralnych i wyznaczonych na ich podstawie parametrów geofizycznych, danych geolokacji, flag, masek (**Band subset**)
- dodatkowych danych (*auxiliary data*), które mogą być wykorzystane do dalszych korekcji i interpretacji (**Tie-Point Grid Subset**)
- metadanych (**Metadata Subset**)

Ogranicz zbiór danych przestrzennie do kolumn i wierszy o numerach 0-3700 (obcięcie części obrazu obejmującej ląd) oraz do rastrów: CHL_NN, ADG443_NN, TSM_NN, latitude, longitude, WQSF_Isb. Usuń wszystkie dane dodatkowe (Tie-Point Grid), pozostaw metadane. Wciśnij **OK** aby zaakceptować ustawienia



W oknie **Product Explorer** powstanie kolejny produkt zawierający wybrany podzbiór danych. Właściwie jest to produkt wirtualny, zawierający tylko odpowiednie definicje, których uruchomienie powoduje wczytanie określonych danych z produktu oryginalnego. Dlatego oryginalny produkt musi pozostawać nadal otwarty w **Product Explorer**. Wyświetlił raster CHL_NN z nowego produktu.

Wyselekcjonowane dane można przetwarzać dalej w SNAP (patrz kolejne rozdziały) lub wyeksportować do dalszej pracy w GIS ([informacje o eksporcie danych](#)).

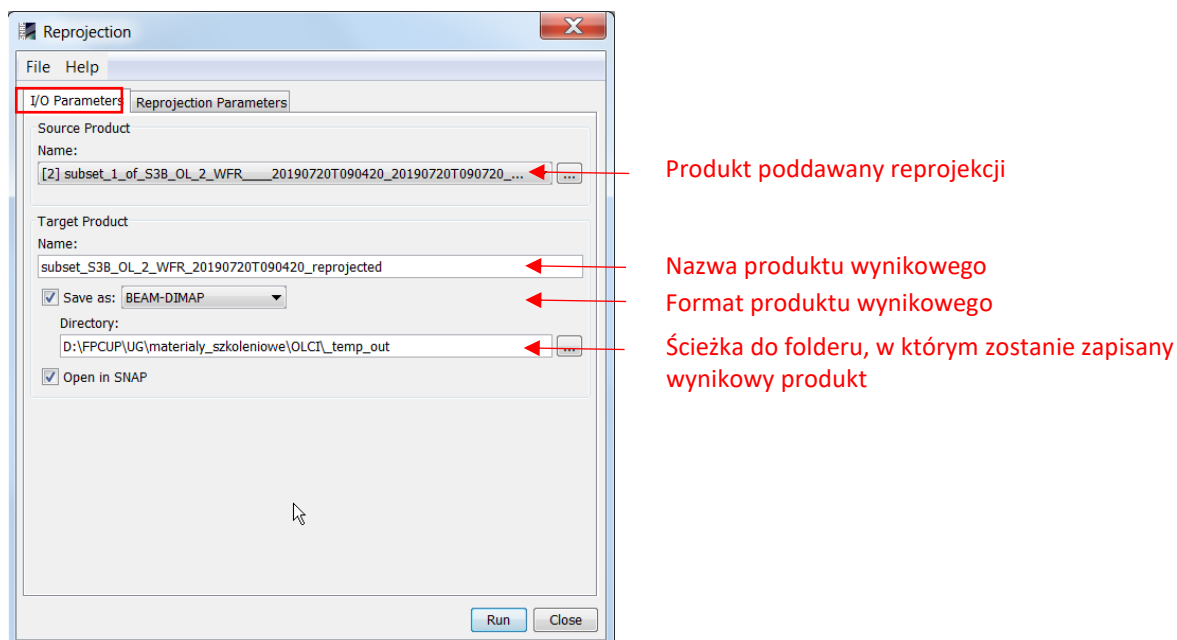


PROJEKCJA DO ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNEGO

Kształt i położenie Bałtyku na obrazach SENTINEL-3 zależy od kierunku lotu satelity (ścieżki), ze względu na to, że dane nie zostały poddane projekcji do żadnego odwzorowania. Udostępniane są w siatce instrumentalnej (po korekcji zniekształceń geometrycznych wynikających z charakterystyki czujnika). Utrudnia to porównywanie obrazów rejestrowanych w różnym czasie, dlatego przed dalszymi etapami wizualizacji warto dane poddać projekcji. W programie SNAP służy do tego funkcja [Raster > Geometric Operations > Reprojection](#), która w taki sam sposób może być wykorzystana do projekcji danych L1.

W zakładce [I/O Parameters](#) wybierz:

- utworzony wcześniej subset jako produkt poddawany projekcji
- podaj nazwę produktu, który powstanie po projekcji
- wybierz zapis w formacie BEAM-DIMAP
- podaj ścieżkę do folderu, w którym ma zostać zapisany produkt po projekcji
- zaznacz opcję [Open in SNAP](#), aby program wczytał automatycznie dane po projekcji

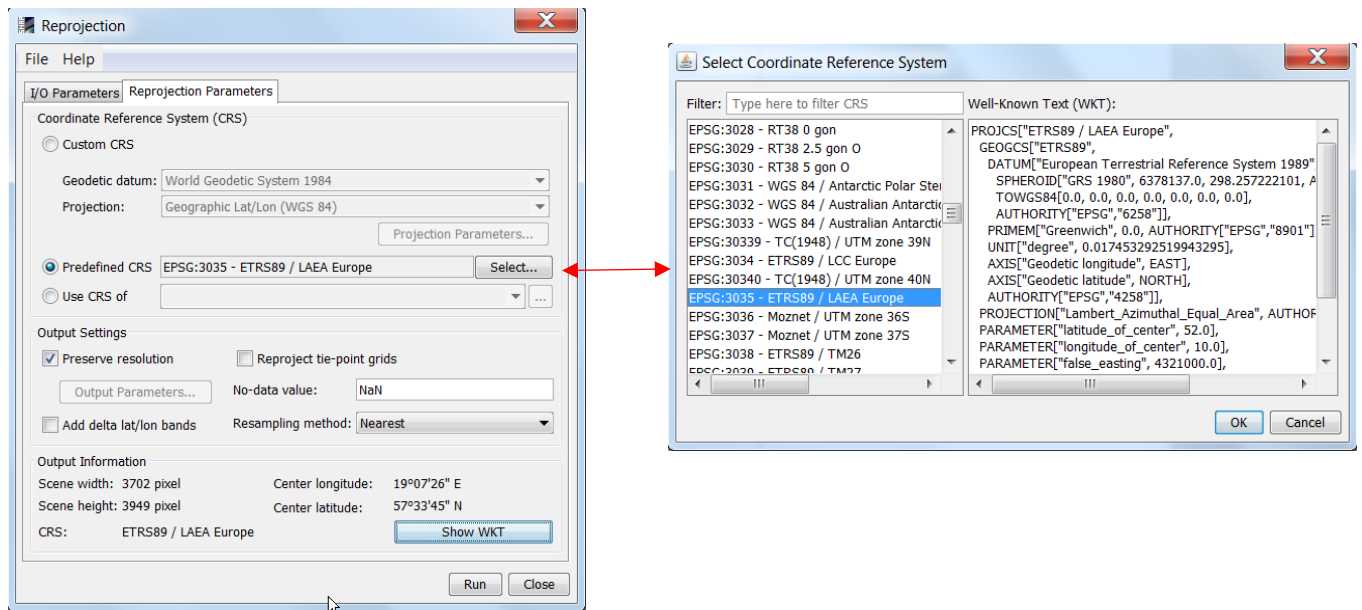


Funkcja reprojekcji pozwala zapisać wynikowy produkt w różnych formatach. Format BEAM-DIMAP jest wygodną formą zapisu podczas pracy w SNAP, ponieważ pozwala na zapisywanie wraz z danymi również wybranych palet barwnych do wizualizacji, ustawień kontrastu, właściwości dodawanych pinezek itp.

W zakładce **Reprojection Parameters** należy wybrać odwzorowanie do jakiego zostanie przeprowadzona projekcja, zdefiniować siatkę rastrową w wybranym odwzorowaniu oraz wybrać metodę resamplingu.

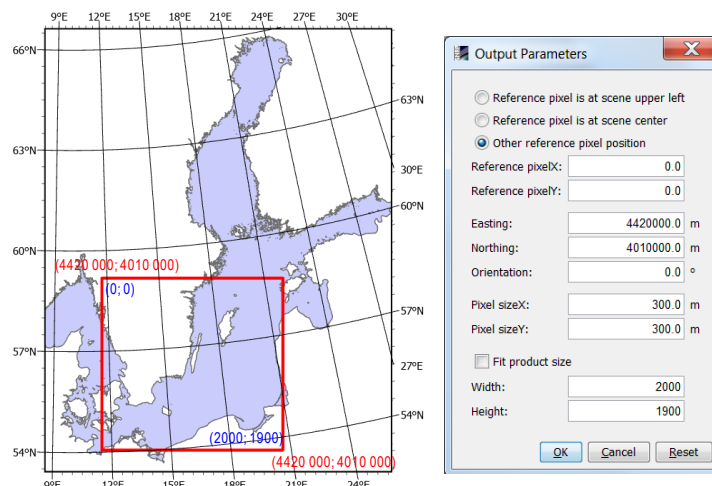
Wybór odwzorowania może odbywać się na 3 sposoby:

- zdefiniowanie własnego odwzorowania (**Custom CRS**) przez wybór DATUM, projekcji oraz zdefiniowanie właściwych dla danej projekcji parametrów
- wybór spośród zdefiniowanych projekcji (**Predefined CRS**)
- wskazanie innego produktu, którego odwzorowanie ma posłużyć jako wzorec (**Use CRS of**)



Zdefiniowanie siatki rastrowej w wybranym odwzorowaniu może odbywać się na 2 sposoby:

- automatycznie (zaznaczona opcja **Preserve resolution**) – program dopasuje granice siatki tak aby zmieścił się cały obszar danych z produktu wejściowego, a wielkość piksela tak aby odpowiadała średniej wielkości pikseli oryginalnych
- ręcznie (odznaczona opcja **Preserve resolution**, zdefiniowanie parametrów siatki w opcji **Output Parameters**) – poniżej przedstawiono przykład definicji siatki w odwzorowaniu EPSG:3035, o wielkości piksela 300x300 m, obejmującej zaznaczony obszar Bałtyku (współrzędne lewego górnego i prawego dolnego rogu nowej siatki podano na mapce w układzie współrzędnych EPSG:3035 – kolorem czerwonym i wiersz/kolumna – kolorem niebieskim)



Użytkownik może wybrać jedną z 3 metod resamplingu (obliczenia wartości piksela w nowej siatce):

- *Nearest* – przypisanie wartości metodą „najbliższego sąsiada”
- *Bilinear* – interpolacja wartości na podstawie 4 najbliższych pikseli
- *Bicubic* – interpolacja wartości na podstawie 16 najbliższych pikseli (polecana przy dużej zmianie wielkości piksela w stosunku do obrazu oryginalnego)

Ponieważ nowa siatka może zawierać obszar leżący poza zasięgiem zobrazowania należy podać również wartość jaka będzie przypisana pikselom w takiej sytuacji w polu **No-data value** (może to być dowolna wartość, która nie występuje wśród wartości parametrów, np. -9999 lub NaN)

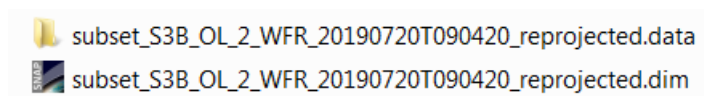
Na potrzeby ćwiczenia w zakładce **Reprojection Parameters** wybierz:

- Predefined CRS: EPSG:3035 – ETRS89 / LAEA Europe (posłuż się nr EPSG w okienku **Filter** aby ułatwić sobie wyszukanie odwzorowania)
- Automatyczną definicję siatki (**Preserve Resolution**)
- Resampling metodą najbliższego sąsiada
- NaN jako kod braku danych

Uruchom przetwarzanie przyciskiem **RUN**.


Po pojawieniu się nowego produktu w oknie **Product Explorer** można zamknąć produkt zawierający subset przed projekcją i oryginalny produkt S3 L2 (w takiej kolejności).

W **exploratorze windows** można podejrzeć strukturę plików zapisanych w formacie BEAM-DIMAP.

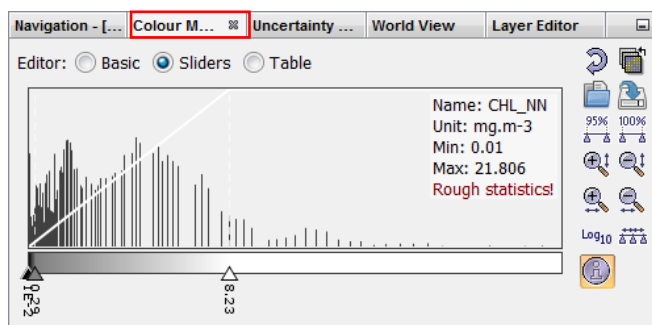


Będzie to zawsze folder *NazwaProduktu.data* zawierający dane oraz plik *NazwaProduktu.dim*, w którym zapisana jest struktura danych. Plik DIM służy do otwarcia danych w SNAP. Nie należy zmieniać nazw ani usuwać części danych z poziomu **exploratora windows** – konieczne operacje należy wykonać w SNAP.

WIZUALIZACJA MAP

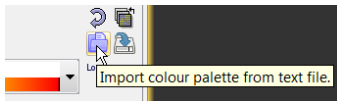
Wyświetl mapę koncentracji chlorofilu *a* klikając dwukrotnie na warstwę rastrową CHL_NN (w **Product Explorer** folder Bands > CHL>CHL_NN). Powiększ maksymalnie cały obszar (opcja **Zoom All**  w oknie **Navigation**).

W oknie **Colour Manipulation** wyświetlony jest histogram wartości pikseli (z pominięciem oznaczonych jako brak danych) oraz informacje o zakresie wartości i jednostce. Skala barwna informuje jednocześnie jakimi odcieniami szarości reprezentowane są różne zakresy wartości. Ukośna biała linia na histogramie wskazuje w jakim zakresie rozłożone są liniowo odcienie o nr 1-254. Odcień o nr 0 (tu kolor czarny) przypisany jest do wartości poniżej tego zakresu, a odcień nr 255 (tu kolor biały) do wartości powyżej.



W oknie tym można zmienić paletę barwną oraz dopasować rozkład wybranych barw do zakresu najczęściej występujących wartości.

Przejdź do trybu **Editor: Basic**, rozwiń listę palet (**Colour ramp**) i wybierz paletę o nazwie **wew_water_chl**. Jeżeli takiej palety nie ma na liście skorzystaj z opcji importu palety:



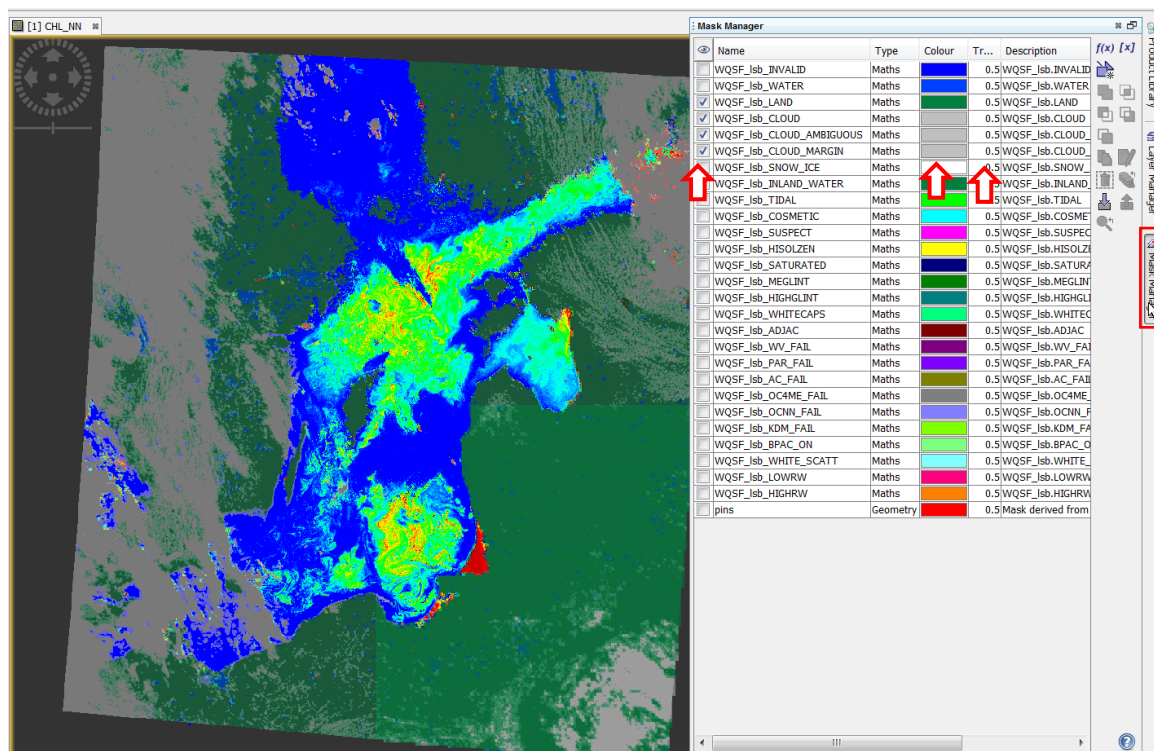
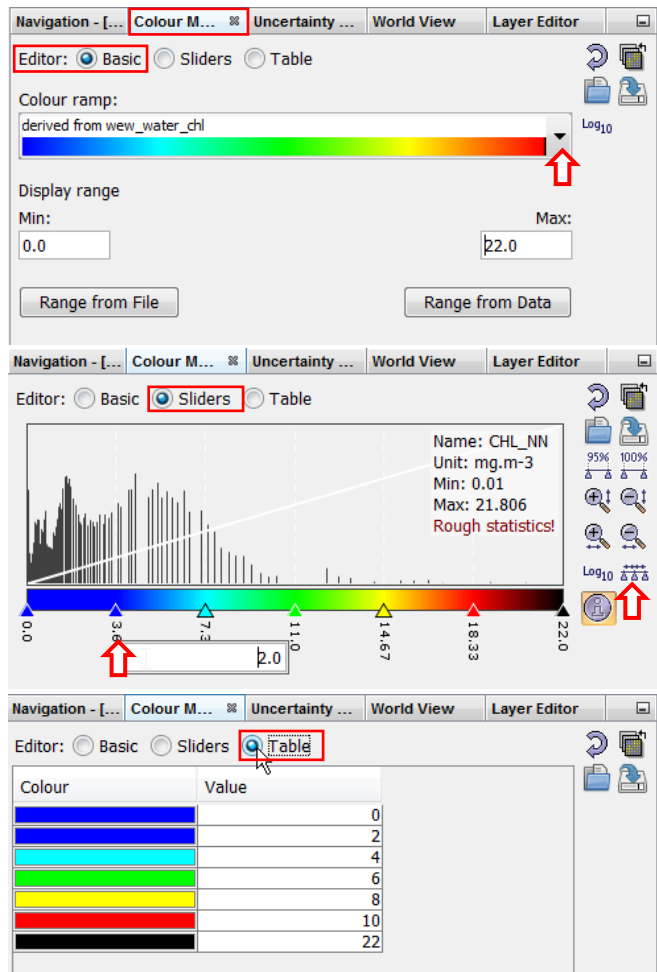
Palety znajdują się w folderze:

C:\Users\Name\.snap\auxdata\color_palettes

Wybierz zakres wartości jakie ma obejmować paleta: 0-22, tak aby objąć cały zakres wartości koncentracji chlorofilu analizowanej mapy.

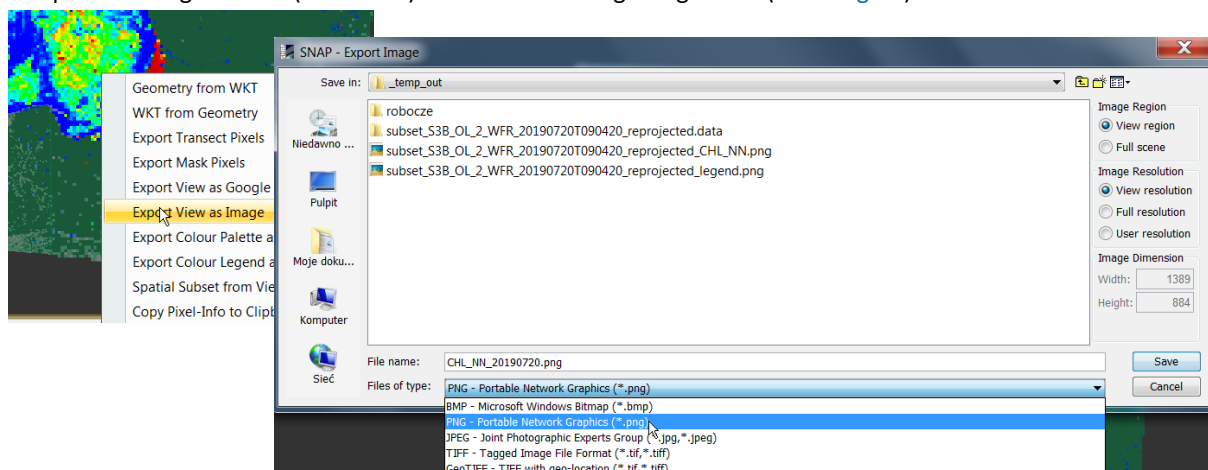
Wróć do trybu **Sliders**. Rozłóż znaczniki barw na skali równomiernie. Następnie zmodyfikuj ich położenie przesuując myszką albo edytując wartości, które reprezentują. Ustaw znaczniki w zakresie 0-10 co 2, pozostawiając szeroki ostatni przedział 10-22. To samo można uzyskać edytując wartości odpowiadające barwom w trybie **Table**.

Flagi jakości danych i wstępnej klasyfikacji można wykorzystać, aby zaznaczyć na mapie np. obszar lądu, obszar przykryty chmurami itp. Aby wykorzystać je na etapie wizualizacji należy rozwinąć okno **Mask Manager** (przeważnie jest ono zwinięte do zakładki po prawej stronie okna programu, jeśli brak takiej zakładki należy otworzyć je poleceniem **View > Tool windows > Mask Manager**).



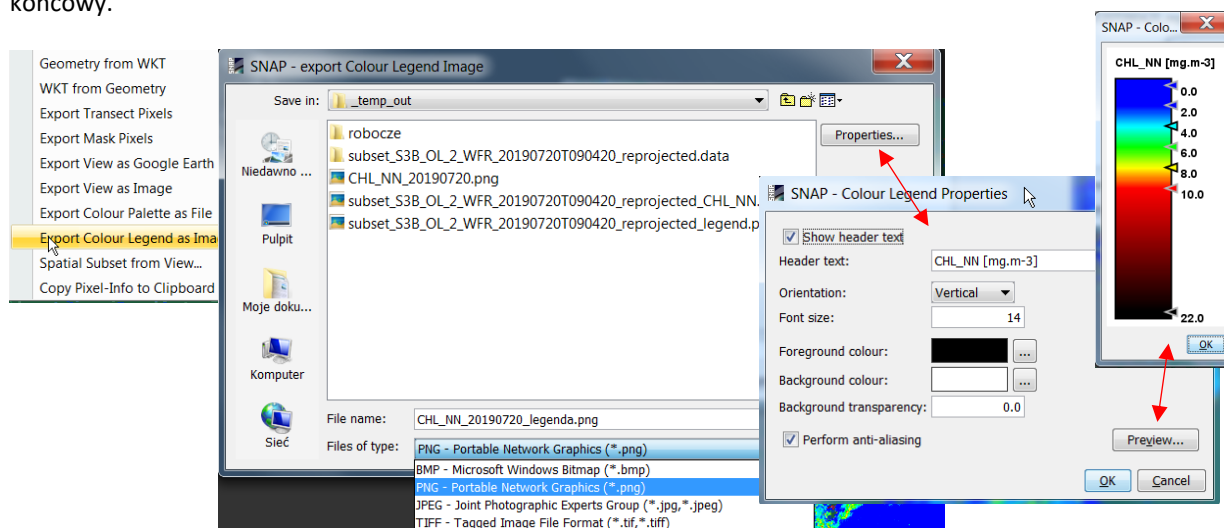
EKSPORT OBRAZU LUB DANYCH

Utworzoną mapę można zapisać w postaci pliku graficznego, aby umieścić go np. w raporcie. W tym celu należy kliknąć prawym klawiszem myszy na mapie i z menu kontekstowego wybrać opcję **Export View as Image**. W oknie dialogowym eksportu należy wybrać docelowy folder oraz format zapisu (dostępne: BMP, PNG, JPEG i TIFF). W prawej części okna dialogowego można zmienić rozdzielczość zapisywanego obrazu, a także zdecydować o zapisaniu całego obrazu (**Full scene**) zamiast widocznego fragmentu (**View region**).



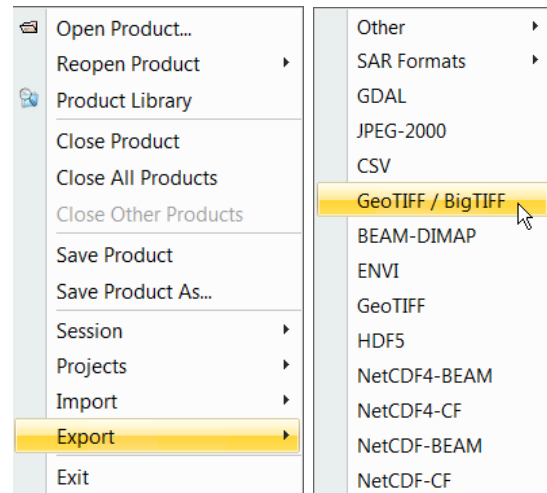
Wybór całego obrazu (**Full scene**) i pełnej rozdzielczości (**Full resolution**) pozwala na zapis obrazu 3 kanałowego dodatkowo w formacie GeoTIFF, wraz ze współrzędnymi, który można wykorzystać w GIS. Wartości pikseli nie odpowiadają jednak wartościom koncentracji chlorofilu, pozwalają jedynie na odtworzenie w GIS podobnych barw.

Aby wyeksportować skalę barwną z opisem wartości należy ponownie kliknąć prawym klawiszem myszy na mapie i z menu kontekstowego wybrać opcję **Export Colour Legend as Image**. W oknie dialogowym eksportu należy wybrać docelowy folder oraz format zapisu (dostępne: BMP, PNG, JPEG i TIFF). W prawej części okna dialogowego przycisk **Properties** pozwala przejść do okna definiowania wyglądu legendy (nagłówków, orientacja pozioma lub pionowa, wielkość czcionki opisów itp.). Przycisk w oknie parametrów pozwala podejrzeć efekt końcowy.



Zapisz całą mapę koncentracji chlorofilu *a* jako obraz PNG w rozdzielczości w jakiej jest wyświetlany (**View resolution**). Zapisz skalę barwną jako pionową legendę. Wstaw oba obrazy do dowolnego dokumentu.

Aby wyeksportować dane do dalszych analiz (np. obliczanie statystyk koncentracji chlorofilu, tworzenie wykresów zmian wzdłuż linii, porównanie z danymi mierzonymi *in situ*, itp.) należy wywołać funkcję **File > Export**, która pozwala wyeksportować dowolne rastry z produktu otwartego w oknie Product Explorer. Następnie należy wybrać format docelowego pliku. Najwygodniejszym jest przeważnie GeoTIFF.

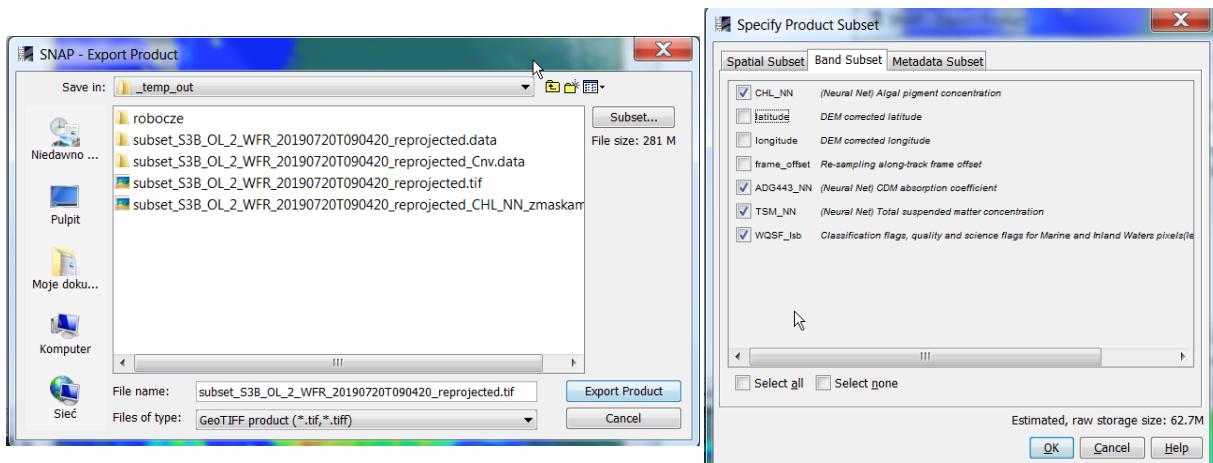


W oknie eksportu należy najpierw wybrać zestaw danych, które mają być wyeksportowane otwierając dodatkowe okno przyciskiem **Subset** znajdującym się po prawej stronie. Otwiera on kolejne okno o podobnej funkcjonalności jak to w funkcji **Subset** wykorzystanej wcześniej.

Zestaw danych można ograniczyć ze względu na:

- obszar (zakładka **Spatial Subset**)
- warstwy rastrowe (**Band subset**)
- metadane (**Metadata Subset**)

Wybrany podzbiór należy zaakceptować przyciskiem **OK**. Następnie w oknie eksportu należy wybrać ścieżkę docelową i nadać nazwę eksportowanemu plikowi.



Wyeksportuj dane L2 po projekcji dla całego obszaru ograniczając się do rastrów: CHL_NN, ADG443_NN, TSM_NN oraz WQSF_Isb, bez metadanych.

Program SNAP podczas wyświetlania czy analizowania danych z poszczególnych rastrów oblicza dynamicznie wartości parametrów geofizycznych w podanych jednostkach lub wartości logiczne poszczególnych flag na podstawie zapisanych w pliku wartości *digital numbers (DN)*. Eksportowane są wartości *DN*. Wartości dowolnego parametru *X* można obliczyć na ich podstawie zgodnie z:

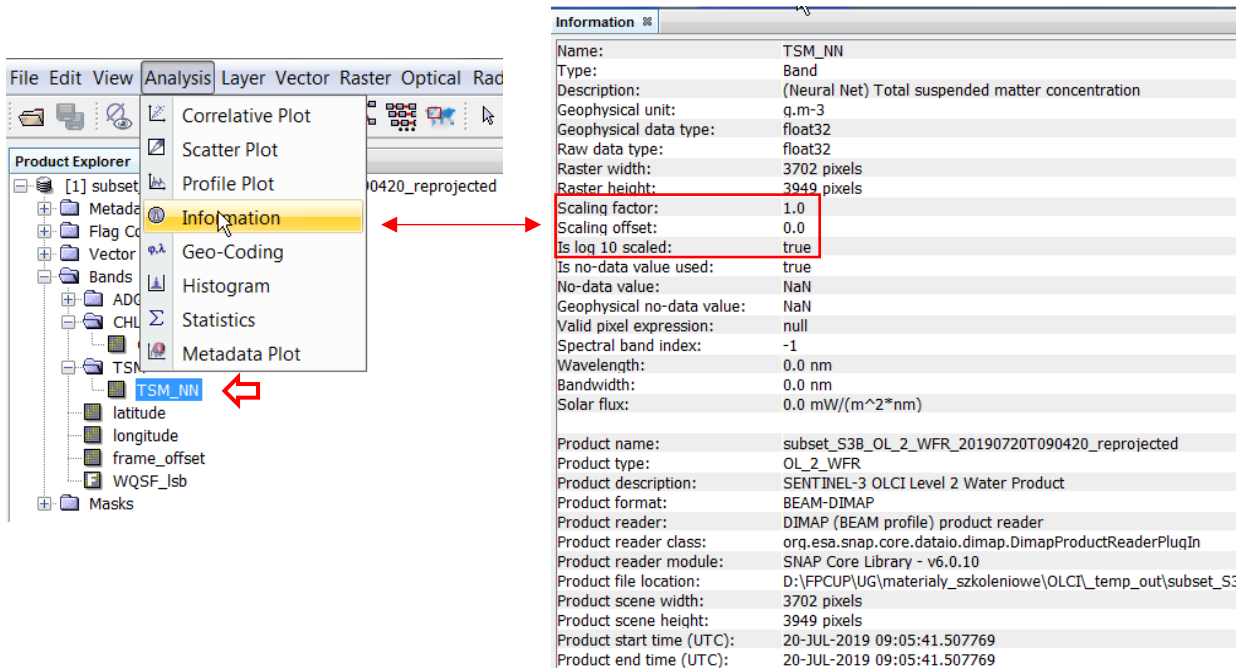
$$X = factor \cdot DN + offset$$

lub

$$X = 10^{(factor \cdot DN + offset)},$$

gdy kodowanie do wartości DN zawiera skalowanie logarytmiczne.

Aby odczytać informacje dotyczące kodowania wartości X do DN konieczne do przeliczeń (w tym wartości *scaling factor* i *scaling offset*) należy zaznaczyć warstwę rastrową w oknie Product Explorer. Następnie uruchomić z menu funkcję **Analysis > Information**.



PRZETWARZANIE PRODUKTU L1 DO POZIOMU L2 ALGORYTMEM DLA WÓD CASE 2

Ograniczona liczba produktów wyznaczonych algorytmami właściwymi dla wód typu *Case 2* w oryginalnym produkcie L2 powoduje konieczność samodzielnego przetworzenia danych L1 do L2. Podobnie, gdy w bazach danych dla wybranej sceny dostępny jest tylko produkt L1. W programie SNAP można wykonać korekcję danych OLCI L1 algorytmem [C2RCC](#). Wykorzystuje on *auxiliary data* dołączone do produktu S3 L1 w procesie korekcji atmosferycznej.

Zamknij dotychczas przetwarzane produkty w SNAP (**File > Close All Products**). Otwórz produkt L1 (**File > Open Product**) za pomocą pliku *xfdmanifest.xml* z folderu, do którego rozpakowano produkt L1 pobrany z serwisu CODA:

S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T150114_0179_027_378_1980_MAR_O_NT_002.SEN3

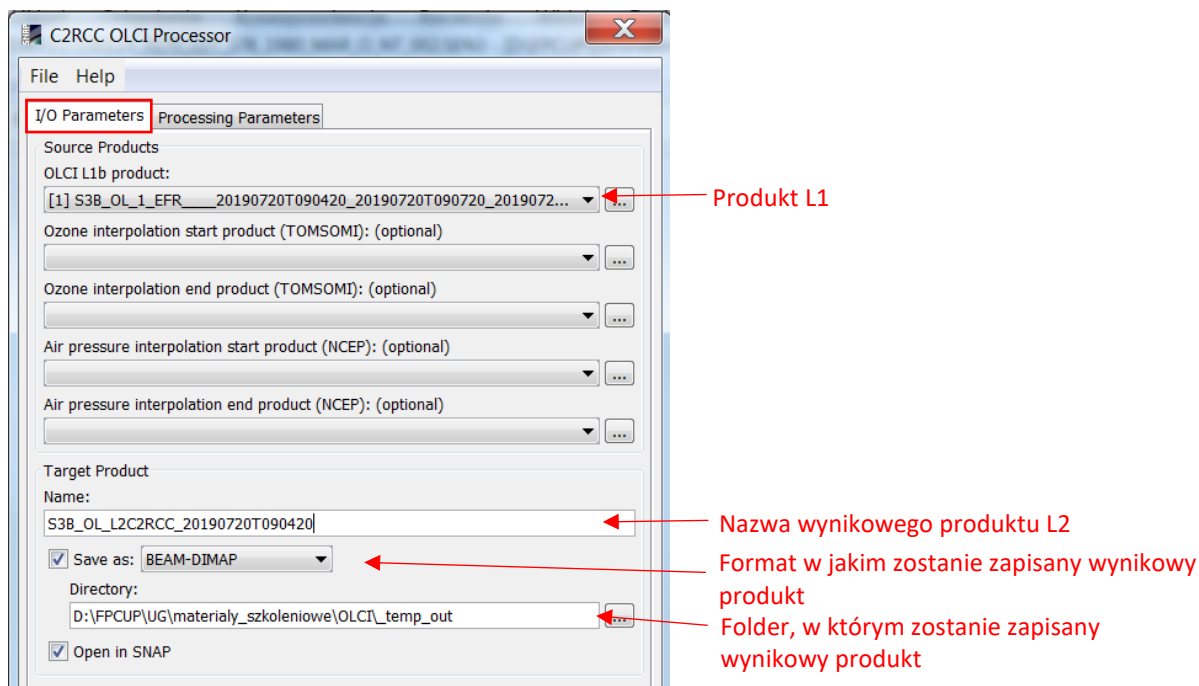
lub z serwisu Copernicus Open Access Hub:

S3B_OL_1_EFR____20190720T090420_20190720T090720_20190721T125137_0179_027_378_1980_LN1_O_NT_002.SEN3

Uruchom algorytm C2RCC poleceniem **Optical > Thematic Water Processing > C2RCC Processors > OLCI**. W zakładce **I/O Parameters** wybierz:

- produkt L1, który ma zostać poddany przetwarzaniu
- podaj nazwę produktu, który powstanie po projekcji
- wybierz zapis w formacie BEAM-DIMAP
- podaj ścieżkę do folderu, w którym ma zostać zapisany produkt po projekcji

- zaznacz opcję **Open in SNAP**, aby program wczytał automatycznie dane po projekcji



W zakładce **Processing Parameters** należy podać parametry wejściowe algorytmu C2RCC oraz wybrać opcjonalne produkty.

Podaj następujące parametry wejściowe:

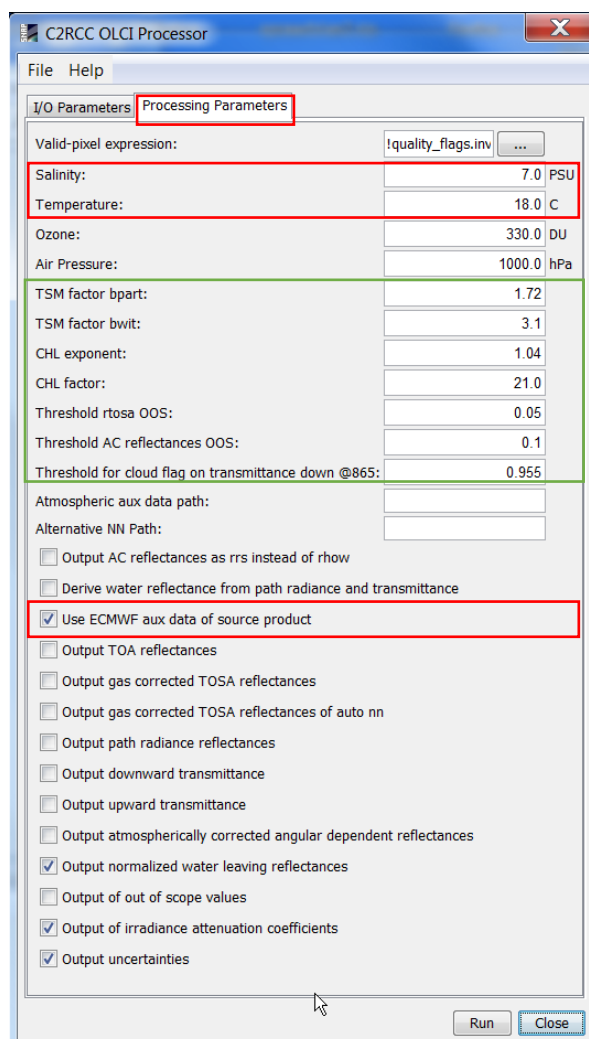
- zasolenie – przybliżone średnie zasolenie dla Bałtyku 7psu
- temperatura – przybliżona średnia temperatura wód w lipcu 2019 18°C
- „Use ECMWF aux data of source product” – zaznaczenie tej opcji powoduje ignorowanie podanych wyżej średnich wartości koncentracji ozonu i ciśnienia powietrza

Parametry do obliczania TSM, CHL i wartości progowe wstępnej klasyfikacji pozostaw bez zmian

Z opcjonalnych produktów warto zaznaczyć:

- Normalized water leaving reflectances* – refleksyjność w kanałach spektralnych, którą można wykorzystać np. do obliczenia koncentracji fikocjaninyⁱ
- Irradiance attenuation coefficient* – współczynnik dyfuzyjnego osłabienia oświetlenia
- Uncertainties* – niepewności

Uruchom przetwarzanie klikając **Run**. Obliczenia mogą potrwać kilka minut.




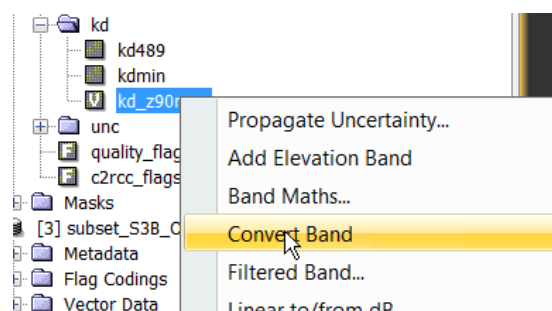
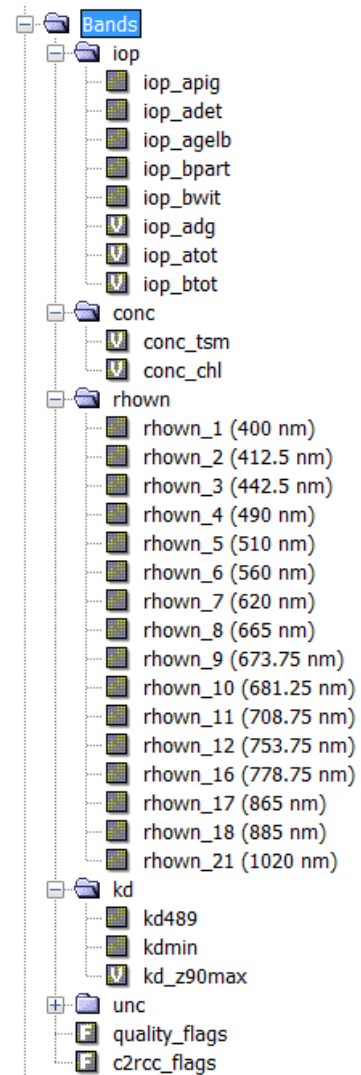
Produkt wynikowy zawiera standardowo generowane parametry oraz wybrane opcjonalne:

- współczynniki absorpcji dla długości fali 443 nm przez: pigmenty fitoplanktonu (iop_apig), detrytus (iop_adet), substancje żółte (iop_agelb), detrytus i substancje żółte razem (iop_adg), całkowity (iop_atot)
- współczynniki rozpraszania dla długości fali 443 nm przez: zawieszone cząstki (iop_apt), zawieszone cząstki wapienne (iop_bwit), całkowity (iop_btot)
- koncentrację zawiesiny (conc_tsm) i chlorofilu *a* (conc_chl)
- reflektancję na dolnej granicy atmosfery (*normalized water leaving reflectance*) w 16 kanałach spektralnych (rhown_#, gdzie # - nr kanału spektralnego OLCI)
- współczynnik dyfuzyjnego osłabiania oświetlenia dla długości fali 489 nm (kd489), średni współczynnik osłabiania obliczony na podstawie 3 kanałów spektralnych, w których osłabianie jest najmniejsze (kadmin), wysokość kolumny wody, z której pochodzi 90% promieniowania wychodzącego z wody (kd_z90max)
- niepewności dla poszczególnych produktów (unc)
- flagi jakości danych i wstępnej klasyfikacji (w tym detekcji zachmurzenia)

Parametry **conc_tsm**, **conc_chl** oraz **iop_adg** odpowiadają parametrom standardowego produktu S3 L2: **TSM_NN**, **CHL_NN**, **ADG443_NN**.

Tworzenie podzbioru danych (subset), projekcja do odwzorowania kartograficznego, wizualizacja z wykorzystaniem masek i eksport danych przebiegają jak opisano dla standardowego produktu L2 w rozdziale „Operacje na danych L2”.

Przed eksportem rastry wirtualne oznaczone symbolem  trzeba poddać konwersji. Raster wirtualny zawiera tylko formułę obliczającą dynamicznie wartości pikseli na podstawie innych rastrow. Konwersja zapisuje do rastra wartości. W celu konwersji należy zaznaczyć wirtualny raster, kliknąć na nim prawym klawiszem myszy i wybrać opcję **Convert Band**.

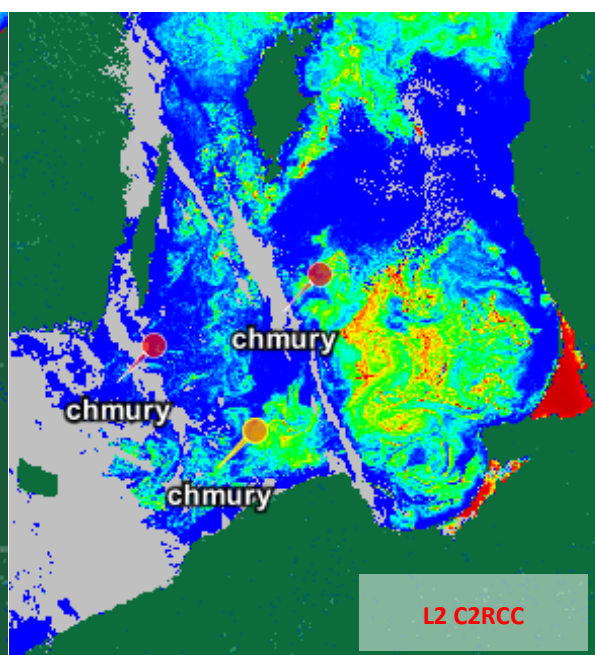
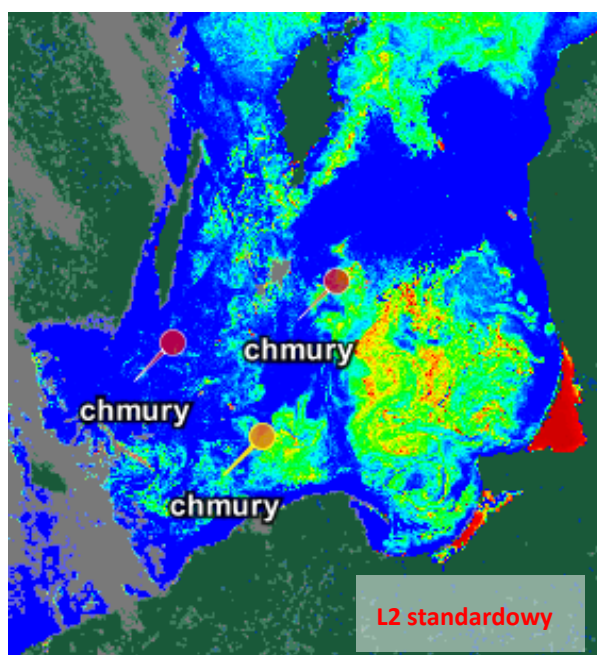


Analogicznie jak w rozdziale „Operacje na danych L2” poddaj produkt L2 C2RCC projekcji (projekcja całego produktu może zająć kilkanaście minut, aby ograniczyć czas przetwarzania można poprzedzić operację stworzeniem subsetu zawierającego tylko wybrane rastry oraz flagi). Dokonaj wizualizacji wybranego parametru, dostosowując samodzielnie skalę barwną, dodaj wyświetlanie maski lądu oraz obszarów zachmurzonych. Wyeksportuj mapę do pliku graficznego, a wybrane dane do pliku GeoTIFF.

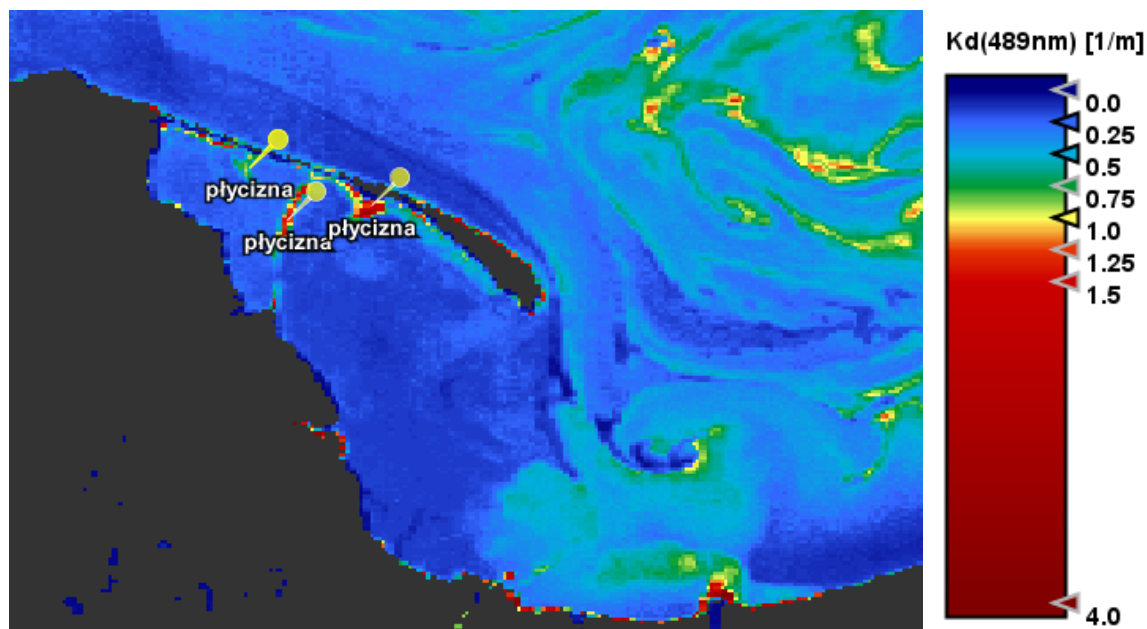
INTERPRETACJA DANYCH – POTENCJALNE PROBLEMY

Produkty algorytmów satelitarnych walidowane są w oparciu o dane *in situ* dla szerokiego zakresu warunków optycznych. Lokalnie w sezonie wegetacyjnym skład substancji wpływających na wielkość radiacji docierającej do satelity i jej rozkład spektralny bywa na tyle specyficzny, że uzyskanie poprawnych ocen koncentracji czy właściwości optycznych wymaga dodatkowej kalibracji i walidacji przez użytkownika danych.

Standardowe algorytmy nie zawsze też poprawnie identyfikują obszary zachmurzone, szczególnie w przypadku gdy zachmurzenie nie jest pełne. Porównując kompozyt RGB (L1) z mapą koncentracji chlorofilu *a* (L2) można zauważyć, że zastosowany algorytm detekcji chmur w standardowym produkcie L2 nie wykrył cienkich, półprzezroczystych chmur. W rejonie ich występowania koncentracja chlorofilu *a* wyznaczona na podstawie algorytmu NN może być obciążona dużym błędem. Flaga *cloud risk* generowana algorytmem C2RCC lepiej identyfikuje tego rodzaju chmury, ale też nie rozwiązuje problemu w pełni.



Innym problemem w interpretacji produktów OLCI są płytkie obszary o relatywnie czystych wodach, gdzie odbicie od dna wzmacnia sygnał rejestrowany przez satelitę i powoduje przeszacowanie koncentracji zawiesiny i współczynników osłabiania oświetlenia w tych obszarach, a co za tym idzie niedoszacowanie przezroczystości wód. Widać to wyraźnie na mapie współczynnika dyfuzyjnego osłabiania oświetlenia $K_d(489\text{nm})$ w rejonie Zatoki Puckiej, którego wysokie wartości pokrywają się z obszarami pływicznymi.



PODSUMOWANIE

W materiałach przedstawiono źródła danych Sentinel-3 / OLCI, strukturę pobranych plików i podstawowe funkcje programu SNAP pozwalające na przygotowanie szybkich wizualizacji danych, a także eksportu danych do pracy w GIS. W kolejnych materiałach na temat zobrazowań optycznych obszarów morskich znajdziecie Państwo wskazówki jak skorzystać z danych Sentinel-2 / MSI.

PODZIĘKOWANIA – ACKNOWLEDGMENTS

Niniejszy dokument jest wspierany przez Umowę ramową o partnerstwie Unii Europejskiej Caroline Herschel, dotyczącą pozyskiwania użytkowników programu Copernicus, w ramach umowy o grant nr FPA 275 / G / GRO / COPE / 17/10042, projekt FPCUP (Ramowa umowa o partnerstwie w zakresie pozyskiwania użytkowników programu Copernicus), **2018-1-06: Application of Copernicus products and value-added services for management of environment and forecasting agricultural production (IGiK & UG, PL)**

This paper is supported by the European Union's Caroline Herschel Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake under grant agreement No FPA 275/G/GRO/COPE/17/10042, project FPCUP (Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake **2018-1-06: Application of Copernicus products and value-added services for management of environment and forecasting agricultural production (IGiK & UG, PL)**)

Praca naukowa opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. "PMW" w latach 2019-2021; umowa nr 5069/H2020/19/2020/2.

Scientific work published as part of an international project co-financed by the program of the Minister of Science and Higher Education entitled "PMW" in the years 2019-2021; contract no.5069 / H2020 / 19/2020/2.

ⁱ Woźniak M., Bradtke K.M., Darecki M., Krężel A., 2016, *Empirical Model for Phycocyanin Concentration Estimation as an Indicator of Cyanobacterial Bloom in the Optically Complex Coastal Waters of the Baltic Sea*, *Remote Sens.* 2016, 8(3), 212