

Dane satelitarne dla administracji publicznej

Scenariusz warsztatowy 3

OSIADANIE GRUNTÓW NA TERENACH GÓRNICZYCH



© ESA/ATG medialab

Spis treści

Opis zadania	3
Cel zadania.....	3
Wykaz danych przestrzennych GIS	3
Wykaz stron internetowych	3
Wykaz zastosowanego oprogramowania	3
1. Wczytanie zobrazowań satelitarnych do programu SNAP	4
2. Ograniczenie zasięgu zobrazowań satelitarnych do obszaru opracowania	5
3. Uaktualnienie danych orbitalnych.....	6
4. Współrejestracja zobrazowań.....	7
5. Generowanie interferogramu oraz estymacja koherencji	8
6. Łączenie pasów zobrazowania w jeden spójny obraz	9
7. Usunięcie składowej odpowiadającej za rzeźbę terenu – generowanie interferogramu różnicowego	10
8. Filtracja interferogramu	11
9. Przycięcie interferogramu do obszaru zainteresowania	13
10. Rozwinięcie fazy interferogramu	14
11. Przeliczenie rozwiniętych wartości fazy na przemieszczenia.....	18
12. Określenie poziomu odniesienia	18
13. Nałożenie maski koherencji.....	20
14. Nadanie georeferencji.....	21
15. Eksport danych do systemów GIS wraz z wizualizacją.....	23

Opis zadania

Na początku roku 2017 na obszarze Górnego Śląska zaobserwowano sekwencję kilku wstrząsów sejsmicznych. Niniejszy warsztat ma na celu sprawdzenie czy w okresie 12 dni, od 08 marca 2017 r. do 20 marca 2017, zaobserwowano przemieszczenia na powierzchni terenu związane ze wstrząsami lub zwykłą działalnością górniczą. W tym celu użyte zostaną darmowe zobrazenia pochodzące z misji satelitarnej Sentinel-1 oraz różnicowa interferometria radarowa. Lokalizacje przemieszczeń zostaną również porównane z epicentrami wstrząsów sejsmicznych, które wystąpiły w analizowanym rejonie.

Cel zadania

- wyznaczenie wielkości przemieszczeń LOS (Line Of Sight – kierunek padania wiązki fali emitowane przez radar) dla obszaru górniczego zlokalizowanego na Górnym Śląsku,
- porównanie obszarów występowania niecek obniżeniowych z lokalizacjami zarejestrowanych wstrząsów.

Wykaz danych przestrzennych GIS

- zobrazenia satelitarne satelity Sentinel-1 (Level-1 SLC) pozyskane w dniach:
08.03.2017:
[S1A_IW_SLC__1SDV_20170308T050059_20170308T050126_015596_019A48_51A7.zip](#)
20.03.2017:
[S1A_IW_SLC__1SDV_20170320T050059_20170320T050127_015771_019F7E_6FF6.zip](#)
- plik zawierający epicentra wstrząsów górniczych na terenie Górnego Śląska): [Wstrzasy.shp](#)

Wykaz stron internetowych

- Pobieranie zobrażeń satelitarnych Sentinel-1:
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Informacje o występowaniu wstrząsów górniczych:
<https://tcs.ah-epos.eu/#episodes>

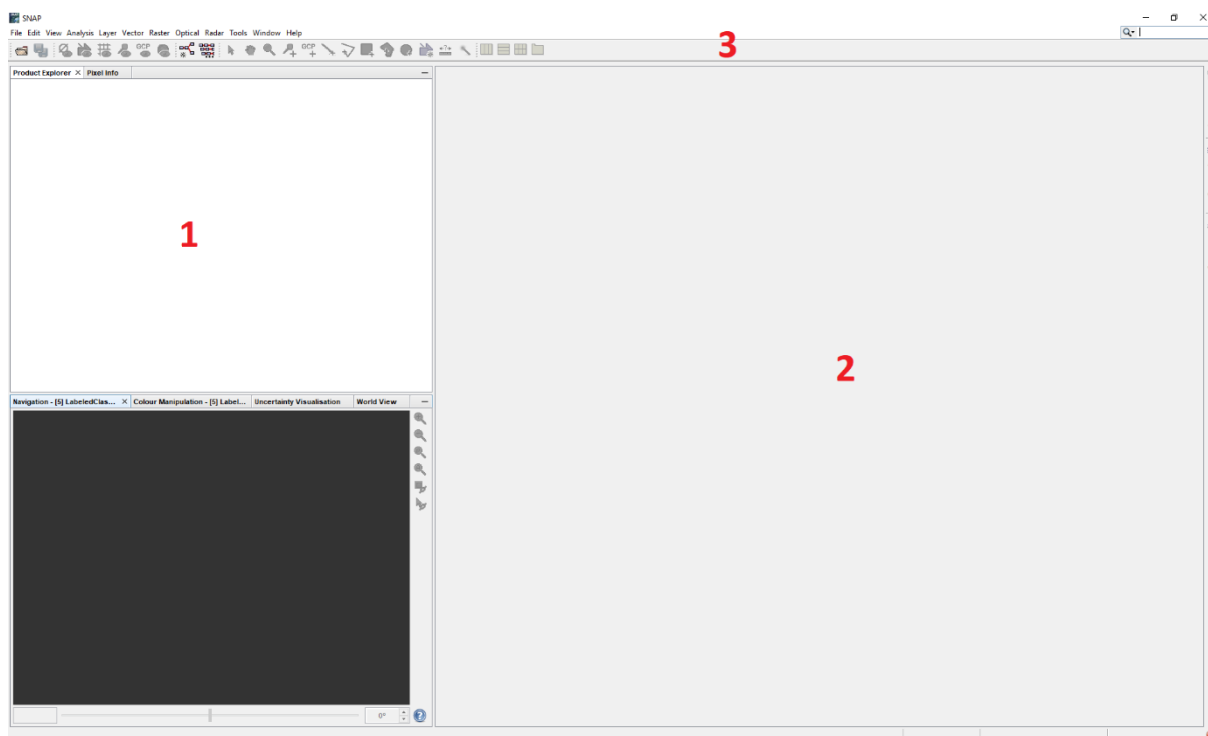
Wykaz zastosowanego oprogramowania

- SNAP 8.0
- QGIS 3.16

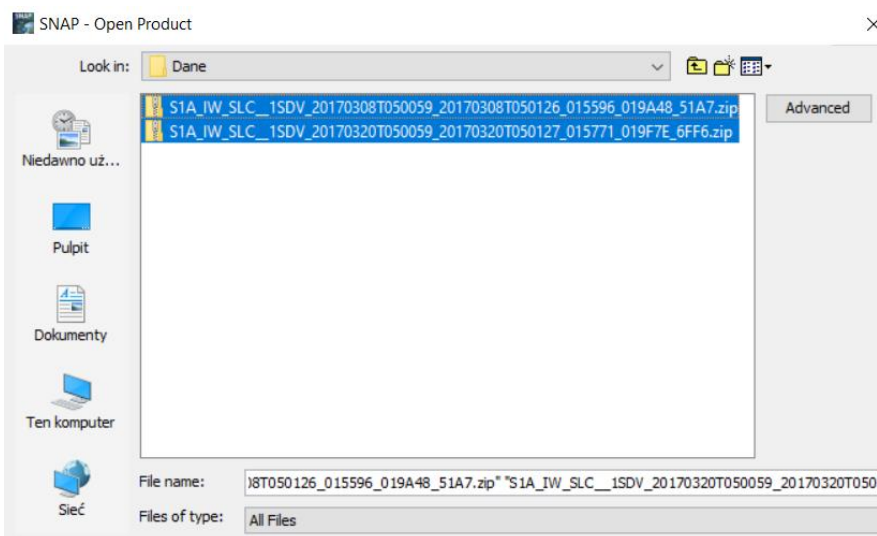
Opis ćwiczenia

1. Wczytanie obrazowań satelitarnych do programu SNAP

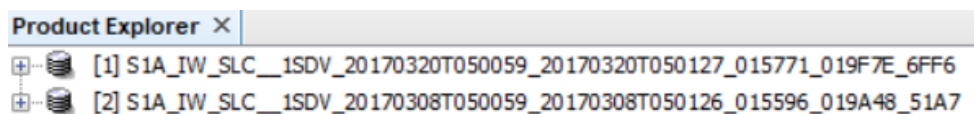
Interfejs programu składa się z kilku elementów, z których zasadniczą część stanowi okno wyświetlania danych (2) oraz okno, w którym wyświetlana jest lista obrazowań wczytanych do projektu (1). W górnym pasku (3) widoczne są narzędzia z aktualnie włączonych pasków narzędziowych.



W celu dodania obrazowań satelitarnych do programu SNAP wybierz opcję **File > Open Product**, a następnie wskaż pliki w formacie katalogów ZIP, znajdujące się w folderze z obrazowaniami satelitarnymi.



Lista wczytanych obrazowań pojawia się w oknie **Product Explorer**.

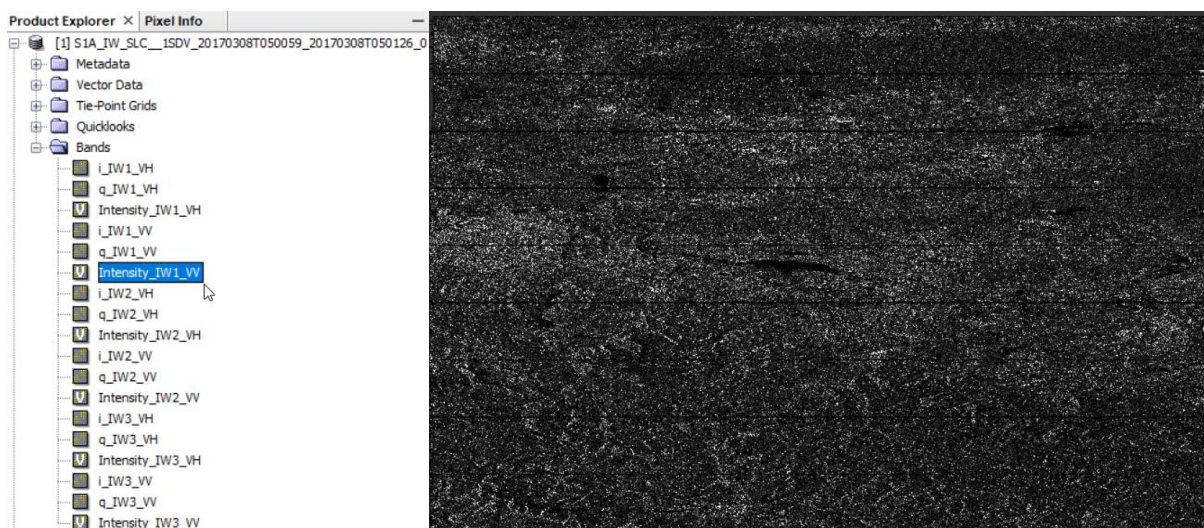


W sytuacji, gdy okno Product Explorer zostanie przypadkowo zamknięte, można je ponownie otworzyć korzystając z opcji **View > Tool Windows > Product Explorer**.

Każdy z zaimportowanych obrazów składa się z trzech pasów nazwanych kolejno: IW1, IW2 oraz IW3. Dane dla każdego z nich dostępne są zarówno dla polaryzacji VH, jak i VV. Ponadto rejestracja sygnału radarowego odbywa się w dwóch kanałach: synfazowym (I) i kwadraturowym (Q), które w kolejnych etapach mogą zostać przeliczone na amplitudę oraz fazę. Dla każdego z podanych pasów rejestracji (IW1-IW3) dostępne są zatem 3 pliki odpowiadające kolejno dwóm częściom sygnału radarowego (i_IW1_VV oraz q_IW1_VV), a także obrazy intensywności odbicia wiązki radarowej.

Na potrzeby ćwiczenia można wyświetlić obraz **Intensity_IW1_VV** obejmujący obszar zainteresowania.

Obraz intensywności odbicia wiązki fali radarowe dla pasa IW1.

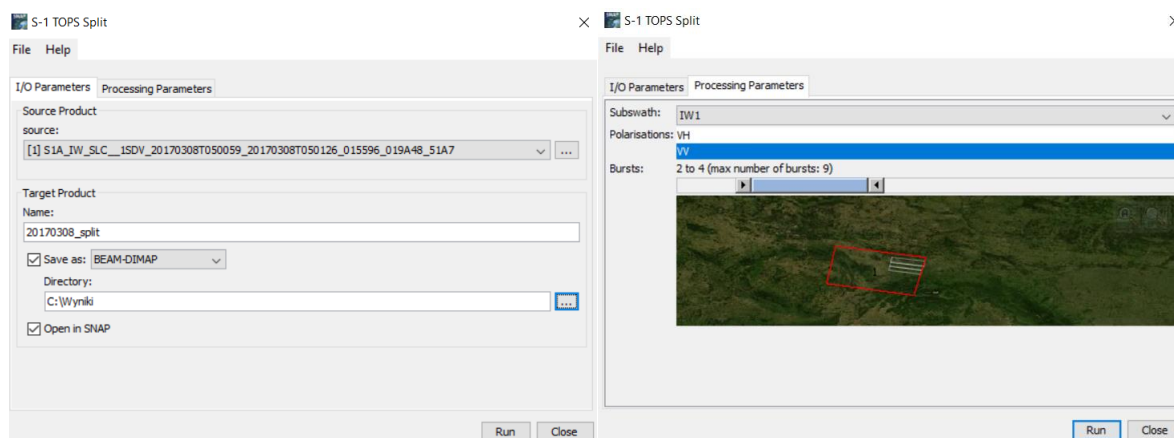


2. Ograniczenie zasięgu obrazowań satelitarnych do obszaru opracowania

Produkty SLC pozyskiwane w trybie Interferometric Wide (IW), rejestrują i zapisują dane w specyficznym formacie, dzieląc obraz SAR na 3 pasy pionowe (IW) i 9 poziomych (tzw. bursty). Z tego względu w ramach przygotowania danych niezbędne jest bardziej precyzyjne określenie obszaru zainteresowania.

W głównym pasku narzędzi wybierz **Radar > Sentinel-1 TOPS > S-1 TOPS Split**. W zakładce **I/O Parameters** definiujemy produkt wejściowy (**Source Product**) jako obrazowanie, które zaimportowano w kroku 1, natomiast w **Target Product** określamy nazwę produktu wynikowego np. *MD_3_3\Wyniki\Data1_split*. W zakładce **Processing Parameters** należy doprecyzować obszar zainteresowania wskazując **IW1**, polaryzację pionową **VV** oraz zakres „burstów” ustawić za pomocą

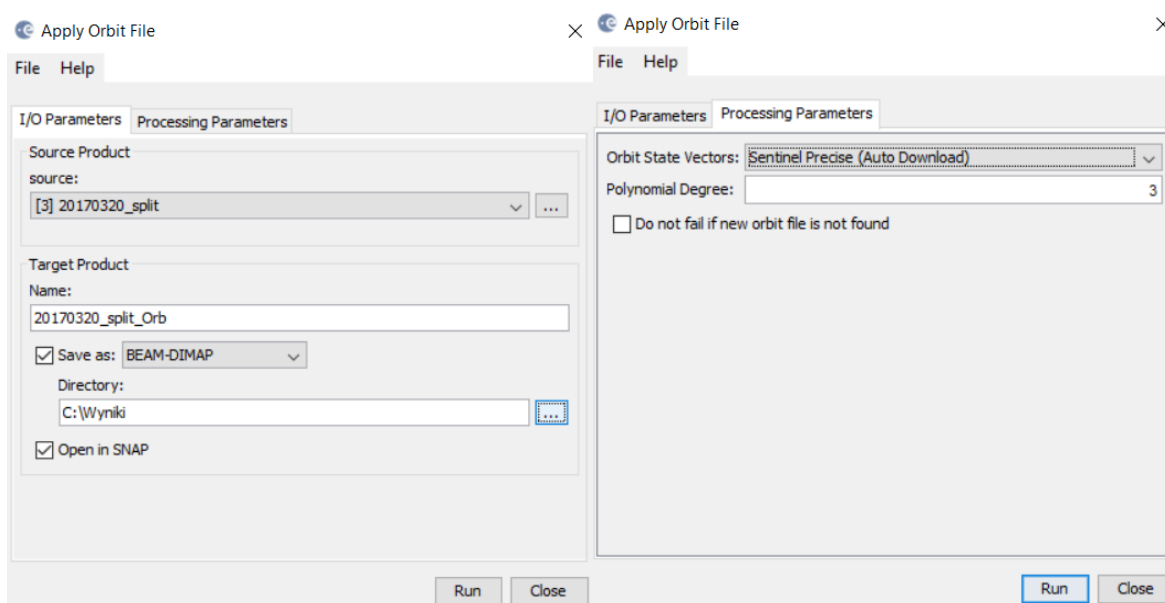
suwaka na **od 2 do 4**. Po ustawieniu niezbędnych parametrów kliknij **Run** i analogiczne czynności przeprowadź dla drugiego obrazu.



3. Uaktualnienie danych orbitalnych

Do aktualizacji danych orbitalnych mających na celu poprawienie geometrii obrazów niezbędne jest podłączenie do sieci internetowej. Program automatycznie pobierze odpowiednie pliki do aktualizacji danych orbitalnych. Orbity precyzyjne, zapewniające najwyższą dokładność obliczeń, udostępniane są po ok. 20 dniach od daty wykonania zobrazowania.

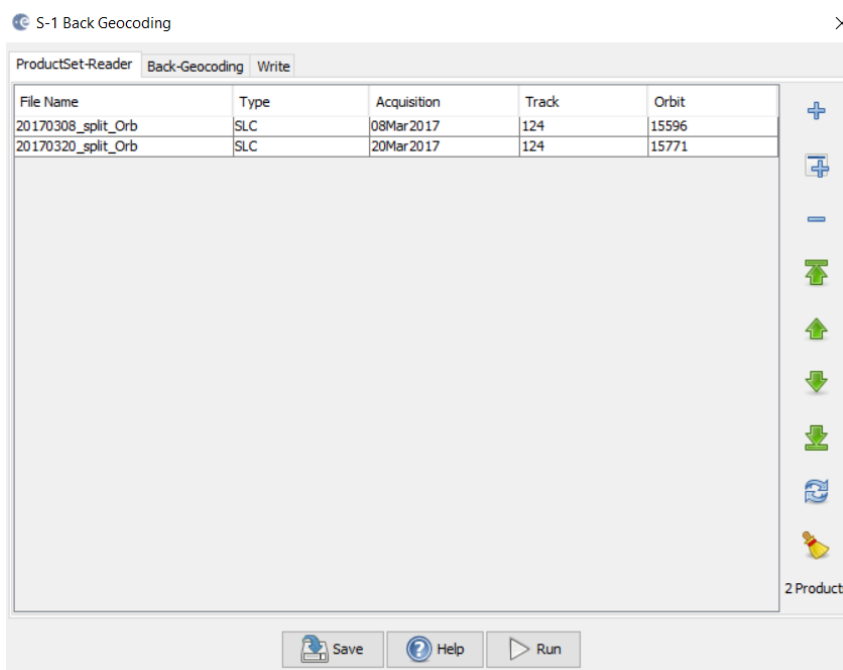
W głównym pasku narzędzi wybierz **Radar > Apply Orbit File**. W zakładce **I/O Parameters** w polu **Source Product** wskaż pierwsze z zobrazowań. Dla każdego kolejnego kroku nazwę pliku wynikowego pozostaw domyślną oraz wskaż format **Save As: BEAM-DIMAP** i miejsce zapisu na dysku (**MD_3_3\Wyniki**). W zakładce **Processing Parameters** w polu **Orbit State Vector** wskaż typ danych orbitalnych wybierając orbity precyzyjne: **Sentinel Precise (Auto Download)** oraz rekomendowany stopień wielomianu **Polynomial Degree: 3**. Po ustawieniu parametrów procesu kliknij **Run**. Analogiczne czynności przeprowadź dla drugiego zobrazowania.



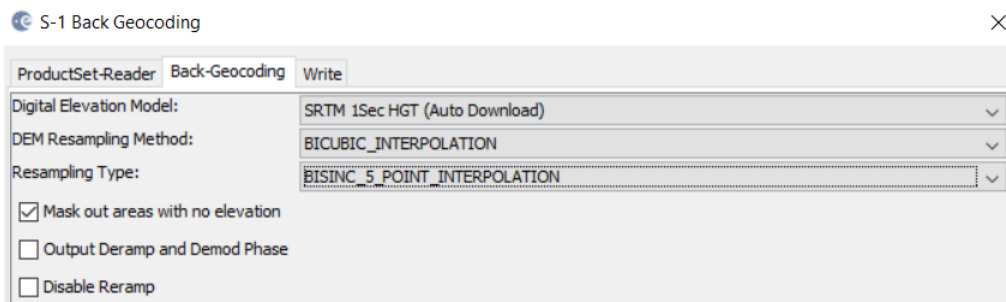
4. Współrejestracja obrazowań

Kluczowym elementem w procesie interferometrycznym jest dokładne dopasowanie geometryczne obrazów tzw. współrejestracja. Jest ona wykonywana w oparciu o dane orbitalne oraz numeryczny model terenu. Warto zwrócić uwagę, aby współrejestrowane dane posiadały ten sam numer ścieżki, w której zostały zarejestrowane (Track). Zobrazowania pozyskane w możliwie podobnej geometrii pozwolą na poprawne obliczenie przemieszczeń w kierunku badania wiązki radarowej.

W celu wykonania współrejestracji wybierz **Radar > Coregistration > S1 TOPS Coregistration > S-1 Back Geocoding**. W zakładce **ProductSet-Reader** należy za pomocą znaku plusa dodać oba obrazowania z końcówką *_split_Orb*. Obraz odpowiadający dacie wcześniejsze powinien znaleźć się u góry, ponieważ posłuży za obraz referencyjne (tzw. master). Kolejne zobrazowanie (tzw. slave) będzie wpasowywane w geometrię wcześniejszych danych.



W zakładce **Back-Geocoding** należy wybrać NMT, na którego podstawie dane będą wpasowywane w siebie. Należy wskazać **SRTM 1Sec**, którego pobranie nastąpi w sposób automatyczny. Określ metodę próbkowania **NMT DEM Resampling Method: Bicubic Interpolation**, metodę próbkowania obrazów **Resampling Type: Bisinc_5_Point Interpolation**. Pozostałe parametry zostawić domyślnie. W ostatniej karcie **Write** należy wybrać lokalizację oraz nazwę pliku wynikowego (*MD_3_3\Wyniki\Date1_Date2_Stack*).



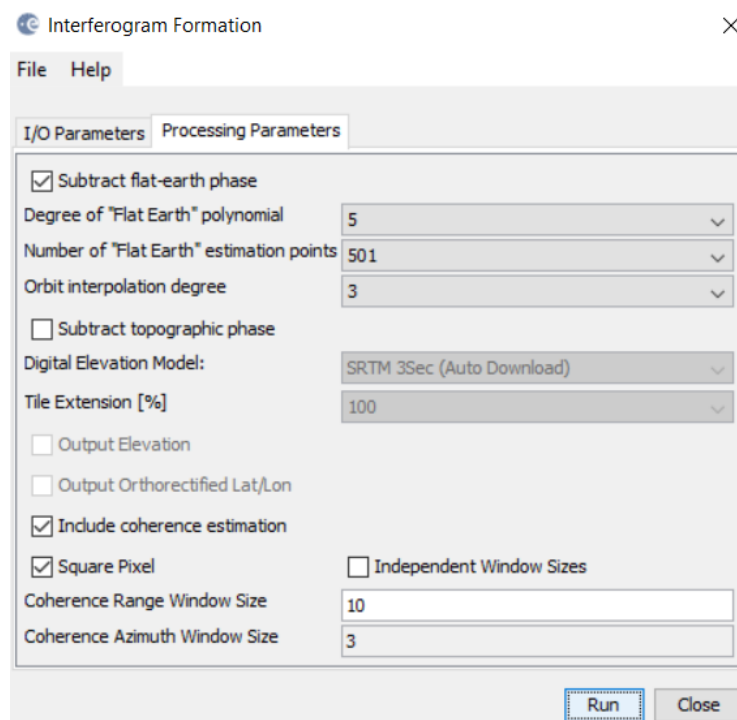
5. Generowanie interferogramu oraz estymacja koherencji

Celem tego kroku jest wygenerowanie interferogramu pomiędzy dwoma zobrazeniami czyli obrazu ukazującego różnicę fazy pomiędzy obrazami master i slave zapisane w zakresie $-\pi$ do π . Dodatkowo wygenerowany zostanie obraz koherencji czyli współczynnika określającego spójność sygnały pomiędzy kolejnymi zobrazeniami. Wartości bliskie 1 oznaczają dużą spójność sygnału i uznawane są za dane najbardziej wiarygodne. Koherencja wynosząca 0 oznacza brak spójności obrazów, a co za tym idzie, dalsze analizy mogą dostarczać mniej wiarygodnych wyników.

W celu wygenerowania interferogramu i obrazu koherencji wybierz **Radar > Interferometric > Products > Interferogram**.

W zakładce **I/O Parameters** jako **Source Products** wybierz plik z końcówką **Stack** oraz wskaż nazwę pliku wynikowego i miejsce jego zapisu. W oknie **Processing Parameters**:

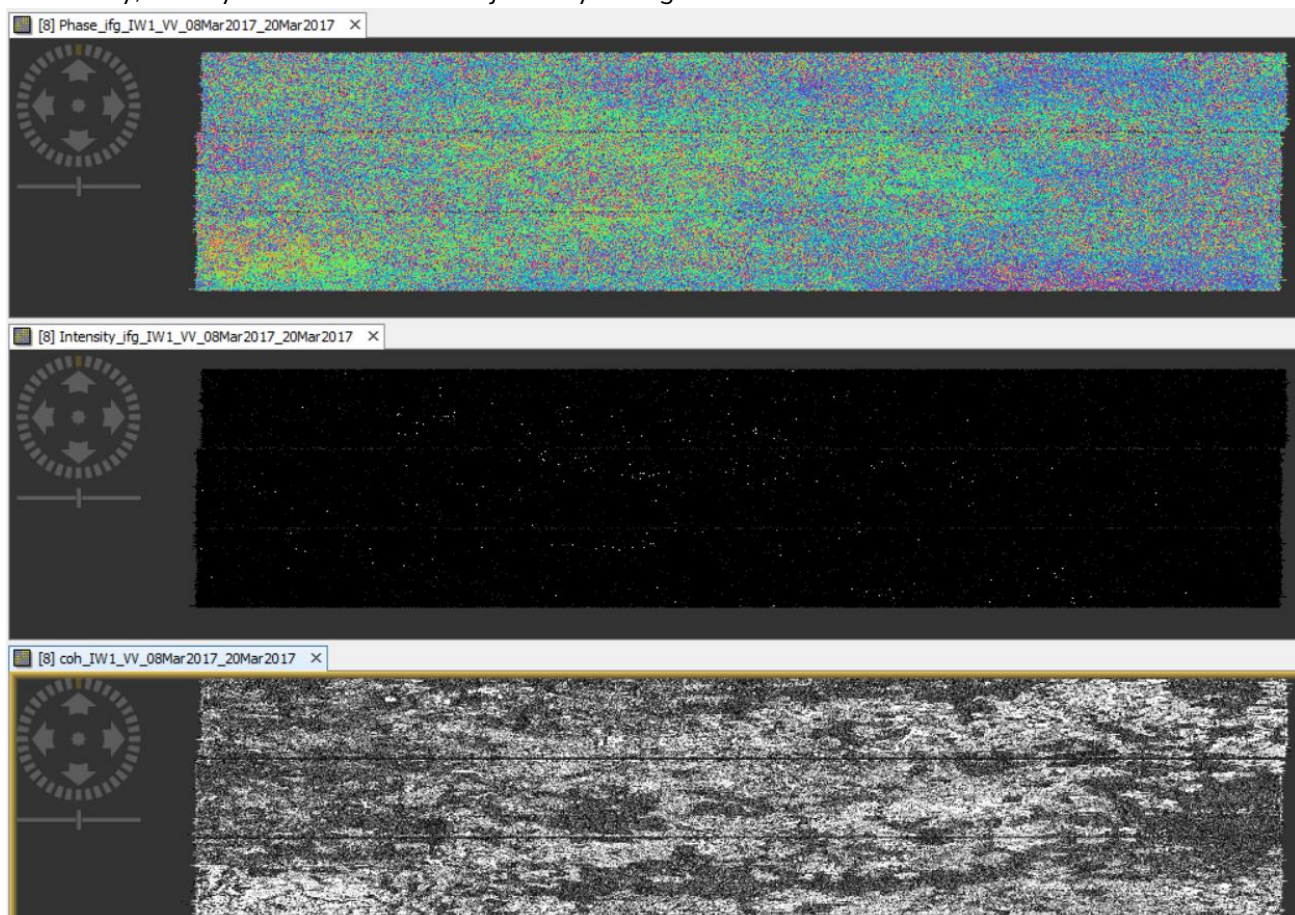
- zaznacz opcję **Subtract flat-earth phase**, usuwającą z interferogramu komponent fazy związany z tzw. "płaską Ziemią" i pozostaw parametry domyślnie,
- zaznacz opcję generowania obrazu koherencji **Include coherence estimation**,
- pozostaw zaznaczoną opcję **Square Pixel**.



W celu sprawdzenia poprawności wyników wyświetl obraz fazy, intensywności i koherencji. W celu porównania danych można ustawić wyświetlanie jako **Tile Vertically** w górnym pasku menu:



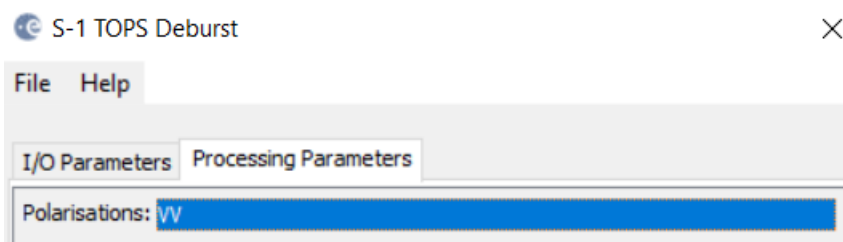
Obraz fazy, intensywności oraz koherencji dla wybranego obszaru.



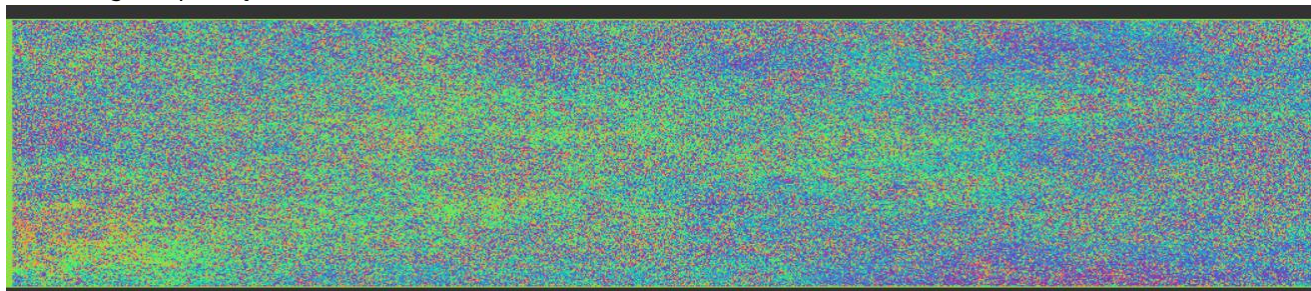
6. Łącznie pasów zobrazowania w jeden spójny obraz

Z uwagi na charakterystykę pozyskiwania produktów SLC i wynikający z tego podział obrazu na tzw. bursty, przetwarzane obrazy należy scalić w jeden spójny obraz.

W menu wybierz **Radar > Sentinel-1 TOPS > S-1 TOPS Deburst**. W oknie **I/O Parameters** jako produkt wejściowy wskaż wygenerowany interferogram z końcówką **_ifg**. W zakładce **Processing Parameters** należy wybrać polaryzację, dla której będzie scalany obraz. W przypadku przetwarzanych danych dostępna jest wyłącznie polaryzacja pionowa VV, którą wybrano na etapie funkcji **Split**.



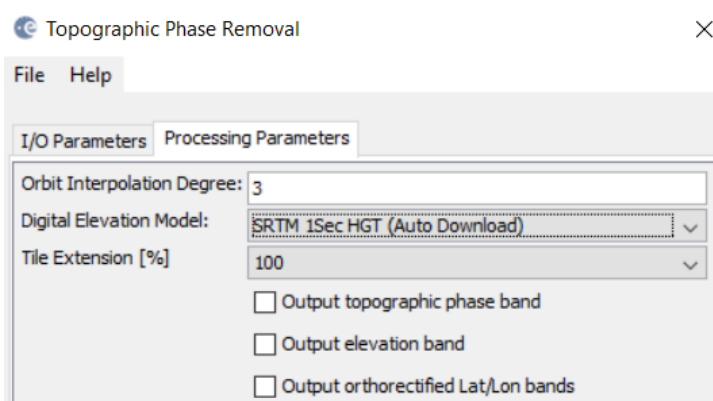
Interferogram po złączeniu burstów.



7. Usunięcie składowej odpowiadającej za rzeźbę terenu – generowanie interferogramu różnicowego

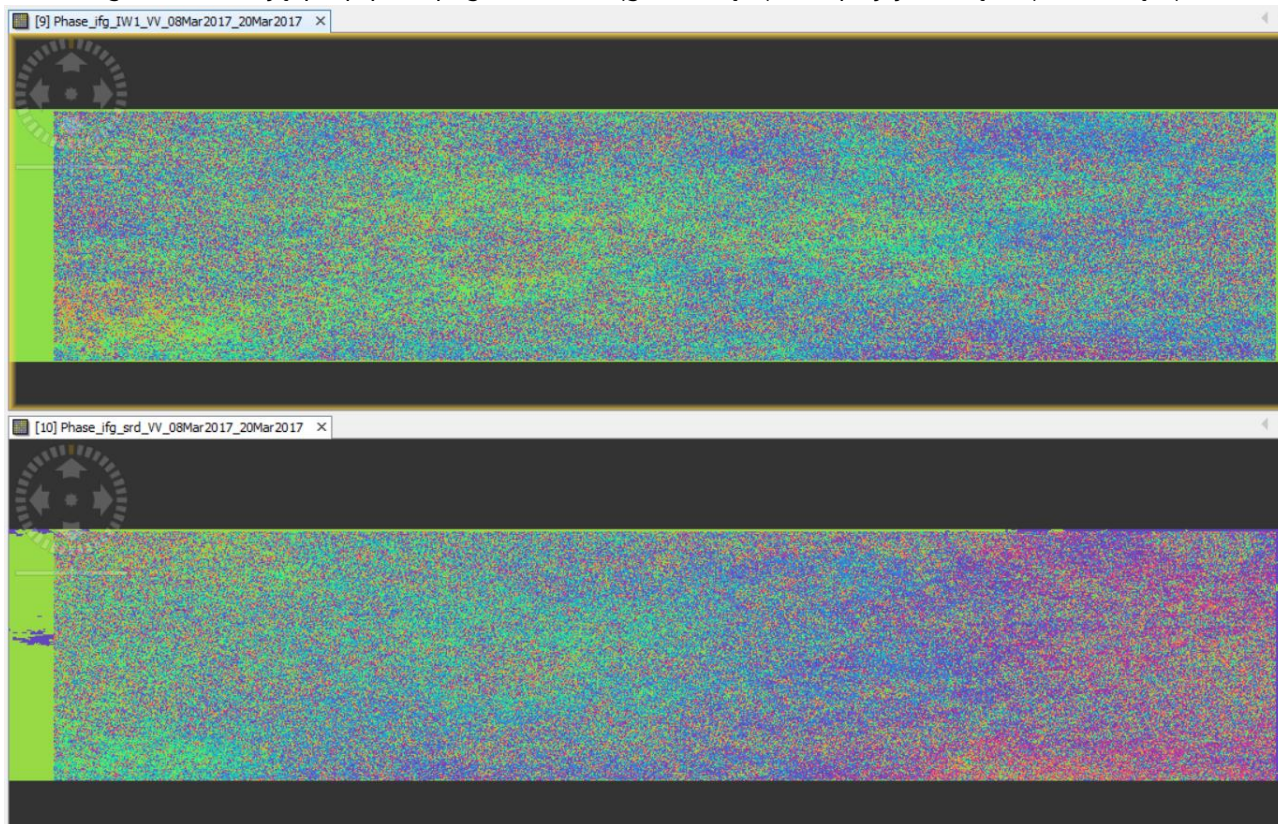
Usuwanie z interferogramu komponentu topograficznego, związanego z ukształtowaniem terenu, jest przeprowadzane z wykorzystaniem NMT. Etap ten jest kluczowy w aplikacji interferometrii różnicowej, ponieważ pozostała różnica fazy odpowiada wyłącznie przemieszczeniom i ewentualnym szumom.

W celu wykonania tego procesu wybierz **Radar > Interferometric > Products > Topographic Phase Removal**. W zakładce parametrów wskaż numeryczny model terenu **Digital Elevation Model: SRTM 1 Sec HGT**.



W celu sprawdzenia wpływu topografii terenu należy wyświetlić rastry *Phase* dla produktów z końcówką *_deb* i *_dinsar*.

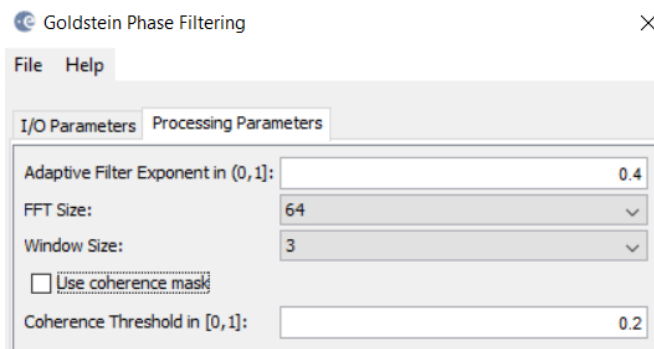
Interferogram zawierający wpływ topografii terenu (górna część) oraz po jej usunięciu (dolna część).



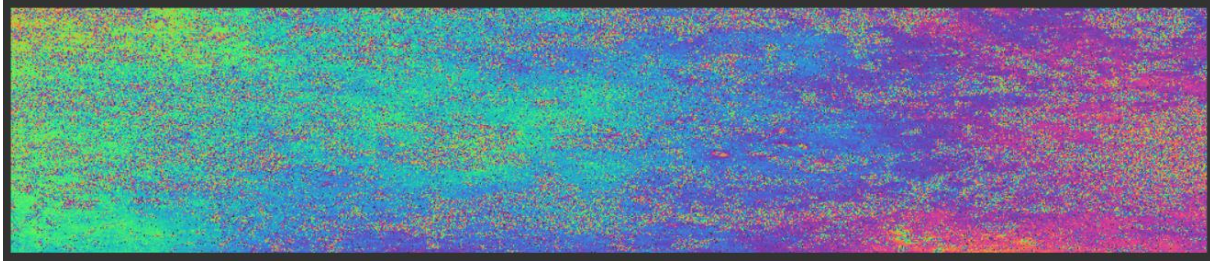
8. Filtracja interferogramu

Wygenerowany interferogram zawiera znaczną ilość szumów. W celu zidentyfikowania obszarów ulegających przemieszczeniu obraz należy poddać filtracji.

W tym poprawienia jakości interferogramy poprzez filtrowanie wybierz **Radar > Interferometric > Filtering > Goldstein Phase Filtering**. W zakładce parametrów określ wielkość okna filtracji **Window Size: 3 Adaptive Filter Exponent in (0,1): 0.4, FFT Size: 64**. Na tym etapie w zależności od danych należy przeprowadzić testy parametrów filtracji, aby określić, w której konfiguracji otrzymamy najlepsze rezultaty. Dodatkowo na tym etapie można przeprowadzić filtrację z użyciem maski koherencji. Na potrzeby ćwiczenia zostaw okno **Use coherence mask** odznaczone.

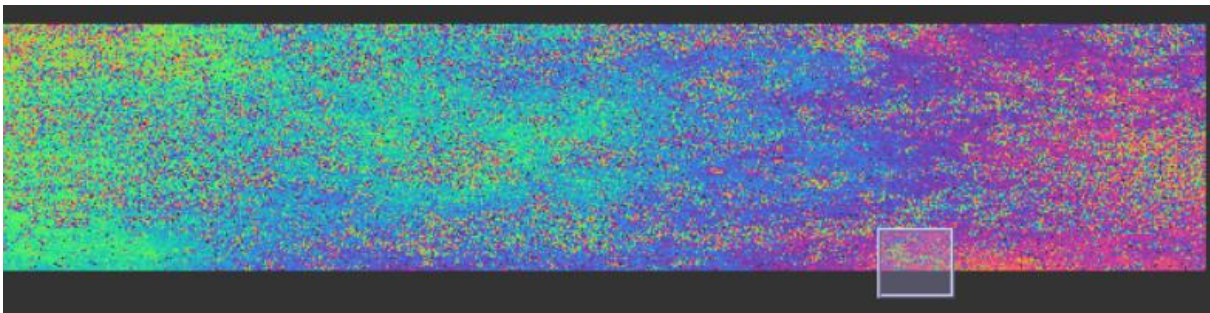


Poniżej przedstawiono interferogram po filtracji. Z uwagi na to, że analizowany obszar jest bardzo duży, w celu zidentyfikowania obszarów, gdzie nastąpiły przemieszczenia należy przybliżyć obraz i przeszukać go w poszukiwaniu gęstszych prążków interferometrycznych.

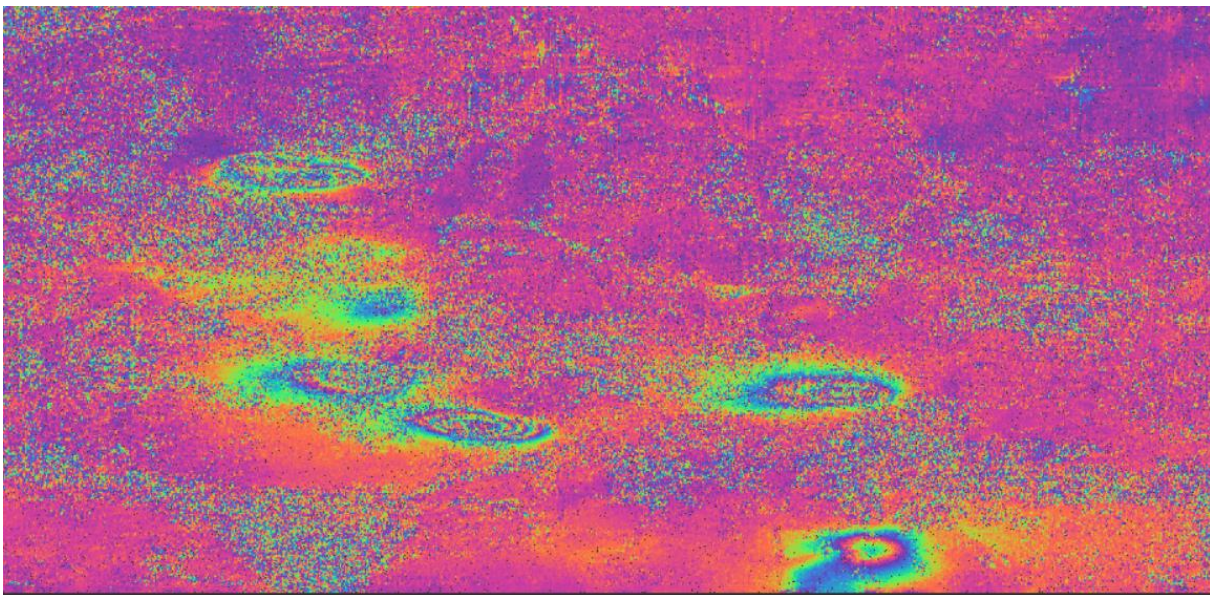


Jeden z obszarów, gdzie odnaleziono niecki obniżeniowe przedstawiono poniżej.

Położenie zlokalizowanego obszaru na tle całego interferogramu:



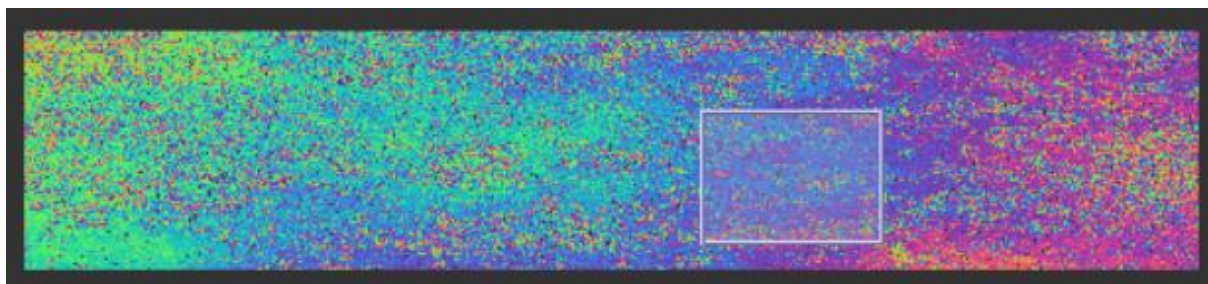
Zbliżenie 1: prążki interferometryczne sygnalizujące obszary ulegające przemieszczeniu.



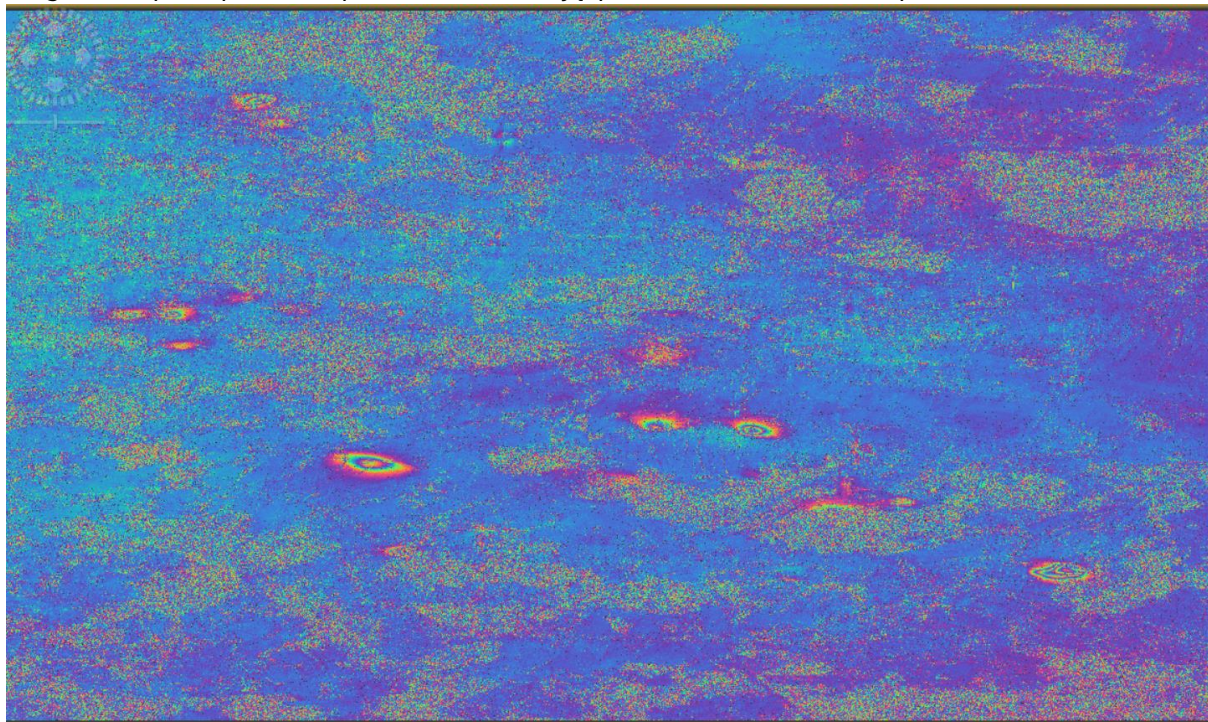
9. Przycięcie interferogramu do obszaru zainteresowania

Z uwagi na spory zakres przestrzenny utworzonego interferogramu, do dalszych obliczeń należy zawęzić obszar zainteresowania. Poniżej przedstawione orientacyjną lokalizację przycięcia obszaru oraz fragment interferogramu, na którym będziemy pracować dalej. Należy odszukać go na interferogramie, bądź wybrać inny obszar, gdzie widoczne są prążki interferometryczne.

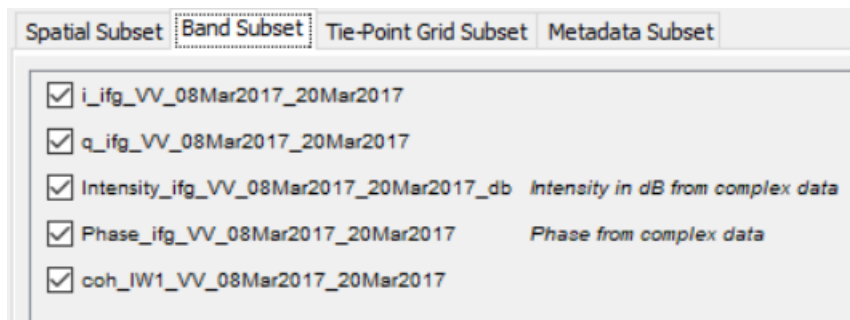
Orientacyjna lokalizacja obszaru na tle interferogramu.



Fragment wybrany do dalszych analiz, zawierający kilka niecek obniżeniowych



Po zlokalizowaniu na interferogramie interesującego nas rejonu należy w oknie wyświetlania pozostawić widoczny tylko obszar wybrany do dalsze analizy (jak na obrazie wyżej). Po ustawieniu wyświetlania w ten sposób należy kliknąć w obraz prawym przyciskiem myszy i wybrać opcję **Spatial Subset from View**. W pierwsze zakładce wyświetla się orientacyjny zasięg przestrzenny przycięcia, którego nie należy modyfikować. W zakładce **Band Subset** można określić warstwy, które zostaną zapisane. Należy zostawić wszystkie warstwy zaznaczone.



Po kliknięciu **OK**, po lewej stronie w oknie **Products Explorer** pojawi się nowy produkt o początku *subset*. Należy go zapisać klikając prawy przycisk myszy i wybrać opcję **Save As**.

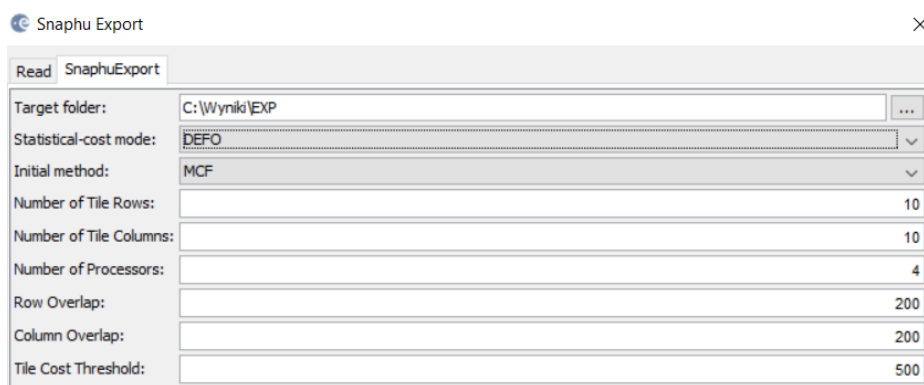
10. Rozwinięcie fazy interferogramu

Wyznaczona różnica fazy odpowiadająca przemieszczeniu terenu ukazana jest w formie cyklicznych prążków interferometrycznych, których wartości mieszczą się w zakresie od $-\pi$ do π . Aby uzyskać informację o pełnej ilości cykli, a tym samym całkowitej wartości przemieszczeń niezbędne jest rozwinięcie fazy, podczas którego wyliczana jest liczba odłożeń pełnej długości fali wiązki radarowej.

10.1. Eksport danych do rozwinięcia.

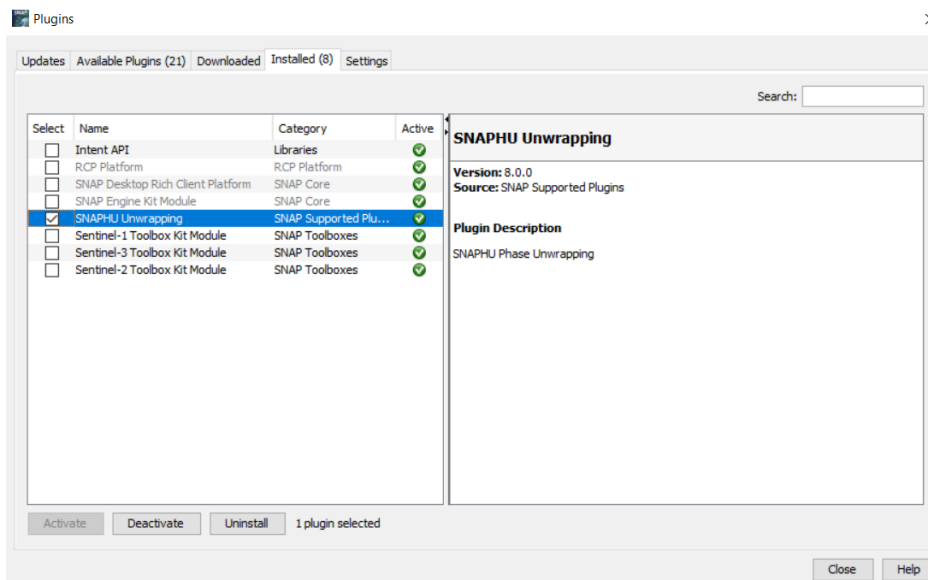
W tym celu przefiltrowane i przycięte dane należy wyeksportować za pomocą **Radar > Interferometric > Unwrapping > Snaphu Export**.

W zakładce parametrów **Snaphu-Export** wskaż folder docelowy dla plików **Snaphu Wyniki\EXP** oraz ustaw pozostałe parametry następująco: **Statistical-cost Mode: DEFO**, liczbę kafelków, na które zostanie podzielony obraz **Number of Tile Rows: 10, Number of Tile Columns: 10, Row i Column Overlap: 200**. W przypadku, gdy rozwinięcie zostanie wykonane nieprawidłowo, należy zmodyfikować parametry eksportu.

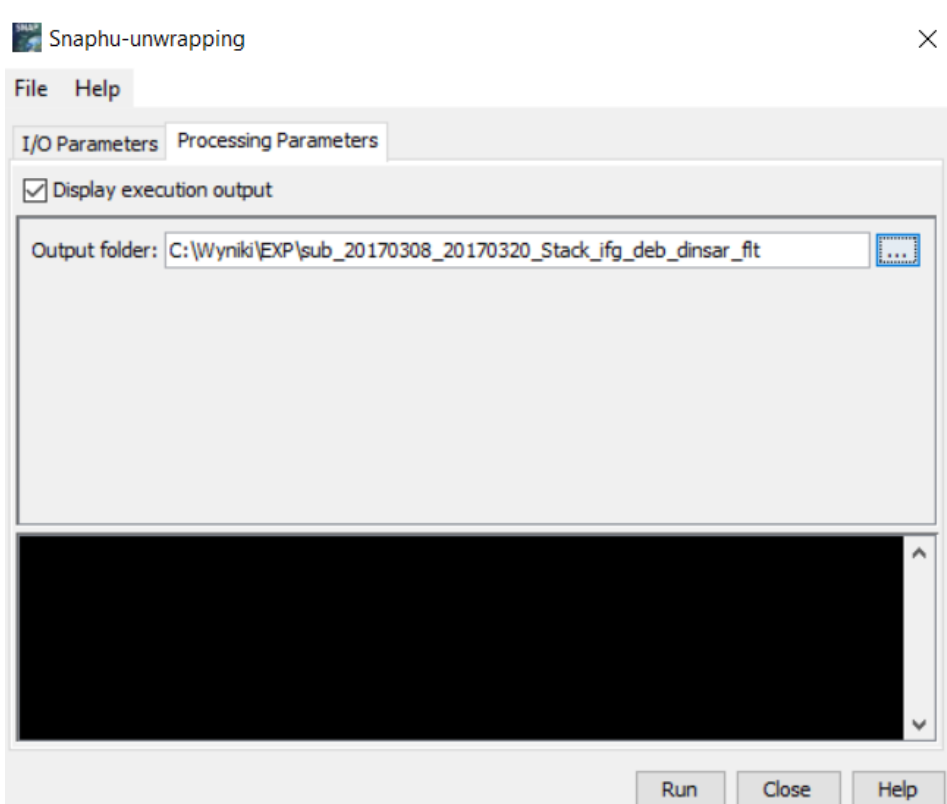


10.2. Rozwinięcie fazy interferogramu za pomocą wtyczki Unwrapping.

W celu rozwinięcia fazy w programie SNAP należy upewnić się, że zainstalowana jest wtyczka **SNAPHU Unwrapping**. Zainstalowane wtyczki można sprawdzić wybierając w menu **Tools > Plugins**.



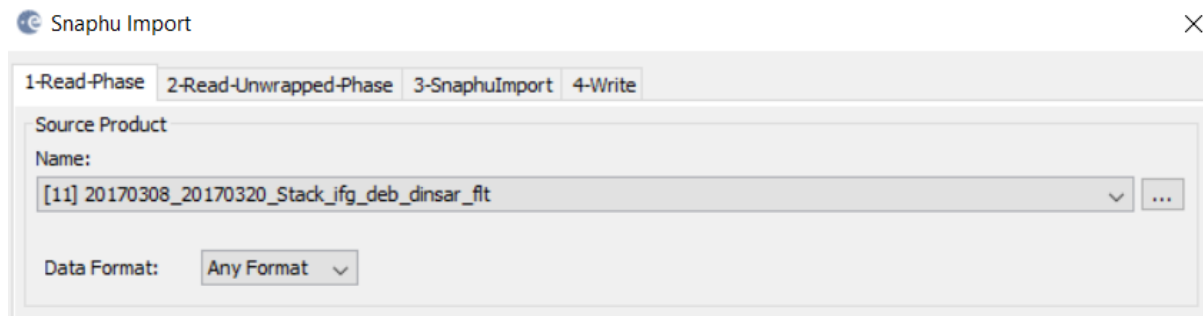
Po zainstalowaniu wtyczki rozwinięcia fazy można dokonać wybierając: **Radar > Interferometric > Unwrapping > Snaphu-unwrapping**. W pierwszej z zakładek jako **Source Product** wskazujemy plik po filtracji (*_flt*) oraz przycięciu (*subset*). W **Processing Parameters** zaznaczmy opcję **Display execution output**, dzięki czemu będziemy mogli podejrzeć czy proces rozwijania fazy działa, a jako **Output folder** wskazujemy miejsce, do którego dokonaliśmy Eksportu we wcześniejszym kroku.



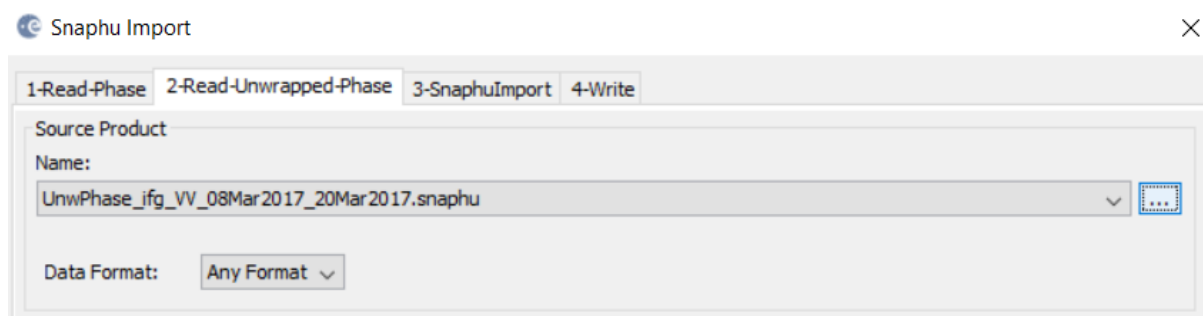
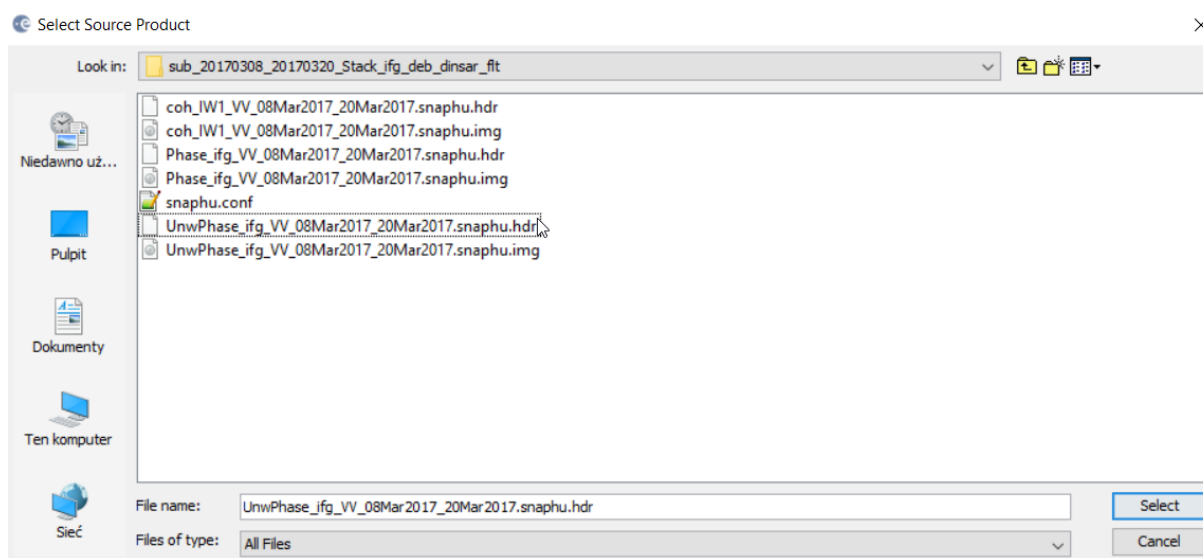
10.3. Import rozwiniętej fazy.

Rozwiniętą fazę należy ponownie zaimportować do pogramu za pomocą **Radar > Interferometric > Unwrapping > Snaphu Import**

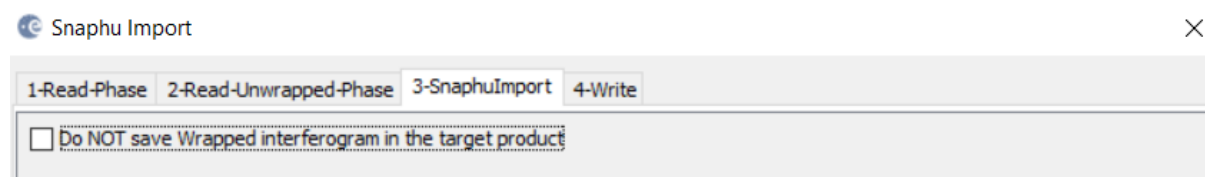
W oknie **1-Read-Phase** ponownie wskazujemy plik ze **SNAP** zawierający przefiltrowane dane, które docięto do obszaru zainteresowania.



W oknie **2-Read-Unwrapped-Phase** za pomocą symbolu ... należy odnaleźć lokalizację folderu do której dokonaliśmy eksportu danych. W tym folderze szukamy pliku zaczynającego się od *UnwPhase_* oraz z rozszerzeniem *.hdr*.

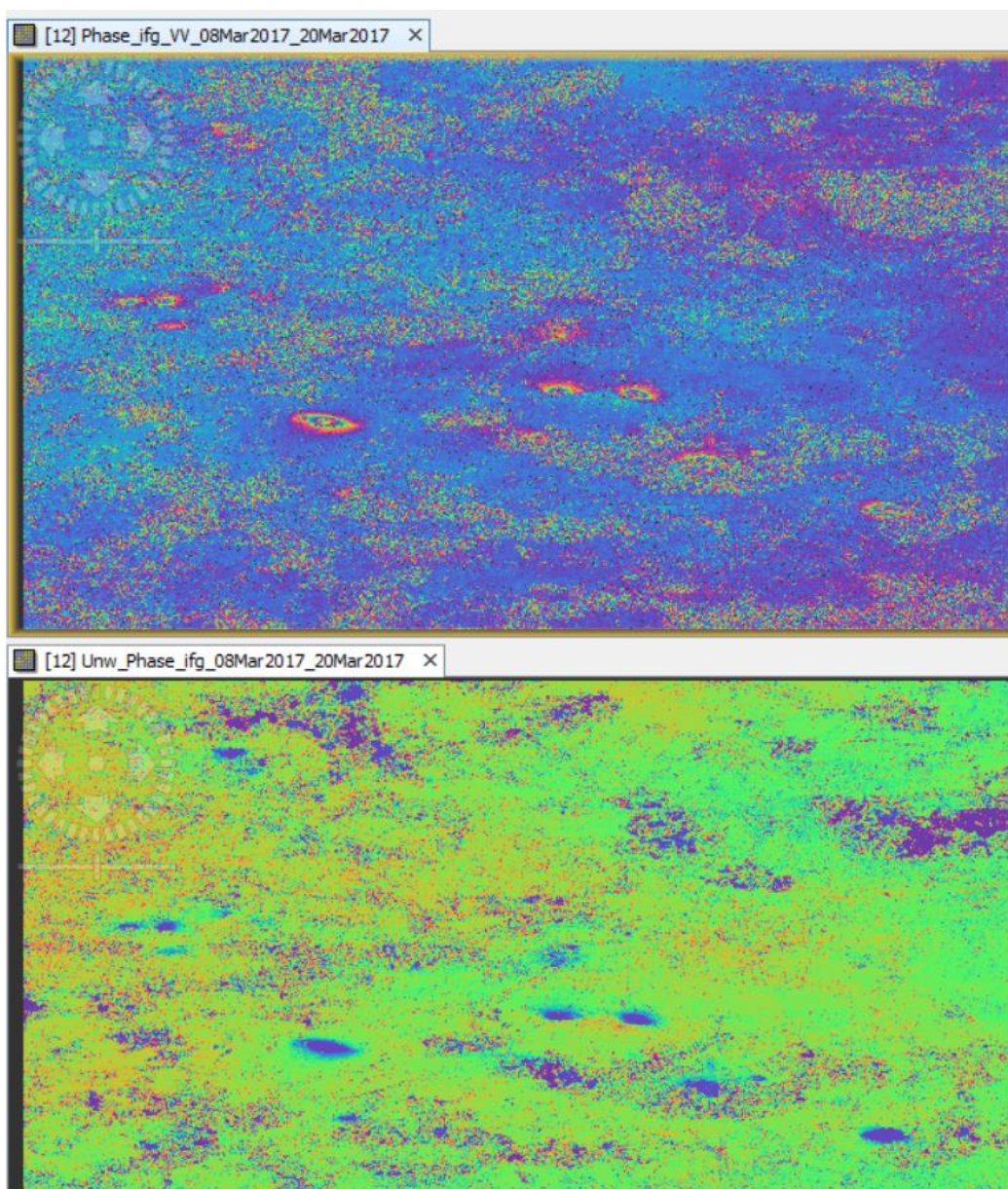


W oknie **3-SnaphuImport** odznaczamy opcję **Do NOT save Wrapped interferogram in the target product**.



W 4 zakładce wpisujemy nazwę pliku wynikowego z dopiskiem *_unw*.

Dla porównania z nowoutworzonego pliku należy wyświetlić warstwy *Phase* i *Unw_Phase*.



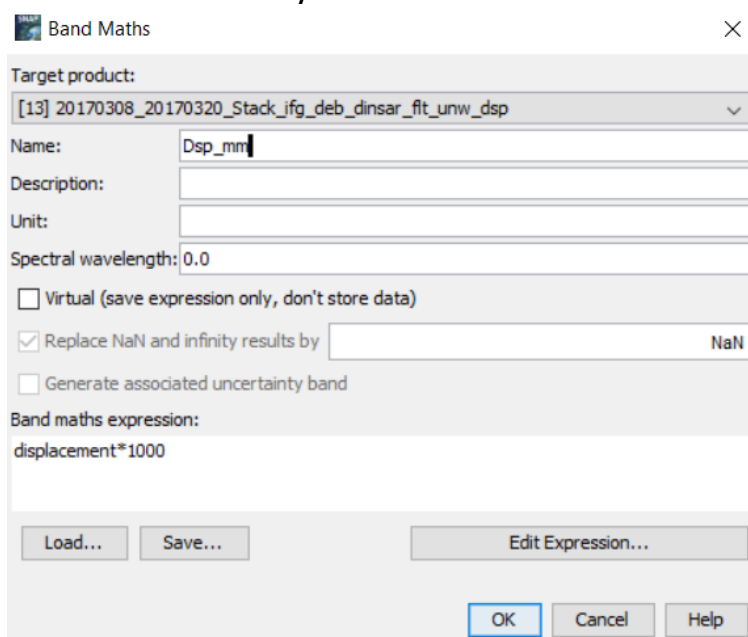
11. Przeliczenie rozwiniętych wartości fazy na przemieszczenia

Informacje w utworzonych plikach zawierając informacje dotyczą wyłącznie zmiany fazy sygnały radarowego. W celu przeliczenia tych wartości na metryczne wartości przemieszczeń w kierunku obrazowania satelity (*Line Of Sight*) należy dokonać dodatkowych obliczeń.

W celu pozyskania informacji o wartości przemieszczeń LOS w metrach należy wybrać **Radar > Interferometric > Products > Phase to Displacement**. Dla tej funkcji nie jest potrzebne określanie żadnych dodatkowych parametrów. Wartości przemieszczeń wyrażone w metrach zostaną zapisane w pliku z końcówką *_dsp*.


Z uwagi na niewielkie przemieszczenia w analizowanym 12-dniowym okresie, w celu bardziej czytelnej wizualizacji wartości można przeliczyć na mm wykorzystując **Band Maths**. W tym celu w **Products Explorer** należy rozwinąć produkt zawierający wartości przemieszczeń i pod prawym kliknięciem myszy wybrać opcję **Band Maths**. Zaznaczenie opcji **Virtual** pozwoli na utworzenie nowego rastra, ale bez zapisania nowych wartości przemieszczeń. W **Band maths expression** należy wpisać

*displacement*1000*

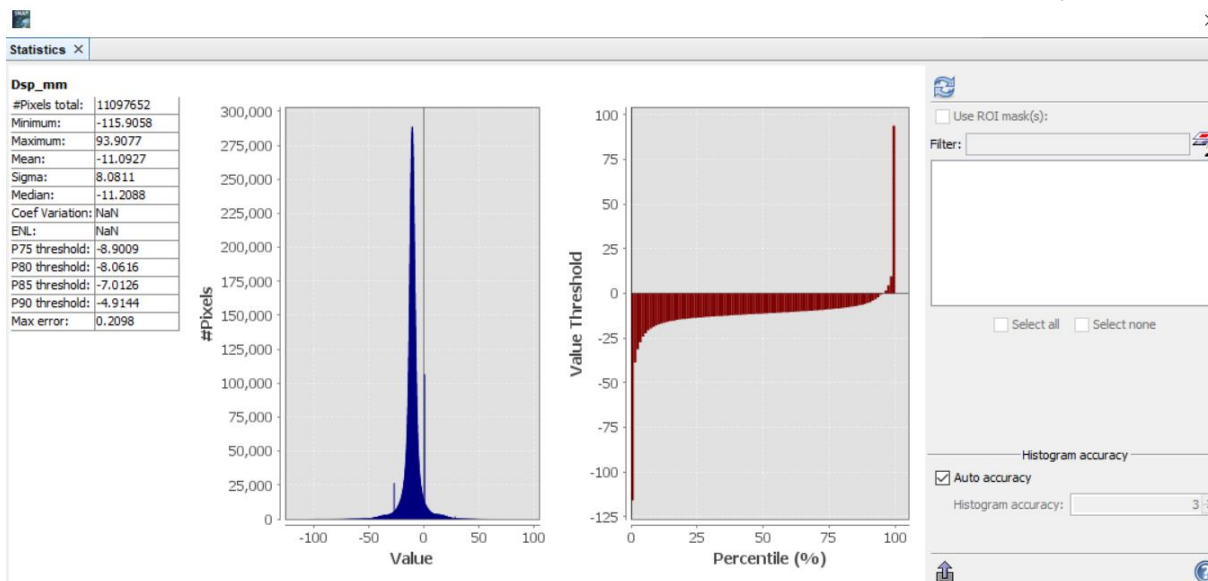


12. Określenie poziomu odniesienia

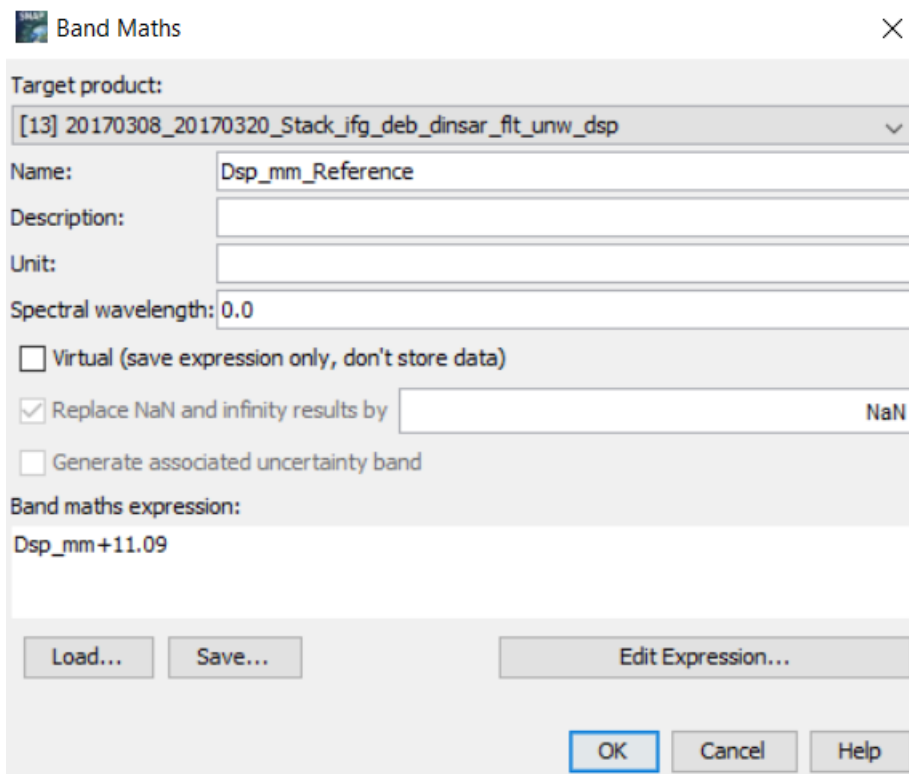
Wyznaczone w poprzednich krokach wartości przemieszczeń nie są jednak ostatecznymi wielkościami, które powinny podlegać analizie. W celu poprawnej interpretacji wartości należy określić dodatkowo poziom odniesienia, którym jest teren uznawany za stabilny. W tym celu należy określić średnią wartość wyznaczoną dla obszaru poza nieckami. W przypadku prezentowanych danych będą to wartości zaznaczone kolorem niebieskim na interferogramie.

Istnieje kilka sposobów na określenie poziomu odniesienia, m.in. za pomocą wyliczenia statystyk dla danego rastra. Wybierz **Analysis > Statistics**. Kursorem wskaż warstwę z przemieszczeniami wyrażonymi w mm (*Dsp_mm*) i kliknij ikonę odświeżania okna. 

Wyświetlona zostaną statystyki, z których wybieramy wartość średnią **Mean** i zapamiętujemy.



Następnie przy użyciu **Band Maths** warstwę *Dsp_mm* odpowiednią powiększamy lub pomniejszamy o wartości **Mean** tak, aby obszar poza nieckami wynosił +/- 0 mm.



Target product: [13] 20170308_20170320_Stack_ifg_deb_dinsar_fit_unw_dsp

Name: Dsp_mm_Reference

Description:

Unit:

Spectral wavelength: 0.0

Virtual (save expression only, don't store data)

Replace NaN and infinity results by NaN

Generate associated uncertainty band

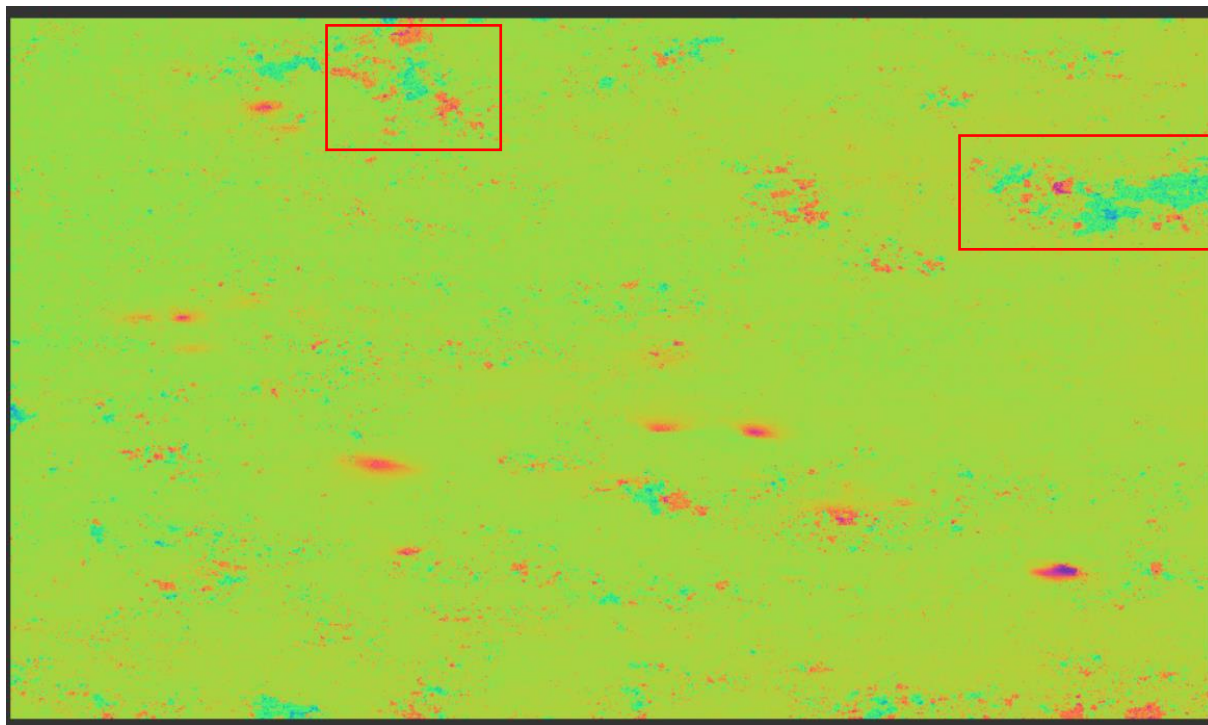
Band maths expression: Dsp_mm+11.09

Load... Save... Edit Expression...

OK Cancel Help

Obliczone w ten sposób wartości mogą być brane do dalszych analiz. Wyświetl nowopowstałą warstwę, aby sprawdzić ostateczne wartości przemieszczeń. W zakładce **Color Manipulation** kliknij ikonę folderu i ustaw styl wyświetlania na **cubehelix_cycle.cpd**.

Otrzymane wartości przemieszczeń przedstawiono poniżej. Czerwone prostokąty wskazują przykładowe obszary zawierające błędne wartości co spowodowane jest słabą jakością sygnału i niską koherencją w tych rejonach.



13. Nałożenie maski koherencji

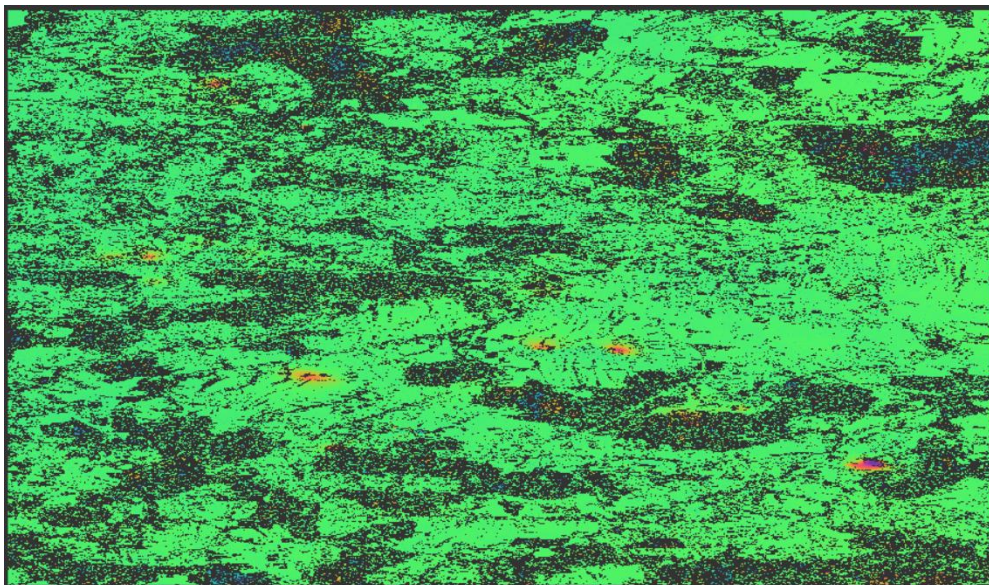
W celu wykluczenia z analiz obszarów o słabej koherencji, czyli dostarczających informacji o mniejszej wiarygodności należy na wyniki nałożyć maskę koherencji. Pozwoli to na wyrzucenie z analiz wyników słabej jakości oraz części szumów.

Z głównego menu wybierz **Raster > Band Maths**. W oknie **Band Maths** wybierz produkt, w którym zostanie stworzony nowy obraz **Target Product**, czyli plik z końcówką *_dsp*. Określ nazwę tworzonego obrazu **Name** *Dsp_mm_Ref_CohMask_0.4*. Dodatkowo odznacz opcję tworzenia pliku wirtualnego, niezapisywanego na dysku **Virtual**. Następnie kliknij na przycisk **Edit Expression** w celu zastosowania wartości progowej/określenia formuły. Nasze wyrażenie zawierające maskę koherencji przemnożymy od razu przez wartości przemieszczeń z uwzględnionym poziomem odniesienia. Z tego powodu w **SNAP**ie muszą pozostać 2 pliki zawierające rozwiniętą fazę i przemieszczenia. Nową warstwę dodajemy do pliku z przemieszczeniami, natomiast informacje o wartości koherencji zawiera tylko plik z rozwiniętą fazą. W polu **Expression** wpisz formułę:

.Dsp_mm_Reference * (if coh_IW1_VV_08Mar2017_20Mar2017 then NaN else 1)

Jeżeli program nie znajdzie błędu zostanie wyświetlony komunikat: **Ok, no errors**. Po czym kliknij **OK** i następnie też **OK**.

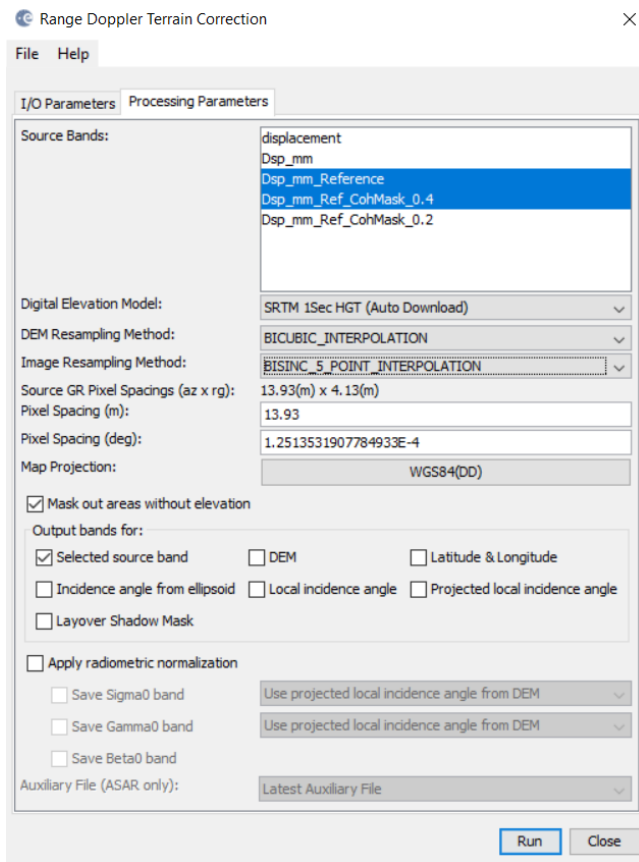
Przemieszczenia po naniesieniu maski koherencji:



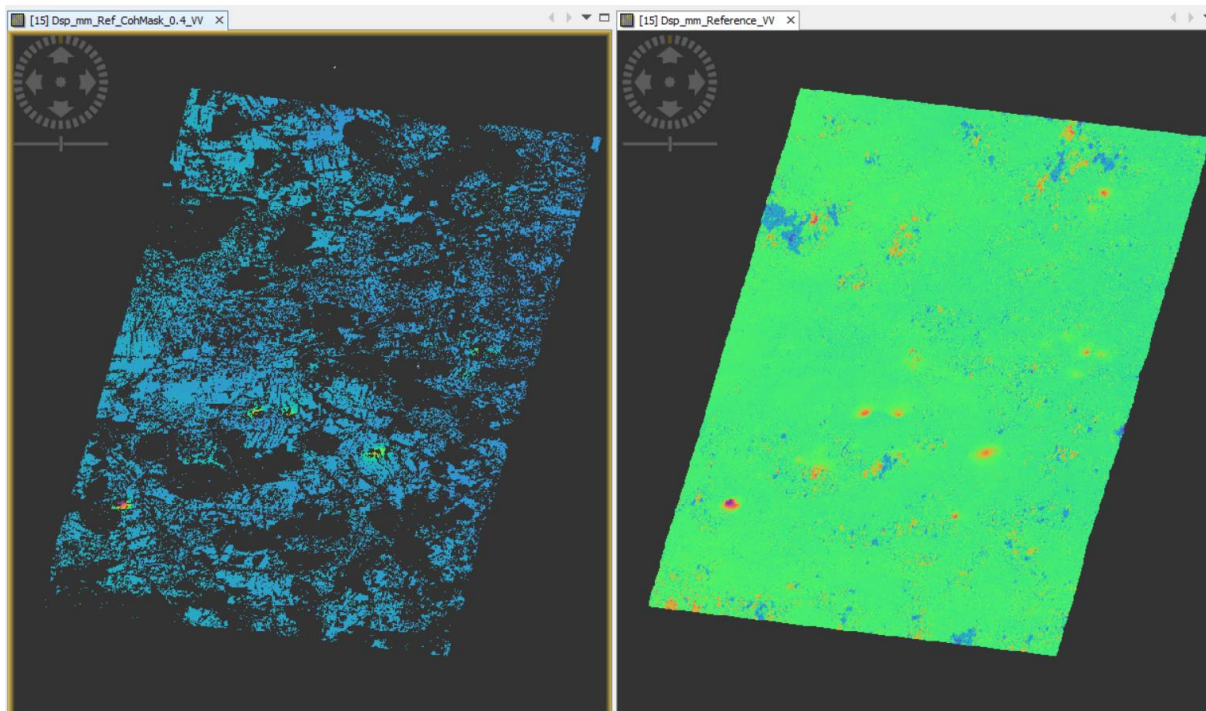
14. Nadanie georeferencji

W celu konwersji obrazów z układu radarowego do układu współrzędnych należy wybrać **Radar > Geometric > Terrain Correction > Range-Doppler Terrain-Correction**.

W zakładce parametrów wskaż obraz *Dsp_mm_Reference* i *Dsp_mm_Ref_CohMask_0.4*. W polu numerycznego modelu terenu **Digital Elevation Model** wskaż: **SRTM 1Sec HGT (Auto Download)**. Jako metodę próbkowania DEM **DEM resampling method** wybierz: **Bicubic Interpolation**, a jak w przypadku metody próbkowania obrazów transformowanych **Image Resampling Method**: **BISNIC_5_POINT_INTEPROLATION**. W zakładce **Map Projection** można zdefiniować układ współrzędnych, do którego chcemy przetransformować rastry. Domyślnie jest to układ WGS84.

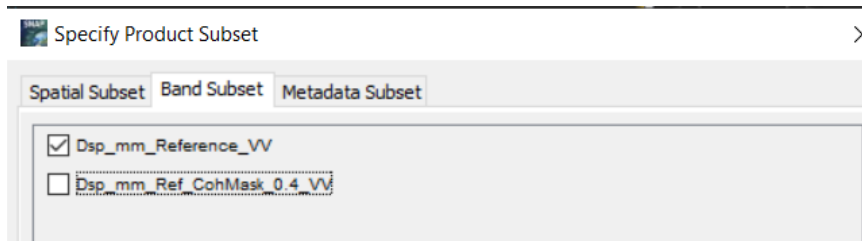


Przemieszczenia po georefencji z maską koherencji równą 0.4 (lewa strona) i bez maski (prawa strona):



15. Eksport danych do systemów GIS wraz z wizualizacją

Przygotowane rastry z przemieszczeniami wyeksportuj do formatu GeoTIFF, aby wyświetlić je w programie QGIS. Wybierz **File > Export > GeoTIFF / Big Tiff**. W oknie eksportu wybierz **Subset**, aby wybrać konkretną warstwę, która ma zostać zapisana do formatu GeoTIFF. Wybór odpowiedniej warstwy dokonuje się w zakładce **Band Subset**. Osobno wyeksportuj dane z maską koherencji i bez niej.



W następnym kroku należy przejść do programu QGIS i do nowego projektu przeciągnąć 2 wygenerowane GeoTIFFy oraz plik shapefile ze współrzędnymi wstrząsów (*Wstrząsy.shp*).

W panelu **Warstwy** przejdź do **Właściwości** warstwy i w zakładce **Styl** wczytaj przygotowane style wyświetlania dla każdej z warstw:

- *dsp.qml* dla rastra z przemieszczeniami bez maski koherencji,
- *dsp_masked.qml* dla rastra z przemieszczeniami z maską,
- *wstrząsy_styl.qml* dla pliku shapefile z wstrząsami górnymi.

Do wyświetlonych wyników można podłączyć podkłady mapowe przez **XYZ Tiles > Nowe połączenie**, takiej jak:

- Google Maps, URL: <http://mt0.google.com/vt/lyrs=s&hl=en&x={x}&y={y}&z={z}>
- OpenStreetMap, URL: <https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png>

Poniżej przedstawiono przykładową wizualizację dla przemieszczeń LOS z maską koherencji oraz bez maski. Plik ze wstrząsami górnymi zawiera dane dla większego obszaru. Warto jednak zwrócić uwagę, że na etapie przetwarzania danych radarowych znacząco ograniczyliśmy obszar opracowania do tylko kilku niecek obniżeniowych. Przy wybraniu większego obszaru, analiza mogłaby objąć zasięgiem również pozostałe wstrząsy. Część niecek widoczna na danych DInSAR wprost wynika z wstrząsów sejsmicznych, natomiast pozostałe obniżenia mogą być spowodowane innymi czynnikami, które należałoby dodatkowo przeanalizować. Wyniki zawierające maskę koherencji wskazują, że najniższe wartości uzyskano dla obszarów pokrytych lasem i dzięki temu wyłączono z analizy zbędne szumy. Przy założeniu wartości granicznej koherencji równej 0.4 wykluczaliśmy natomiast z analizy również części niecek, które zawierały wartości przemieszczeń, stąd poprawne wyznaczenie wartości granicznej koherencji ma znaczący wpływ na nasze analizy. Każda z analizowanych niecek na przestrzeni 12 dni poddanych analizie ukazała przemieszczenia na poziomie kilku cm, co biorąc pod uwagę stabilność terenu poza nieckami stanowi wiarygodne wielkości. W celu wyznaczenia przemieszczeń pionowych niezbędne jest wykonanie analogicznych obliczeń dla obrazowań pochodzących z drugiej orbity.

