

Sledování pohybu ledovců pomocí radarových dat ze Sentinel 1

Datové sady:

S1A_IW_GRDH_1SDH_20190618T154516_20190618T154541_027736_032176_5F5A

S1B_IW_GRDH_1SDH_20190718T154425_20190718T154450_017190_02054D_3B9F

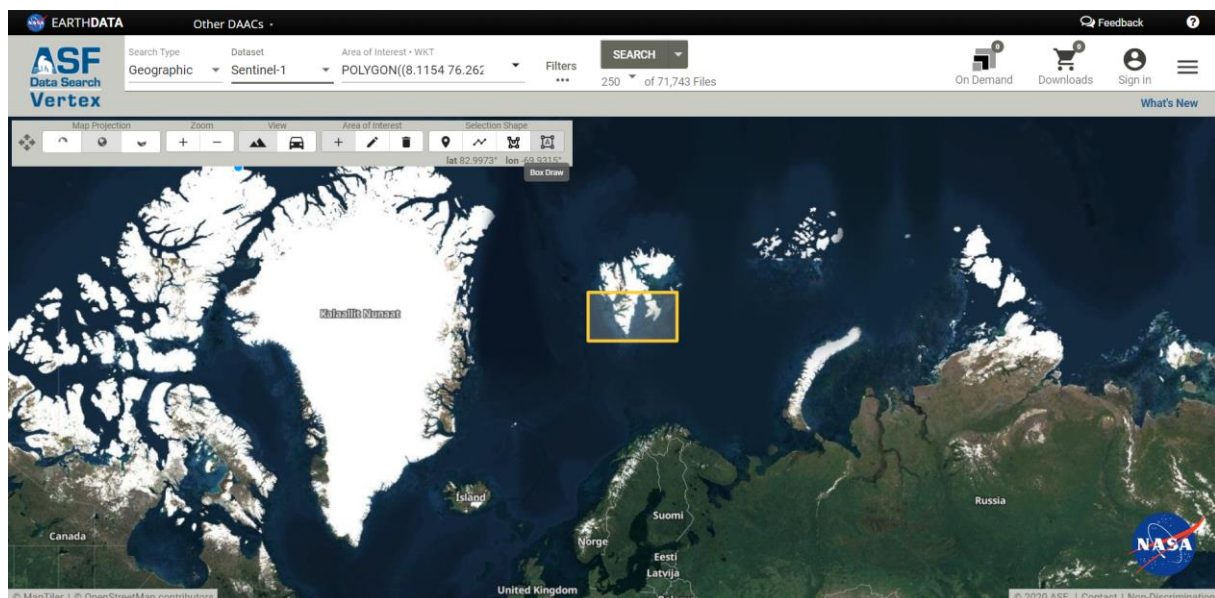
Snímky je nutné si stáhnout z ASF Data Search Vertex, který je uveden níže.

Oblast: Špicberky v roce 2019

Stáhnutí dat pro cvičení

Na [Sentinel SciHub](#), kde jsou data ze všech misí ke stažení, dochází u starších datových sad k archivaci a nejsou přístupné. Alternativou, kde jsou i archivní data ke stažení, je [ASF Data Search Vertex](#). Zde po registraci je možno vyhledávat a stahovat kromě radarových dat ze Sentinel 1 i jiné, starší radarové mise.

Na obrázku vidíte oblast, pro kterou je nutné mít stažené radarové snímky ze dne 18.6. a 18.7.2019, přesná specifikace snímku je uvedena u datových sad.



Zájmová oblast

Ledovce, spolu s jejich táním, jsou sledovány ze dvou důvodů. Prvním z nich jsou změny, jež nastaly v důsledku globálního oteplování. Mezi tyto změny patří např. telení ledovců v pobřežních oblastech, či změna rozsahu zámru např. Severního ledového oceánu.

Druhý důvod, proč je tání ledovců sledováno, je samotný jeho důsledek, kterým jsou plovoucí kusy ledu. Tyto odlomené části ledovců je nutné monitorovat hlavně kvůli zachování bezpečnosti plaveb lodí.

Na souostroví Špicberky těžce dopadají klimatické změny. Projevují se tu daleko intenzivněji než jinde na světě. Na ostrovech za polárním kruhem patřících Norsku rychle taje všudypřítomný led. Rychlost pohybu ledovce během jednoho letního měsíce v roce 2019 si ukážeme v tomto cvičení.

Mise Sentinel 1

Sentinel-1A je první družicí evropského programu Copernicus (dříve označovaného zkratkou GMES), který má poskytnout Evropanům družicová data a návazné služby v oblasti životního prostředí a bezpečnostních aplikací. Sentinel 1A je radarová družice s radarem typu SAR, pracujícím v pásmu C. Družice pořizuje data v rozlišení až 5 metrů.

Současnou sestavu tvoří dvě identické sesterské družice Sentinel-1A (start v dubnu 2014) a Sentinel-1B (start v dubnu 2016). Obě družice obíhají ve stejné orbitální rovině v úhlové vzdálenosti 180° (tj. družice se vůči sobě nacházejí vždy nad protilehlými stranami Země) a tak zatímco každá družice samostatně může opakovat snímání téhož území jednou za 12 dní, obě družice společně mohou opakovat snímání téhož území jednou za 6 dní (pro území na a v okolí rovníku, pro území dále od rovníku i častěji).

Polarizace

Elektromagnetické záření se skládá ze dvou částí, z vektoru elektrické vlny a vektoru magnetického pole, které jsou kolmé jak samy na sebe, tak na směr šíření záření. Polarizaci záření pak definuje orientace vektoru elektrické vlny. Radarové systémy jsou schopny vysílat a přijímat signál v určité polarizaci. Polarizace vyslaného či přijímaného signálu může být vertikální (V, kolmý na povrch Země) nebo horizontální (H). Podle toho, jakou polarizaci radar vysílá a jakou přijímá, pak rozlišujeme radary s polarizací VV (vertikálně polarizovaný vyslaný i přijímaný signál), HH (horizontálně polarizovaný vyslaný i přijímaný signál), HV (horizontálně polarizovaný vyslaný a vertikálně polarizovaný přijatý signál) a VH (vertikálně polarizovaný vyslaný a horizontálně polarizovaný přijatý signál), první písmeno tak označuje vyslaný signál a druhé přijatý signál.

Hodnoty zpětného odrazu (backscatter, též jako zpětný rozptyl) kros-polarizovaného signálu (VH a HV) jsou typicky násobně menší než hodnoty zpětného odrazu ko-polarizovaného signálu (HH a VV). Díky tomu, že různě polarizované vlny se při odrazu na povrchu chovají jinak, lze použitím více polarizací získat více informací o snímaném objektu. Snímky jednotlivých polarizací lze skládat do RGB kompozic a pracovat s nimi podobně jako s optickými daty. Volba vhodné polarizace závisí na typu úlohy. **HH polarizace je používána pro zjišťování obsahu vody v půdě, průzkum mořského ledu** či detekci plavidel. VV polarizace má široké využití, například zjišťování směru a rychlosti větru pomocí sledování vlnění na vodních plochách. Kros-polarizace (VH a HV) se využívají v oblasti využití půdy a mapování stavu a objemu vegetace. Změnu polarizace záření (z V na H, či z H na V) způsobuje několikanásobný odraz, ke kterému dochází například při odrazu od jednotlivých částí vegetace, koutových odražečů, ale i při odrazu z půdy s drsným povrchem.

Interferometrie

Pro detekci a zjištění rychlosti pohybu ledovců v tomto cvičení využijeme některé z metod radarové interferometrie.

Interferometrie je metoda využívající rozdílů fází minimálně dvou radarových snímků. Interferogram lze vytvořit ze dvojice snímků, které byly pořízeny na základě tzv. jednoobletové (single-pass) nebo víceobletové (repeat-pass) interferometrie. Jednoobletová interferometrie je založena na principu snímání stejného území pomocí jedné družice nesoucí dvě antény. Snímky tvořící interferometrický pár jsou tak pořízeny ve stejnou chvíli. **U víceobletové interferometrie interferometrický pár tvoří snímky stejného území pořízených v různých časových obdobích, což bude náš případ.**

Interferogram je vytvářen nejčastěji ze dvou snímků. První ze snímků, je snímkem hlavním (master), druhý je pak nazýván vedlejší (slave). Protože je zemský povrch snímán pomocí družic, není

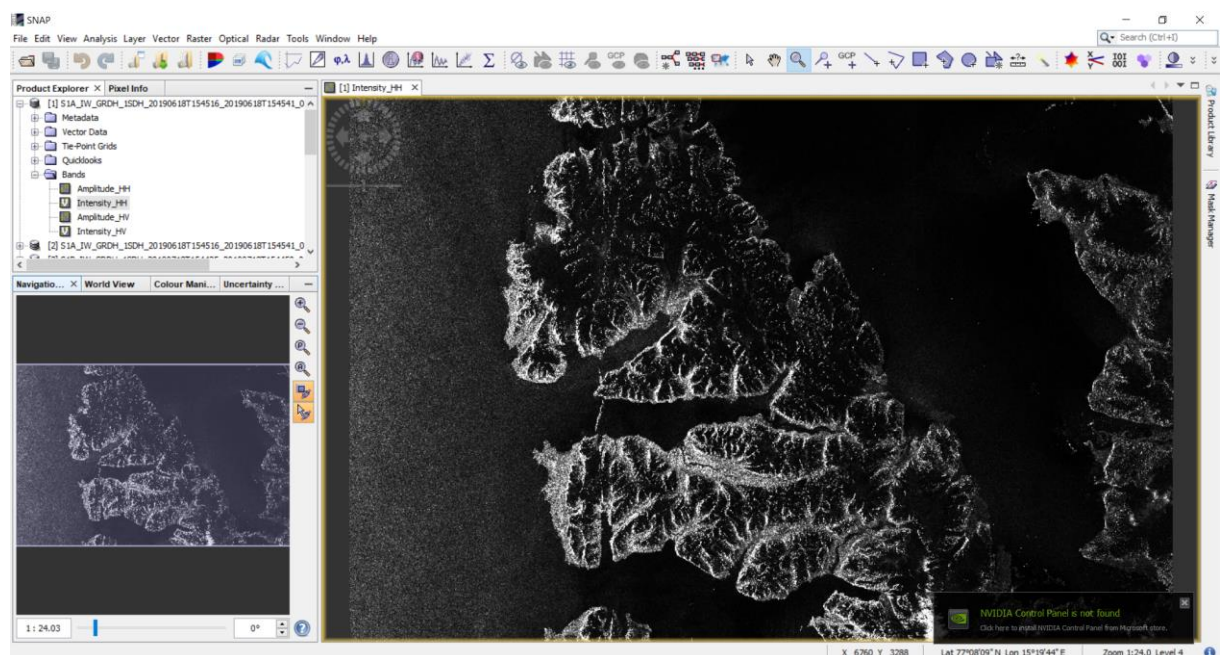
možné zajistit přesnou polohu družice na orbitě při snímání dané lokality. Rozdíl mezi polohou družice při prvním a druhém snímání (v případě víceobletové interferometrie), tak jak je tomu u družice Sentinel-1A, a rozdíl mezi vzdáleností dvou antén od sebe (v případě jednoobletové interferometrie) se nazývá interferometrická základna (interferometric baseline). Kromě prostorové základny se u víceobletové interferometrie určuje i časová základna (temporal baseline). Ta pak u snímků určuje dobu mezi pořízením snímků tvořících interferometrický pár.

Chování ledu a vody na SAR snímcích

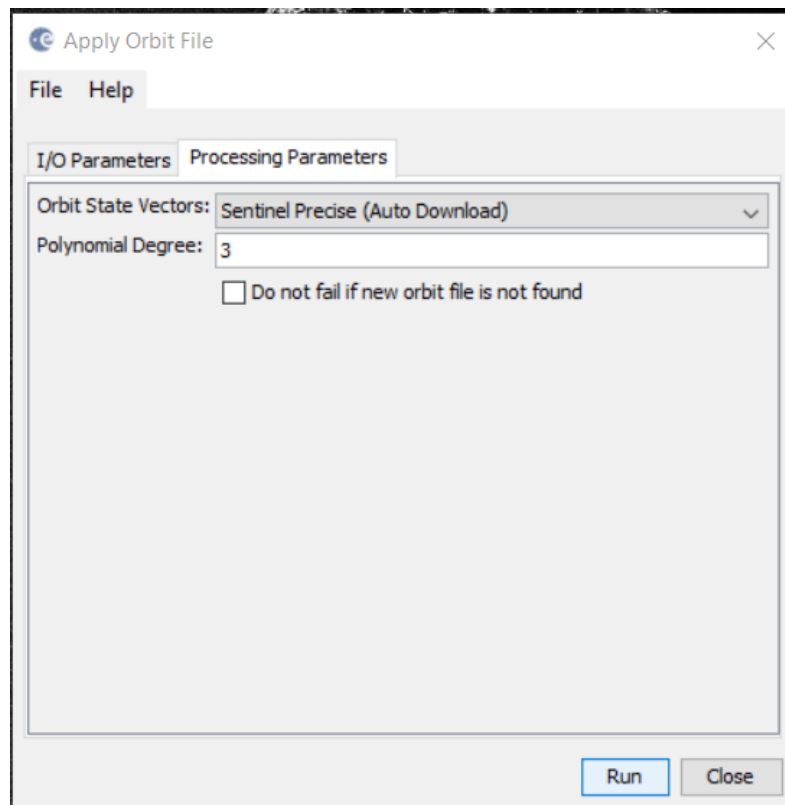
Hladké povrchy se chovají jako zrcadlo a signál se zpátky k družici nevrací. Naopak u hrubého povrchu dochází k odrazu o různé intenzitě. V případě vody byla tato hypotéza dokázána na základě sledování vody družicí Seasat (pásmo L), kdy bylo dokázáno, že je možné pomocí radaru detekovat vlny vyšší jak 100 cm. Detekce různých typů ledu jsou pak závislé na dielektrických vlastnostech sledovaného ledu. Pomocí radaru lze u ledu sledovat stáří ledu, povrch ledu ale i teplotu. Pro sledování ledu se nejčastěji používají pásma C, L a X. Pásma C a X se využívají pro určení typu ledu, jeho porušení nebo tloušťku. Pásmo L se převážně využívá pro sledování rozsahu ledu na povrchu. V tomto pásmu už většinou není možné určit jeho stáří nebo tloušťku.

Postup v prostředí SNAP

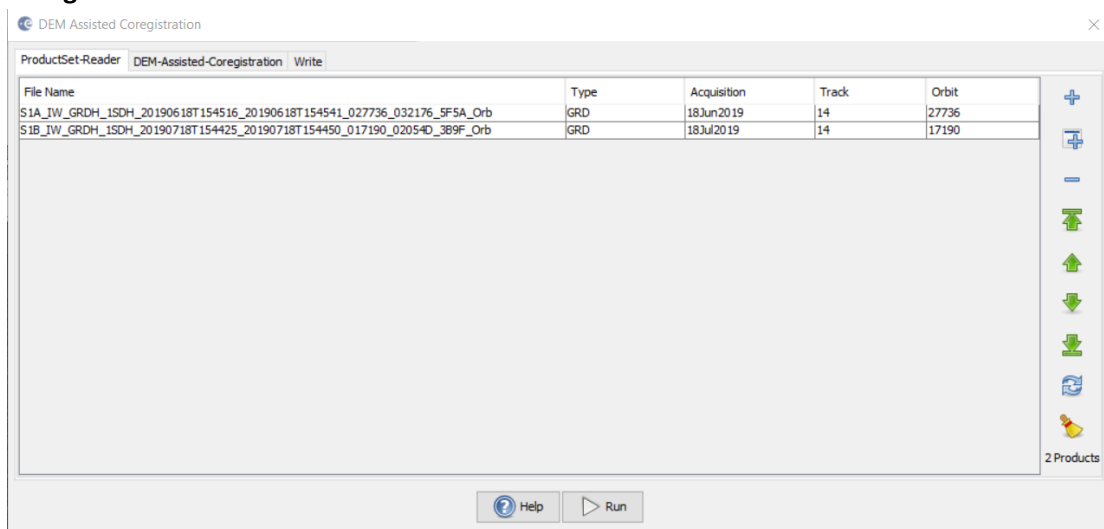
1. Přidání obou snímků do prostředí SNAP. K dispozici jsou dva snímky ze Špicberků z 18.6. a 18.7.2019. Pro práci s ledovci se využívá polarizace typu HH.



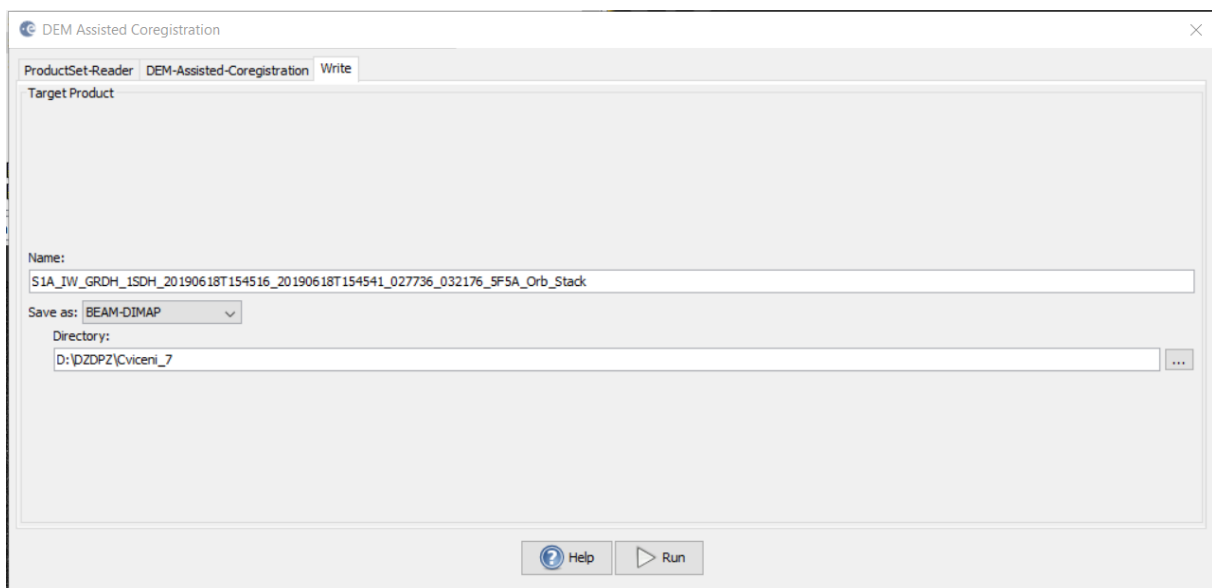
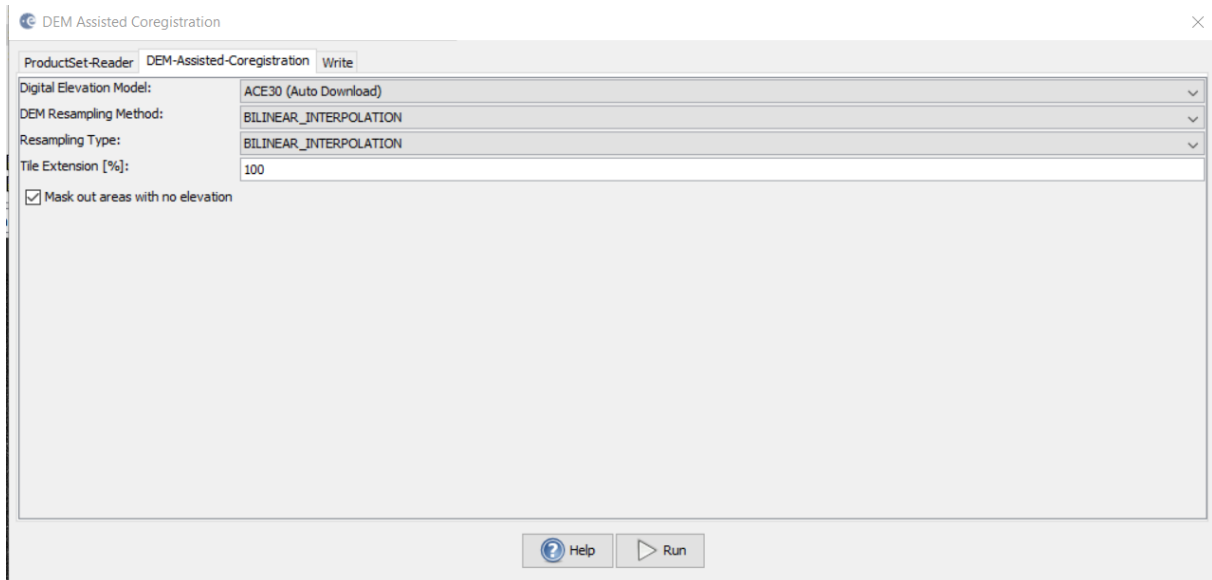
2. Prvním krokem je **pro oba snímky** provést automatické stažení hodnot orbit. Orbyty jsou stažitelné nejen pro snímky Sentinel 1, ale i například pro snímky z družic Radarsat nebo ERS. Menu **Radar – Apply Orbit File**.



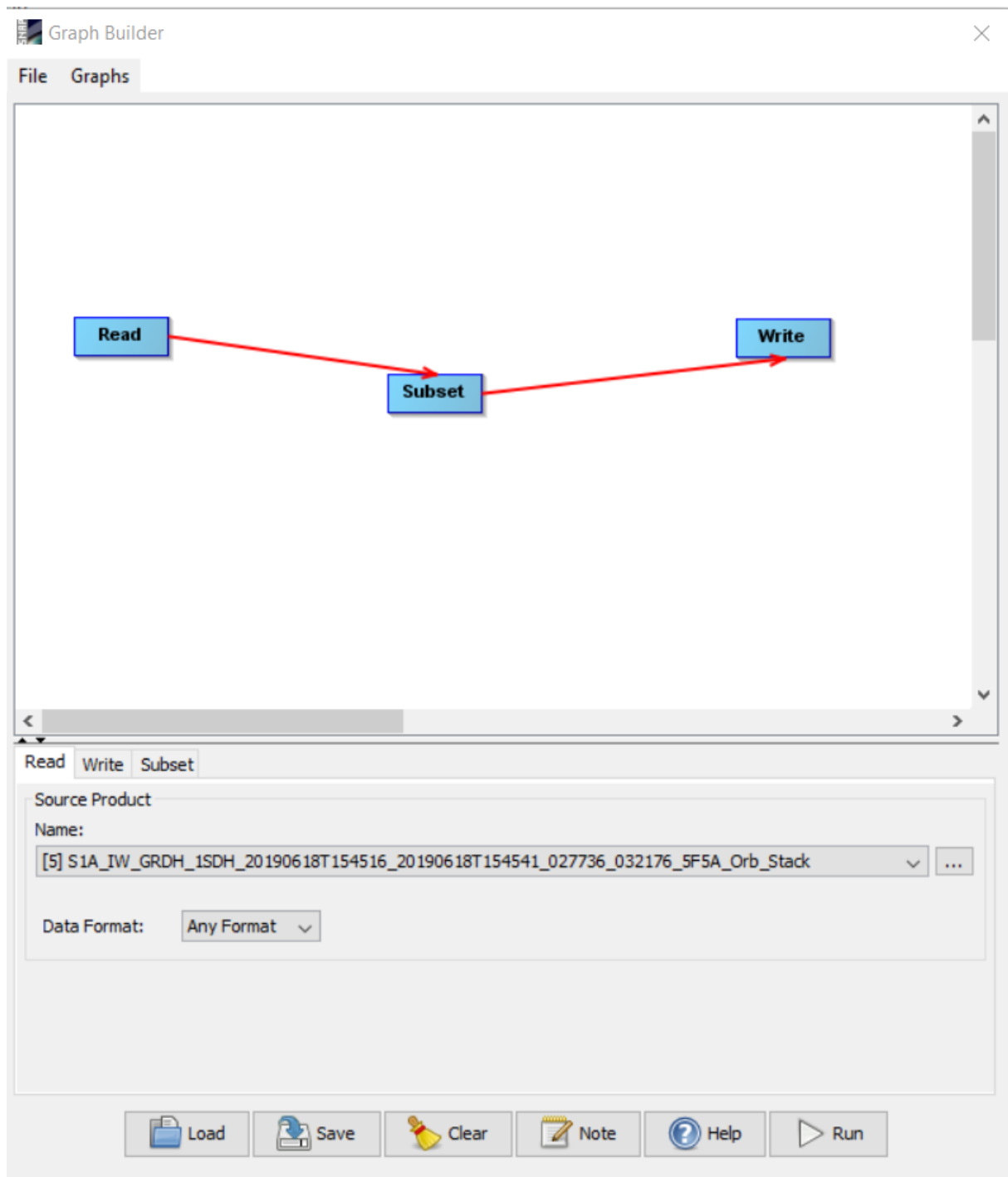
3. Nejdůležitějším krokem je koregistrace pro zjištění a odvození rychlosti pohybu ledovců. Jako první se v koregistraci (natažení) nastavuje master (hlavní snímek) následně se nastavuje tzv. slave (vedlejší snímek). Pokud jsou snímky, které budou vstupovat do interferometrie otevřené ve SNAP, a jejich pořadí bude odpovídat schématu, kdy starší snímek **master** prvnímu snímku v pořadí a analogicky, druhý snímek interferometrického páru **slave** druhý snímek v pořadí, není nutné načtení snímků upravovat, protože budou ve správném načteny automaticky. V prvním kroku dojde k načtení dvou snímků, které tvoří interferometrický pár. Tyto snímky jsou následně rozděleny na jednotlivé beamy. Do dalšího kroku, kdy do výpočtu vstupují hodnoty orbit daného snímku, již koregistrace počítá pouze s jedním, uživatelem, vybraným beamem. Následuje pak zpětné geokódování podle uživatelem zvoleného digitálního modelu a vytvoření výsledného souboru.
4. Koregistrace je v menu **Radar – Coregistration – DEM Assisted Coregistration - DEM Assisted Coregistration**.



5. Pokud jsou analýzy prováděny se snímky mimo oblast, pro kterou je vytvořen digitální model SRTM, u dolní lišty okna nástroje se červeně objeví hláška upozorňující na fakt, že území není možné lokalizovat na modelu SRTM, který je ve všech nástrojích nastaven defaultně. Hláška ale po výběru jiného digitálního modelu vhodného pro analýzu zmizí. Pro polární oblasti, resp. severní pól, je obtížnější pracovat s přesným digitálním modelem, jako je model SRTM. Pro naše účely je nutné využít digitální model terénu ACE30 (Altimeter Corrected Elevations).

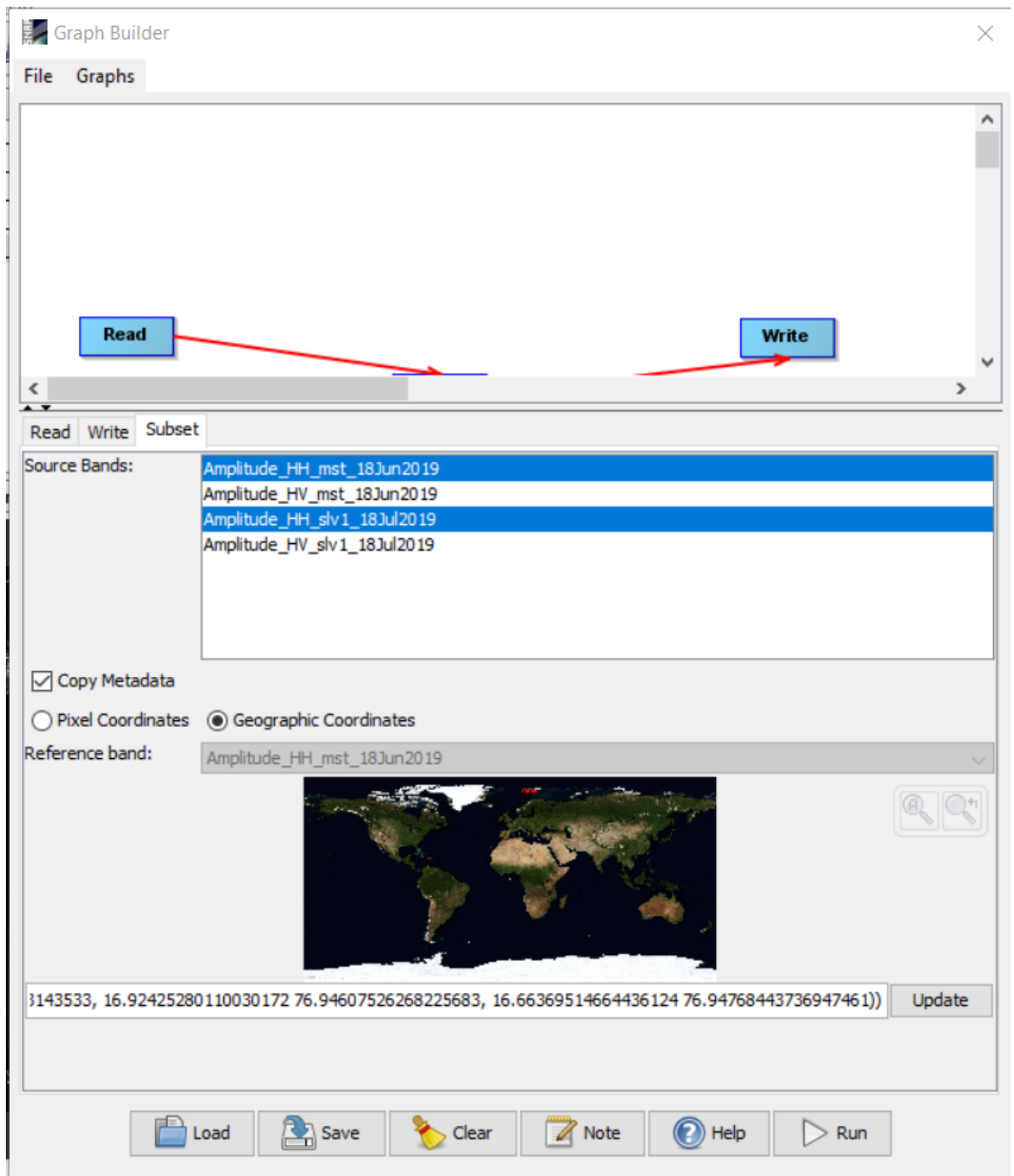


6. Vytvoření subsetu. K vytvoření subsetu využijeme Graph Builder. Vstupem bude snímek po koregistraci.

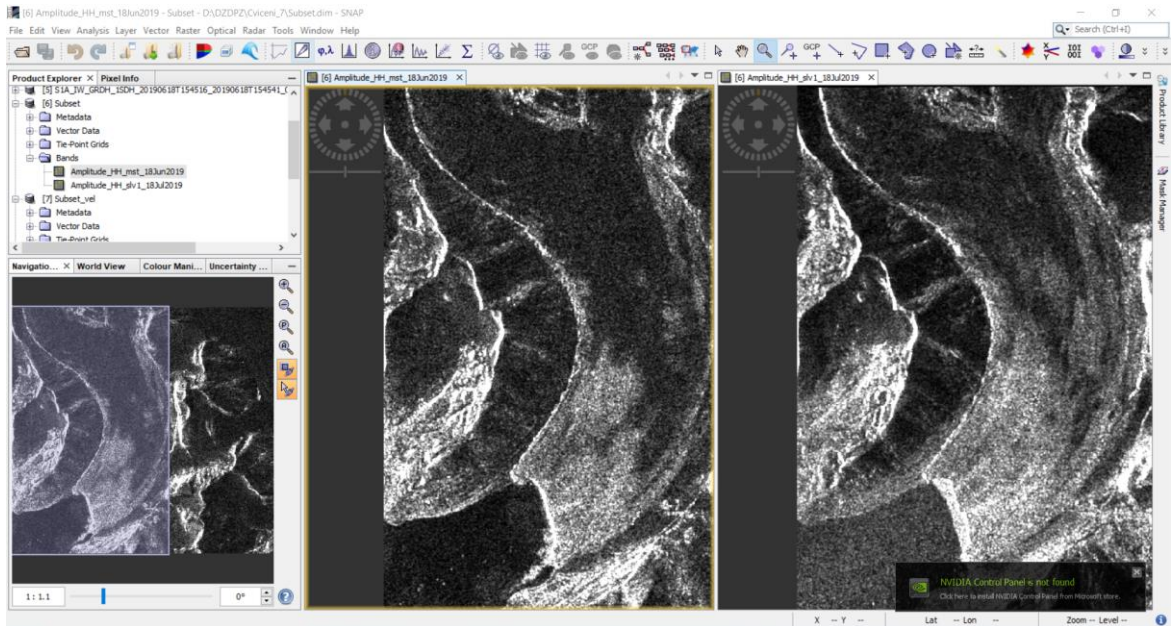


7. Vybereme pouze pásma s polarizací HH a definujeme polygon dle následujících souřadnic:

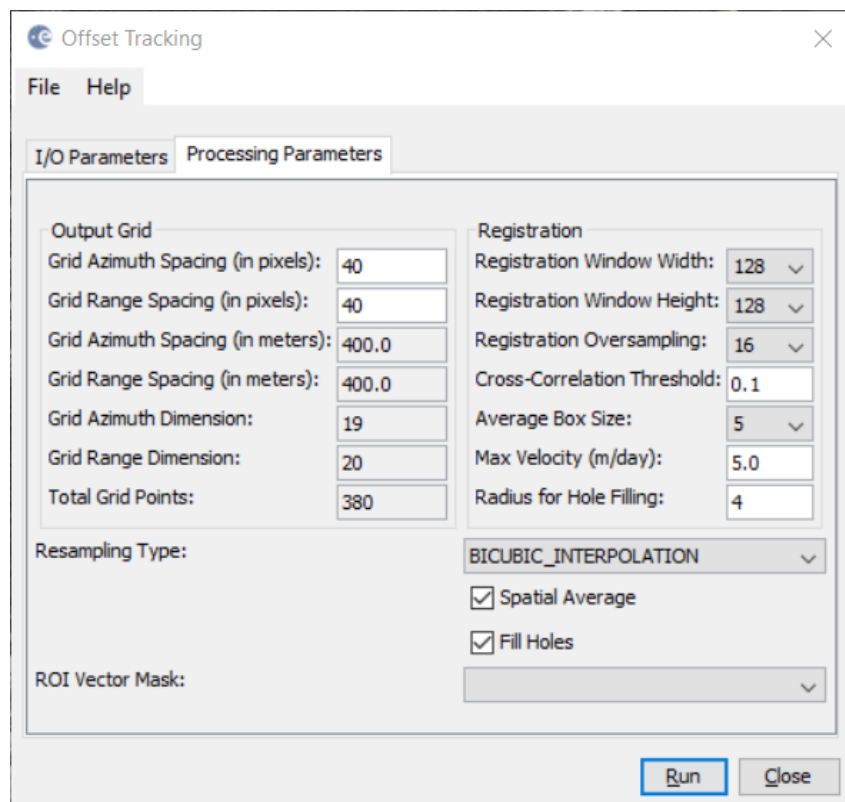
```
POLYGON((16.66369514664436124 76.94768443736947461, 16.65747713502926075  
77.00445084956659514, 16.92312075074693922 77.00161405403143533, 16.92425280110030172  
76.94607526268225683, 16.66369514664436124 76.94768443736947461))
```



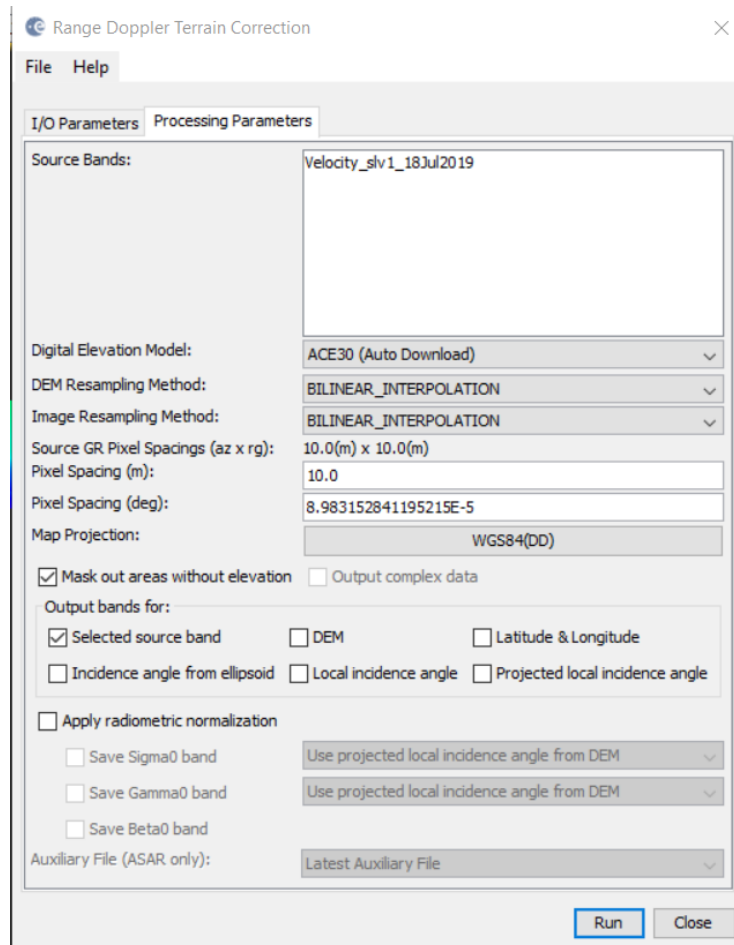
8. Výsledkem je oblast, kde došlo k největším pohybům v daném období.



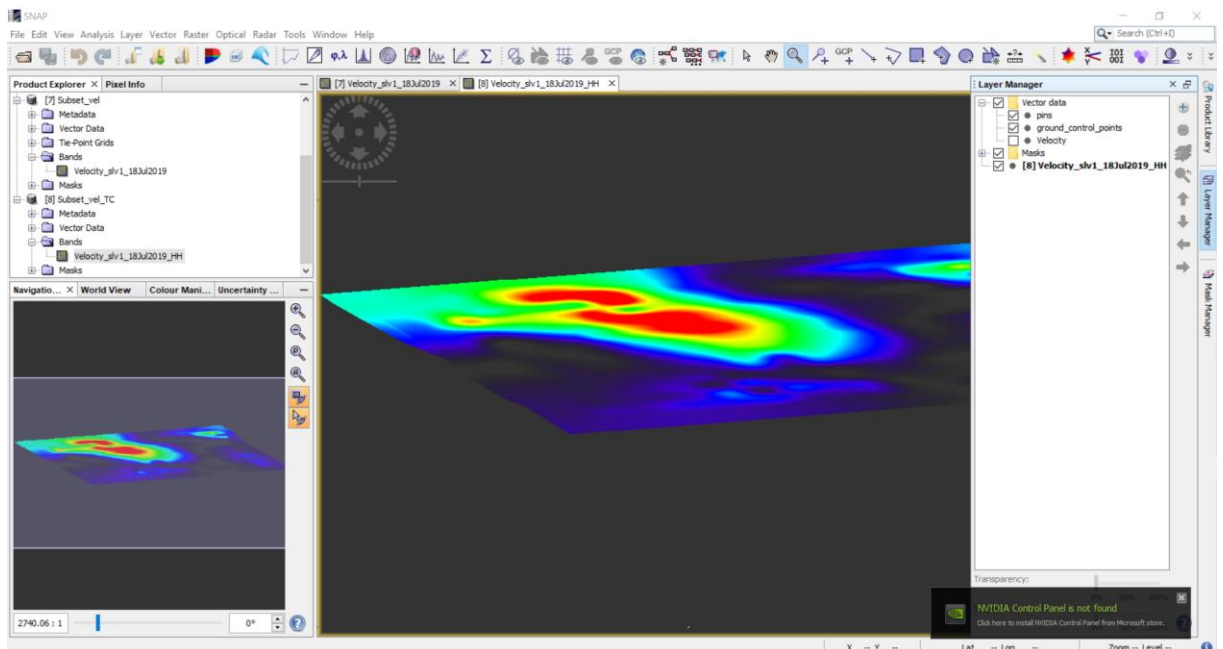
9. Ve SNAP existuje speciální nástroj, který se využívá pro sledování rychlosti pohybu mezi dvěma radarovými snímky na základě tzv. ground control points v registrovaných obrazech (master a slave). Jedná se o nástroj v menu **Radar – SAR Applications – Offset Tracking**.



10. Posledním krokem jsou terénní korekce pomocí funkce **Range-Doppler terrain correction**. Terénní korekce jsou určeny jako ke kompenzaci zkreslení, které nastaly v důsledku snímání povrchu. Obrazová data nejsou pořízena v nadiru. Po použití terénních korekcí dojde ke kompenzaci těchto zkreslení a výsledný obraz, tak bude nejlépe poloze reálného snímaného povrchu.



11. Výsledný snímek po terénních korekcích.



12. Takto vytvořený snímek je možné vyexportovat do formátu KMZ a otevřít v prostředí Google Earth, kde lze pak sledovat rychlost pohybu ledovce.

