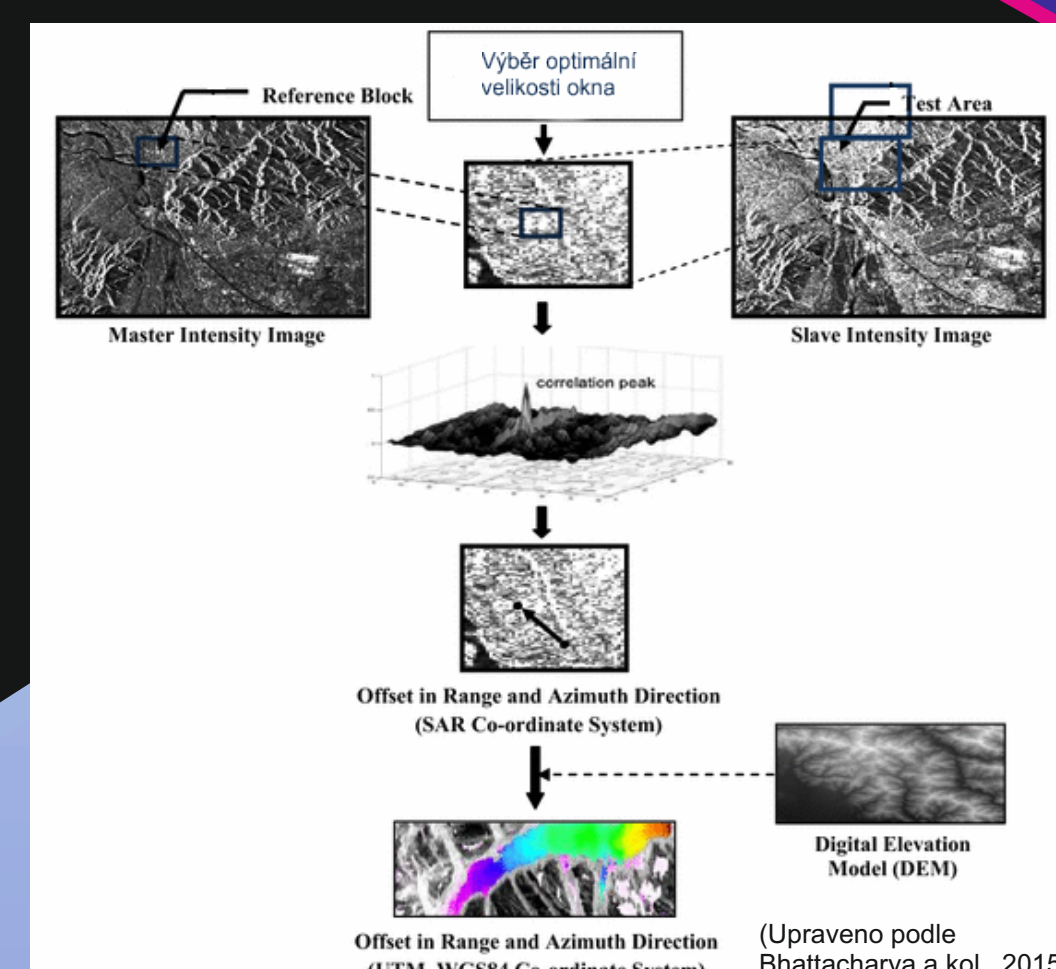


# Monitorování pohybu ledovců s využitím dat Sentinel-1

Offset tracking

## Sentinel-1

DInSAR

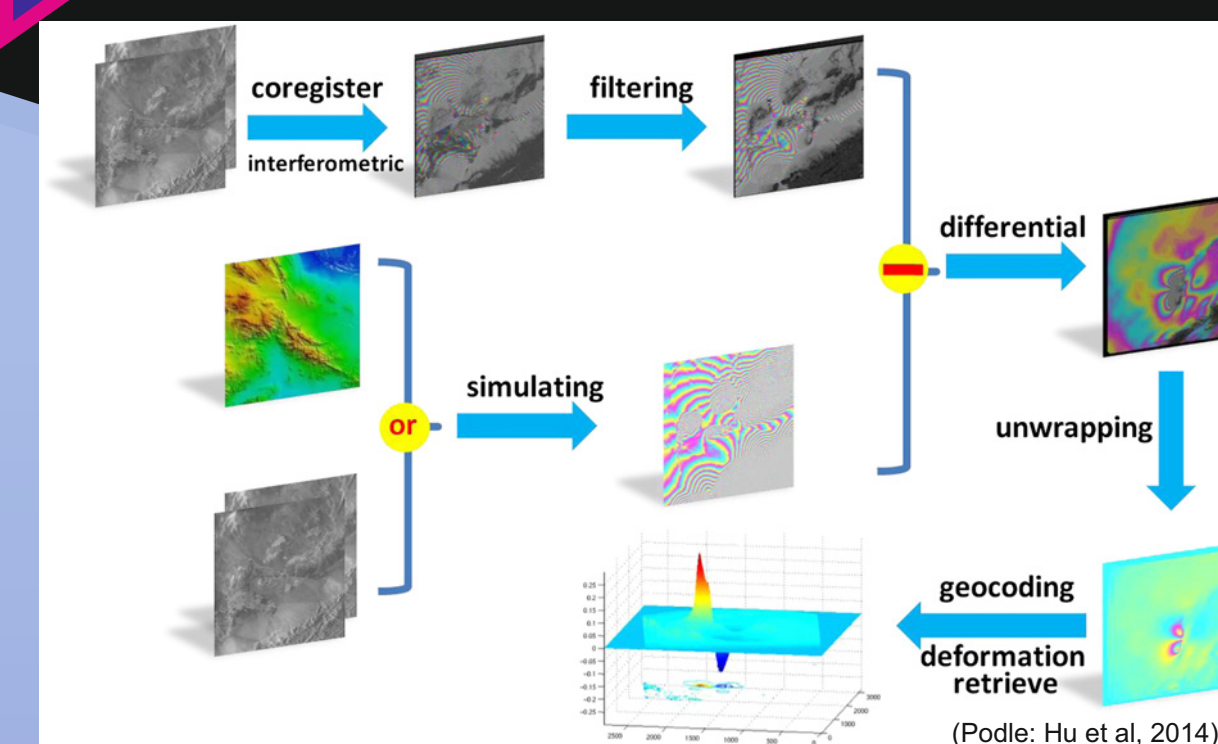


= též „Feature tracking“ či „Intensity tracking“

Metoda je založena na normalizované křížové korelaci plošek na radarových snímcích zobrazujících reálnou intenzitu zpětně odraženého radarového signálu.



**Diferenční interferometrie (DInSAR)** je technika, která využívá rozdíl fáze radarového signálu mezi dvěma pořízenými dat. Využívá se zejména pro generování digitálního modelu terénu a pro sledování vertikálního posunu reliéfu.



Postup zpracování dat při technice DInSAR

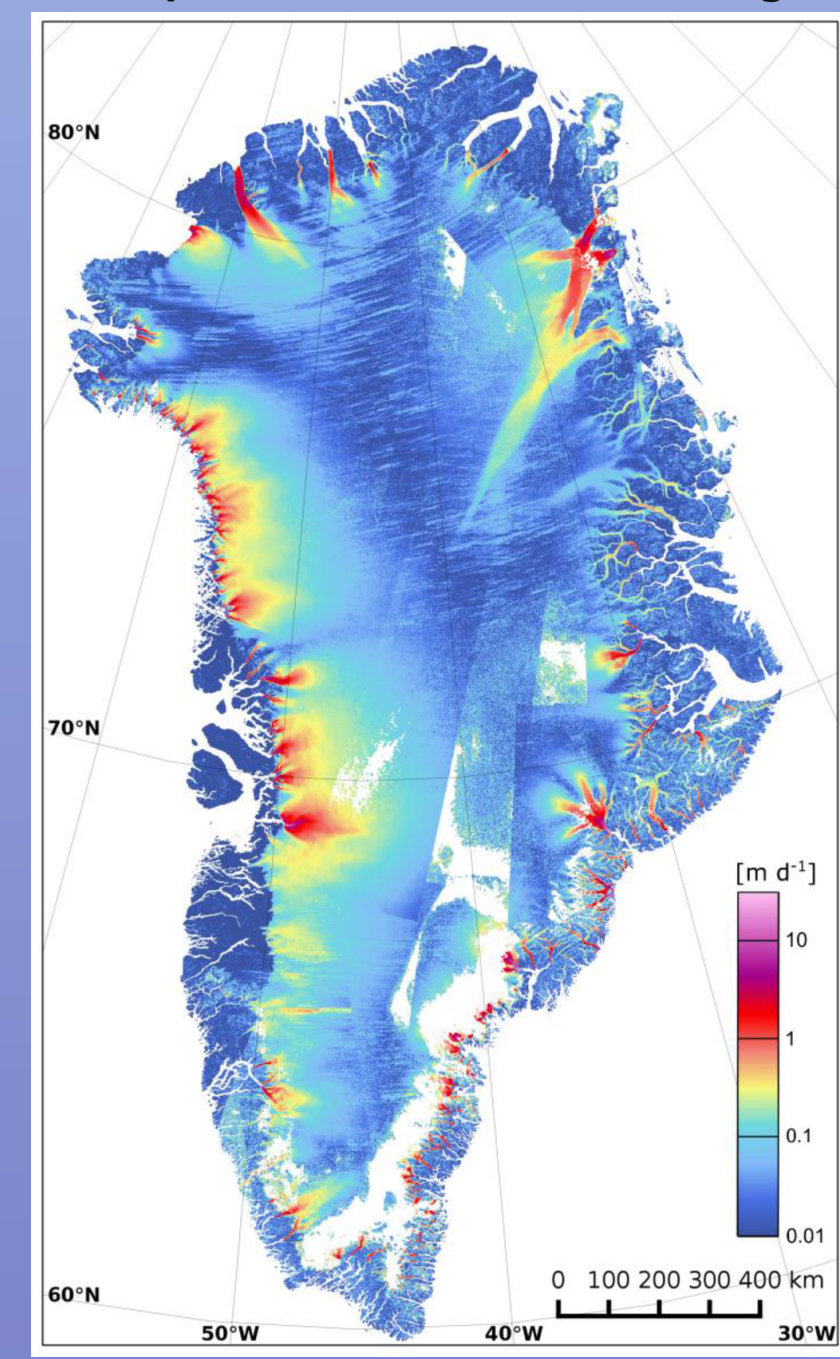
Interferometrická fáze v sobě nese informaci nejen o topografii a případném posunu reliéfu, ale obsahuje i příspěvek způsobený zakřivením Země, příspěvek atmosféry a šum.

Zatímco topografii a zakřivení Země lze namodelovat a od celkové fáze odečíst, při konvenčním dvousnímkovém zpracování nelze vypočítat příspěvek atmosféry. To je možné až při použití multitemporálních metod.

Kritickým parametrem interferometrie je tzv. **koherence** (lze volně chápat jako kvalitu snímání fáze). Pokud data nejsou v daném místě koherentní, tato metoda nelze použít. Ke ztrátě koherence dochází zejména kvůli geometrické a časové dekoherenci. Povrch ledovců se neustále mění a měnám na jejich povrchu. Přesto lze z vhodného páru dat dojít k použitelným výsledkům.

Výběr interferometrického páru dat se provádí na základě několika parametrů, jeden z nich je již zmíněné časové rozlišení, dále kolmá vzdálenost mezi orbitami jednotlivých snímků (tzv. Perpendicular baseline). U dat Sentinel-1 pro interferometrii by neměla přesáhnout 200 m.

Postup zpracování dat při technice Offset tracking



Ukázka metody Offset tracking na příkladu Grónska

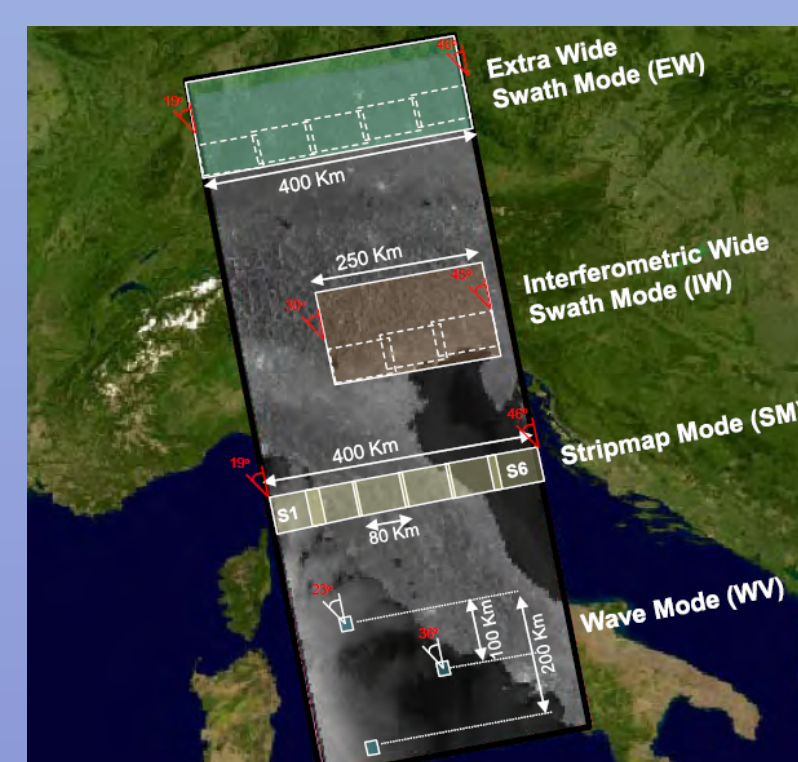
Pohyb ledovce je odhadován z pohybu určitých struktur či vzorů, které jsou téměř identické na obou snímcích. Tyto charakteristické struktury musí ve velikosti testovaných plošek.

Pokud je zachována koherence, stačí i malé plošky pro dosažení mimořádné přesnosti. Tracking nekoherentních ploch je proveditelný, ale je potřeba použít větší korelační okna.

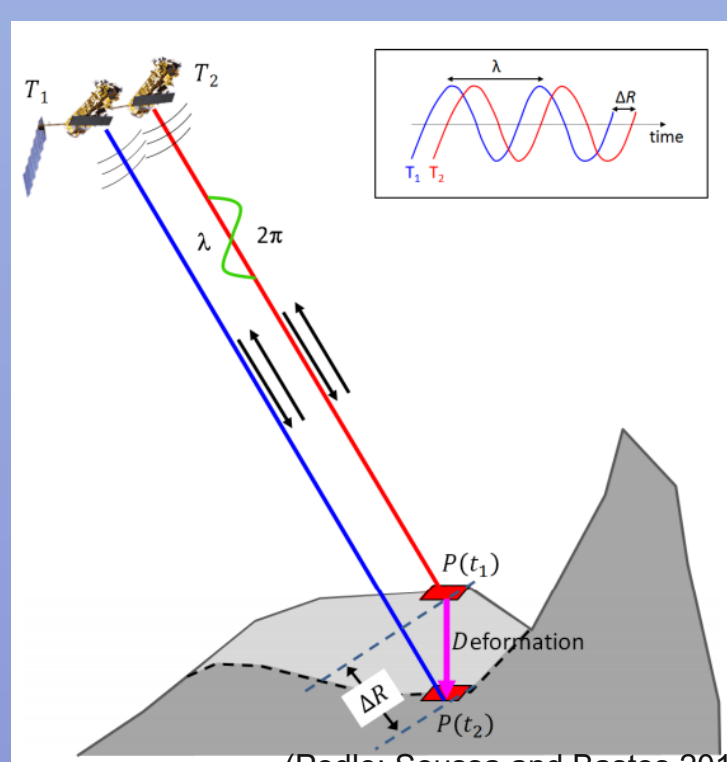
System Parameter	Value
Radar Carrier Frequency	5.905 GHz
RF Pulse Power	4.368 kW
Incidence Angle Range	28°-46°
Look direction	Right
Antenna Length	12.3 m
Azimuth Beam Width	0.23°
Azimuth Beam Steering Range	-0.9° to +0.9°
Antenna width	0.82 m
Elevation Beam Width	3.43°
Elevation Beam Steering Range	-13.0° to +12.3°
Maximum Range Bandwidth	160 MHz
Pulse Repetition Frequency (PRF) Range	1000 Hz - 3000 Hz
Polarization Options	Single (HH, VV)
	Dual (HH+HV, VV+VH)
	Zero Doppler Steering and Roll Steering
Altitude Steering	

Parametry družice Sentinel-1

Jednou z hlavních výhod dat z družice Sentinel-1 je jejich časové rozlišení, které může být jen 6 dní. Tento parametr je důležitý pro obě popisované metody, nicméně pro DInSAR ani tak krátký časový úsek nemusí být dost malý na to, aby nedocházelo k dekoherenci a ztrátě koherence dat.

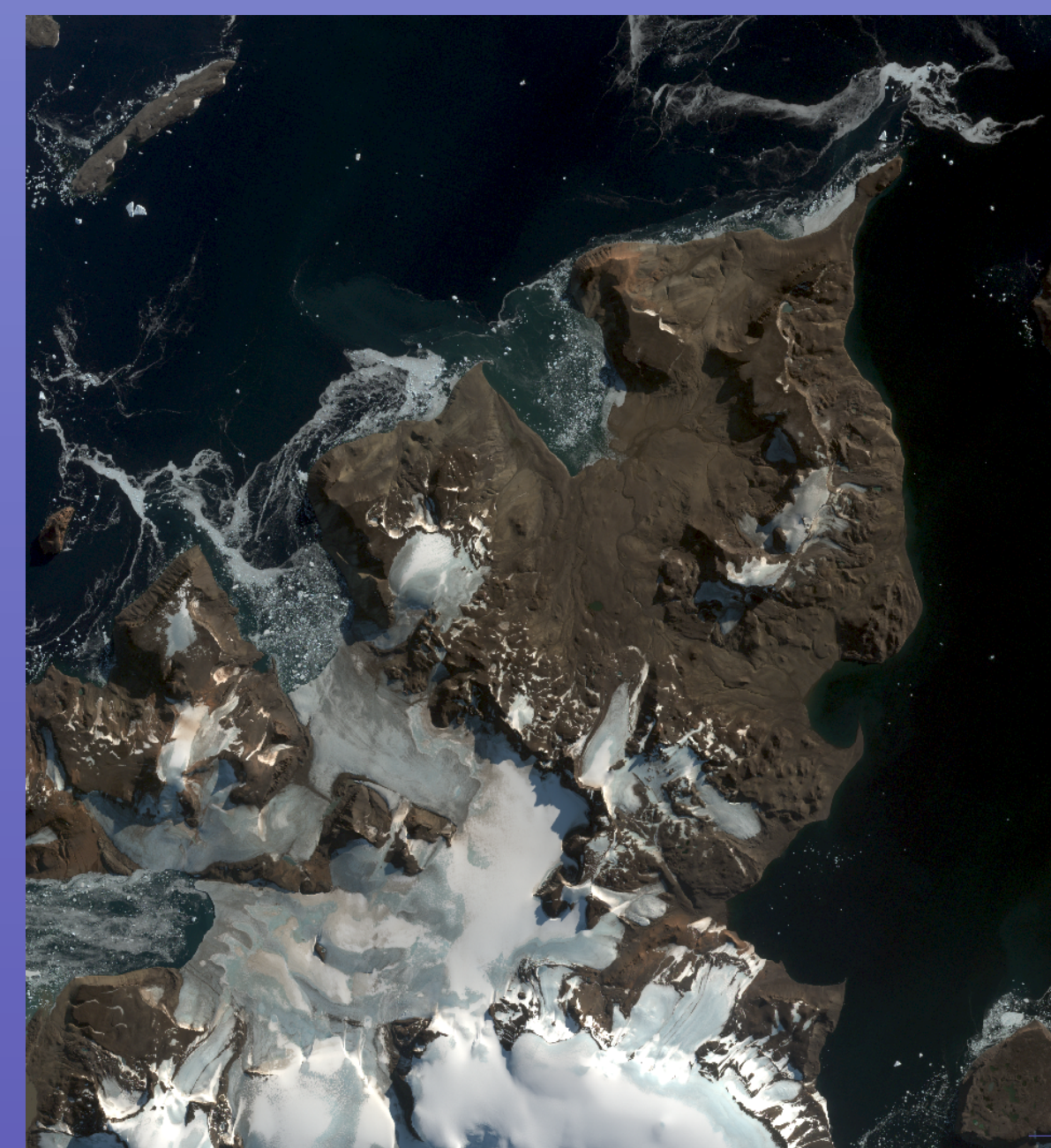


Úhel dopadu v jednotlivých módech snímání

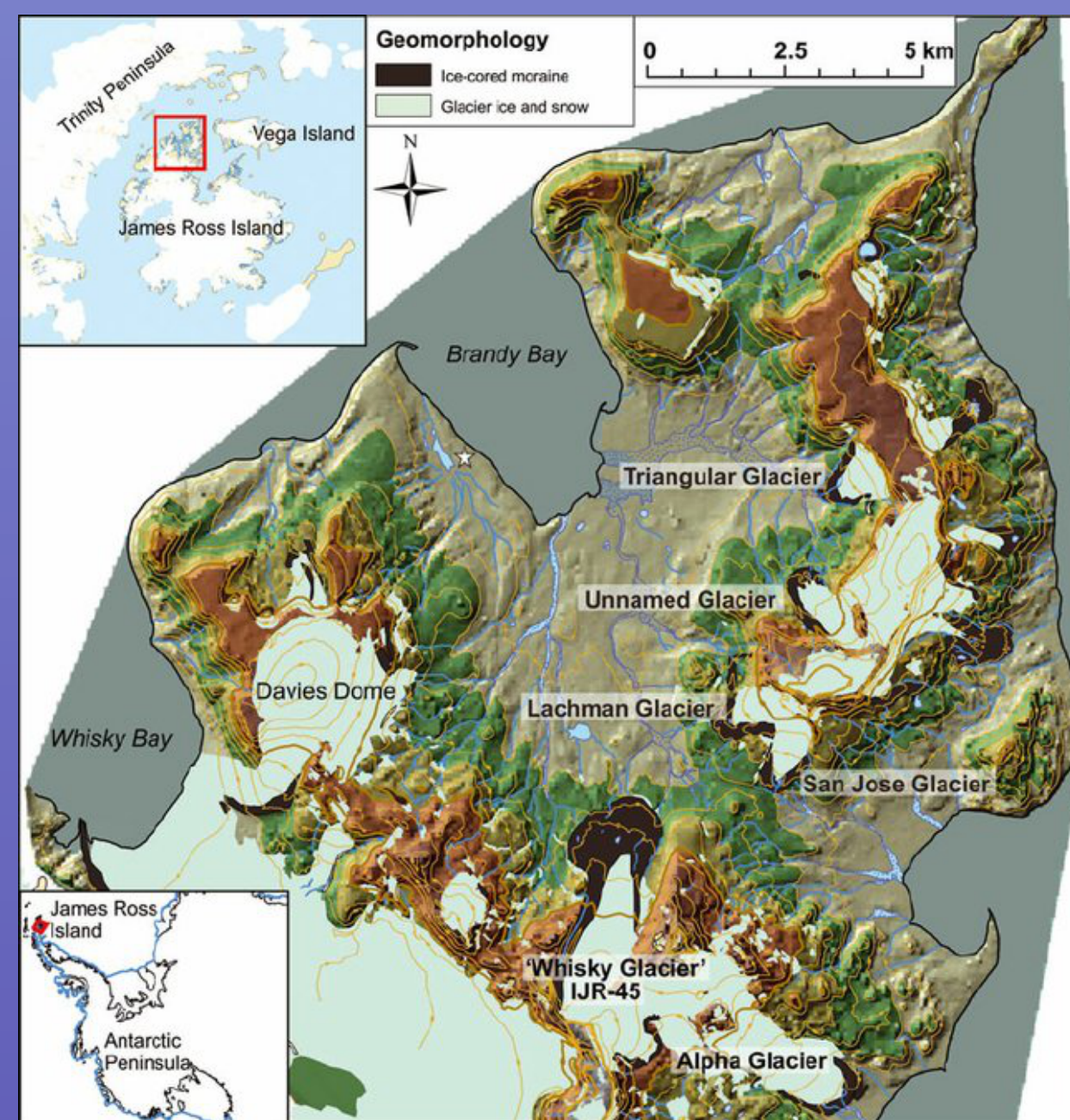


Závislost vertikálního posunu na rozdílu interferometrické fáze

## Aplikace uvedených metod na ostrově Jamese Rosse



Severní část ostrova Jamese Rosse na snímku družice Sentinel-2 (30. března 2017)



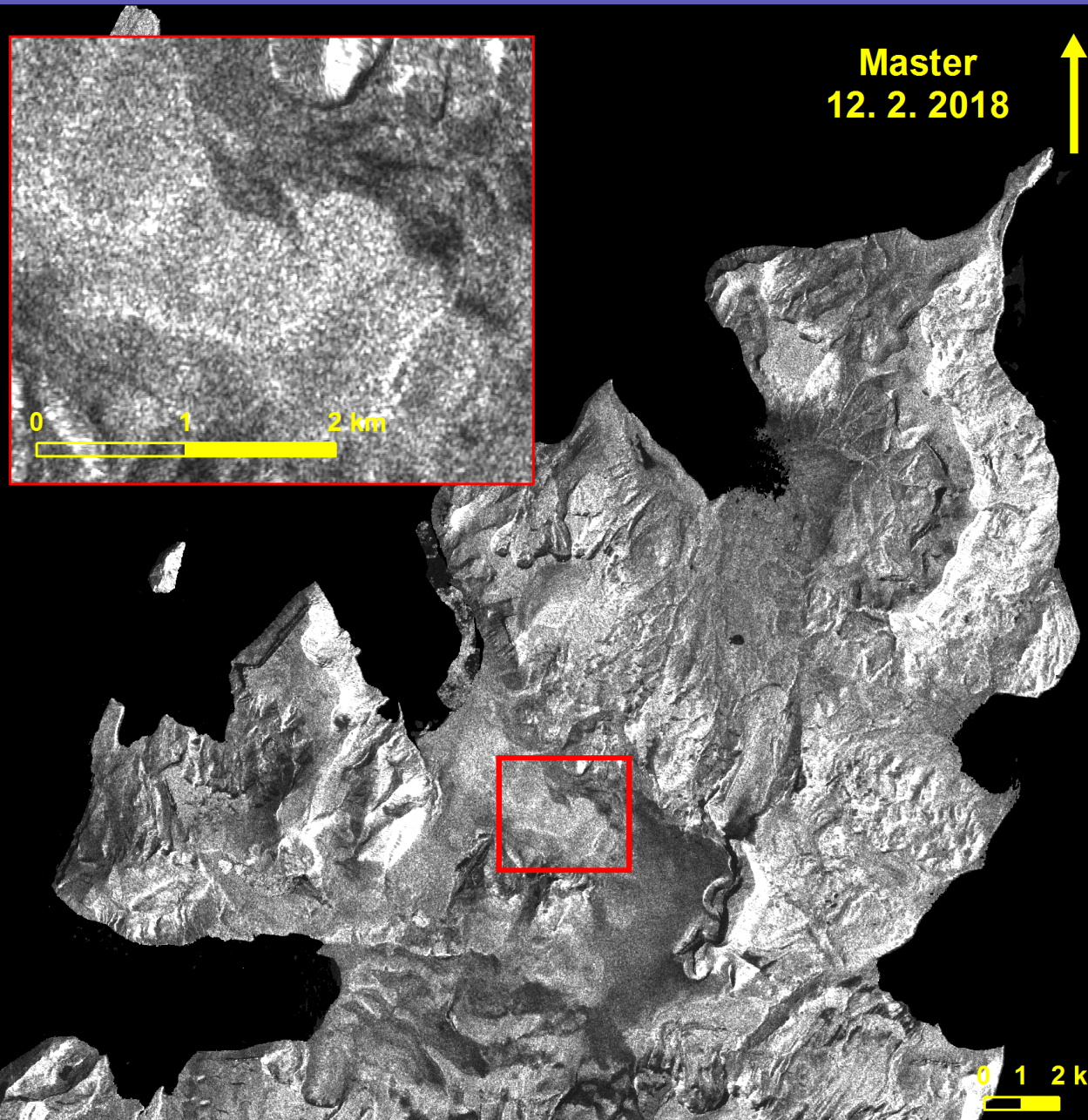
Topografická mapa severní části ostrova Jamese Rosse

Ostrov Jamese Rosse leží na severu Antarktického poloostrova. Díky poloze ve srážkovém stínu pohoří Trinity Peninsula mountains je zde minimum srážek a na ostrově se nachází velká nezaledněná území.

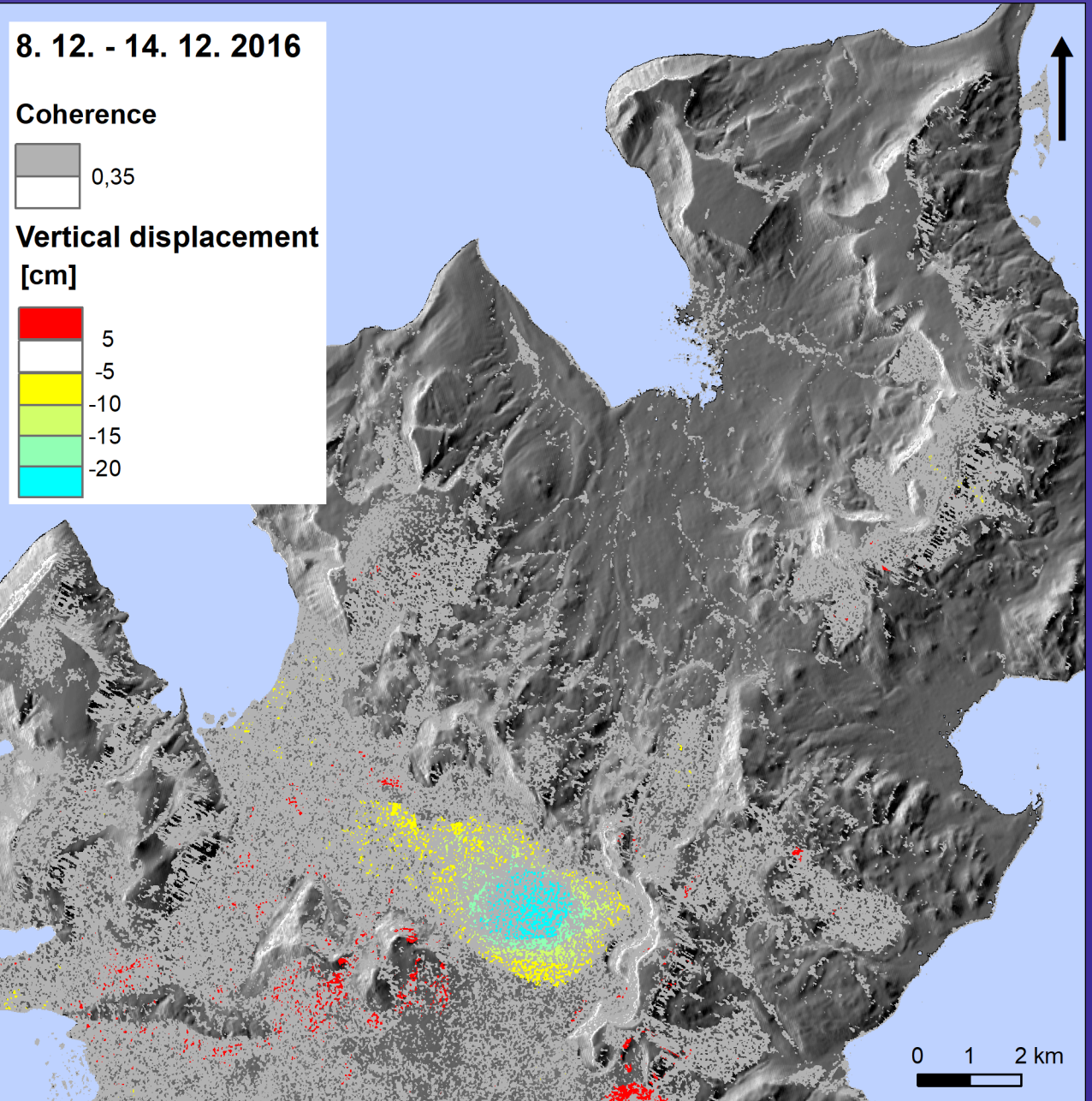
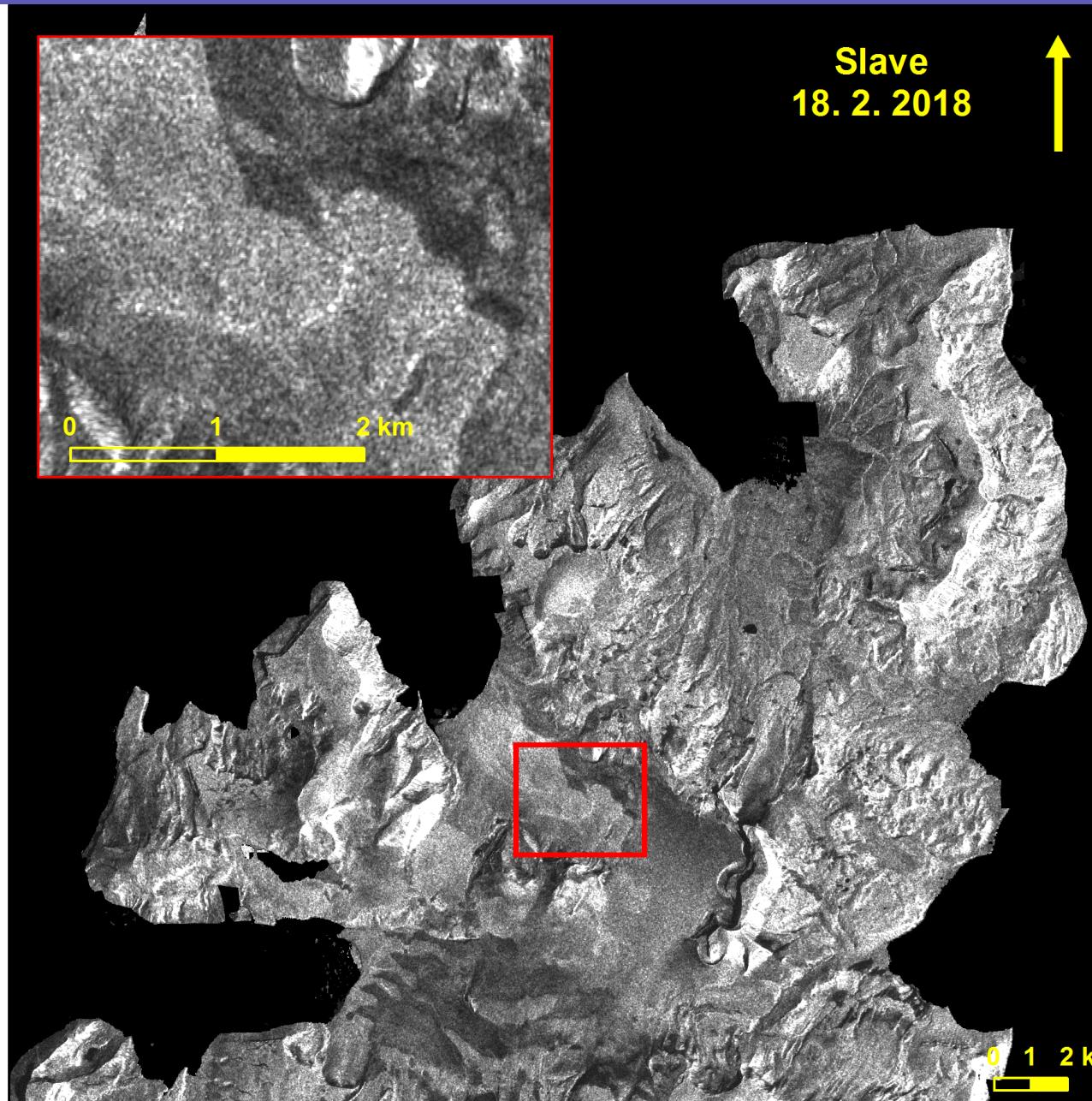
Severní část ostrova (poloostrov Ulu) je relativně přístupná a najdeme zde českou, Mendelovu stanici.

Na poloostrově Ulu najdeme několik plošně relativně malých ledovců (např. Davies Dome, Whisky glacier). Sledování jejich dynamiky poskytuje informaci o odpovědi zaledněných území na oteplování atmosféry a jsou tak citlivými indikátory případné změny klimatu.

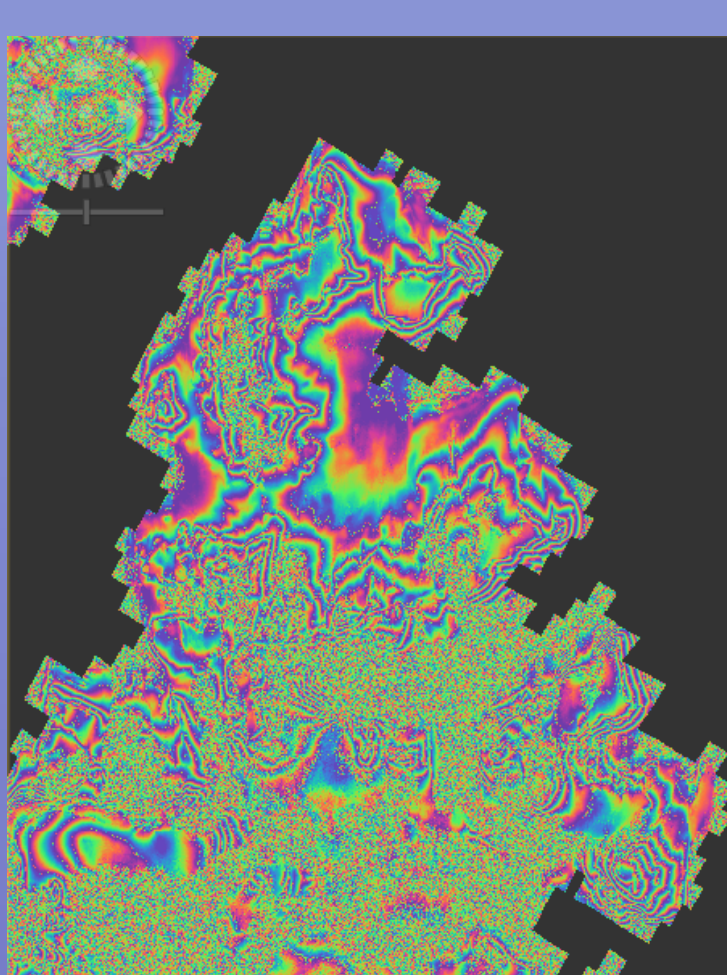
Území jsou na výše uvedených obrázcích zrcadlově otočená, protože jsou v geometrii Slant Range /po provedení úpravy multilooking/, nikoliv v geografických souřadnicích.



Master (vlevo) a Slave (vpravo) image zobrazující intenzitu odraženého radarového signálu družice Sentinel-1 na severní části ostrova Jamese Rosse

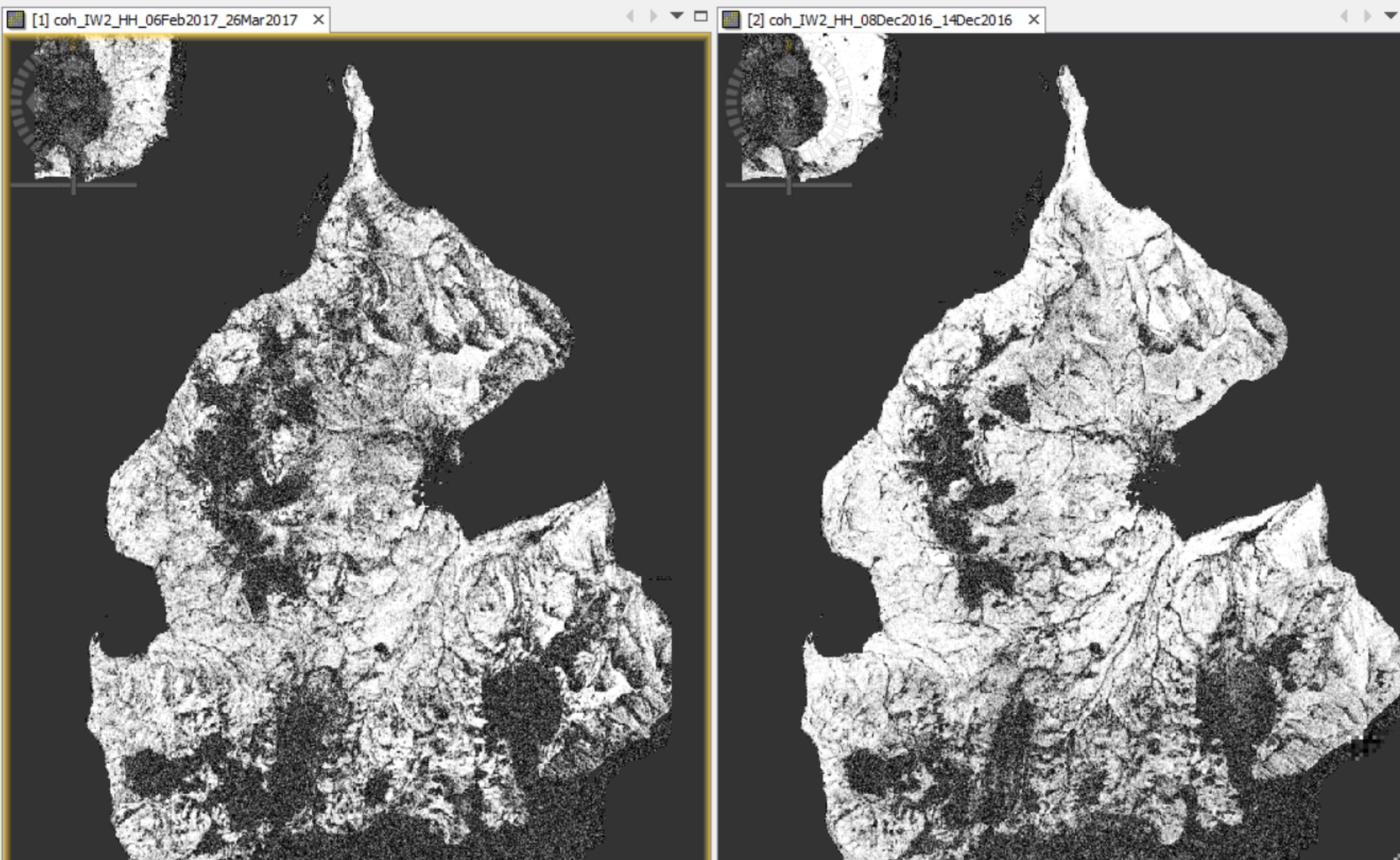


Výsledky metod sledování pohybu ledovců Offset tracking (vlevo) a DInSAR (vpravo) na severní části ostrova Jamese Rosse



Interferogram z páru radarových dat, 8. - 14. 12. 2016, před odstraněním topografické fáze.

Vlastnosti páru dat:  
Perpendicular baseline: 174 m  
Height Ambiguity 90 m  
Temporal baseline: 6 dní



Srovnání koherence páru radarových dat; 6. února - 26. března 2017 (48 dní) 8. - 14. prosince 2016 (6 dní)

### Hodnocení obou metod

Offset tracking	DInSAR
<b>Využívaný formát dat:</b>	
- GRD (Ground Range Detected) - amplituda SLC - optická data (např. panchromatická)	- SLC (Single Look Complex) (jen tento formát zachovává informaci o fázi)
<b>Velikost zpracovávaného území</b>	
- vhodné pro globální až regionální měřítko - použití na ledovcích lokálního rozsahu je použití metody diskutabilní (přesnost metody dosahuje v tomto měřítku velikosti detekovaných pohybů)	- použitelnost na lokální až regionální úrovni
<b>Přesnost metody</b>	
Jednotky až desítky centimetrů (1/10 pixelu)	V ideálním případě milimetry
<b>Úskalí</b>	
Pro obě metody je kritickým krokem zpracování tzv. <b>koregistrace</b> dat. Bez ní nelze provádět ani výpočet obrazové korelace ani vygenerovat interferogram. Během koregistrace dochází ke "ztožnění" datových sad tak, aby odpovídající si pixely byly ve stejné poloze. Koregistrace se provádí na základě přesných orbit za použití digitálního modelu terénu.	
<b>Odlišnosti v intenzitě odraženého signálu</b>	<b>Nízká koherence</b>
Mimořádná citlivost na vstupní parametry (velikost okna, stanovení přibližné rychlosti pohybu, apod.)	Velikost detekované deformace reliéfu nesmí být větší než 1/2 vlnové délky signálu, jinak je nepostihuje. V případě Sentinel-1 jde tedy o pohyby menší než 2,8 cm.
<b>Výsledek</b>	
Výsledkem je rychlost pohybu v horizontálním směru	Výstupem je posun reliéfu v tzv. LOS (line of sight) radaru, přepočtený na vertikální rozměr.