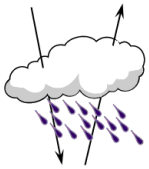
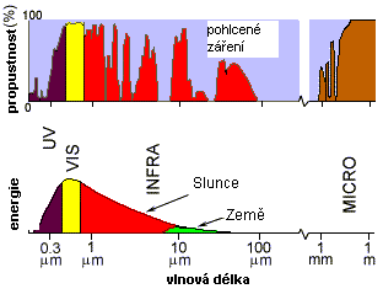
Dálkový průzkum země v mikrovlnné části spektra

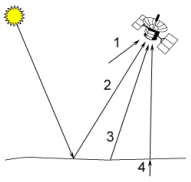
Fyzikální podstata

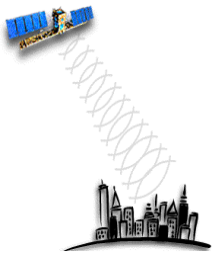




Základní způsoby snímání mikrovlnné části spektra

- Pasivní metody (mikrovlnný radiometr)
- Aktivní metody (RADAR)





Charakteristika

Mikrovlnné záření je schopné se šířit atmosférou téměř za jakýchkoliv podmínek

Může však procházet i do určité hloubky v sedimentech

Odrazové a vyzařovací schopnosti objektů na zemském povrchu jsou v oblasti mikrovln odlišné od těchto charakteristik v optické části spektra.

Odrazové vlastnosti povrchů jsou formovány především drsností a vodním obsahem.

Odrazové vlastnosti povrchů ovlivňují jejich dielektrické vlastnosti.

Typy RADARu – základní pojmy

RADAR - "radio detecting and ranging",

- Dopplerův RADAR
- PPI RADAR (meteorologický)
- RADAR zobrazující a nezobrazující

Radar s reálnou aperturou - SLAR (Side Looking Airborne RADAR).

Radar se syntetickou aperturou - SAR (Synthetic Aperture RADAR)

Boční RADAR

Nevojenské využití RADARu

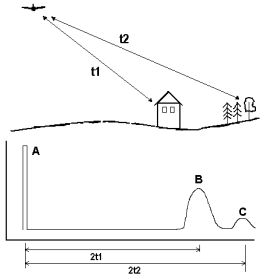
1967 - provincie Darien (Panama)

1971- Venezuela

1971-1976 - RADAM (Radar for the Amazon),

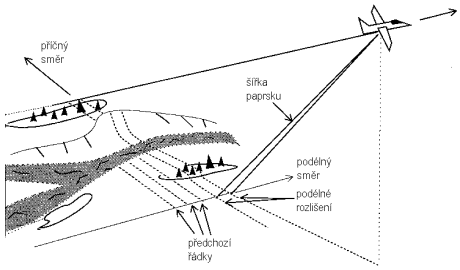
Radarových snímků vytvořených z letadel bylo použito k analýze geologických poměrů, k inventarizaci lesní dřevní hmoty, lokalizaci komunikací, vyhledávání minerálů, mapování sopečných tvarů a toků velkých řek.

Boční radar - SLAR

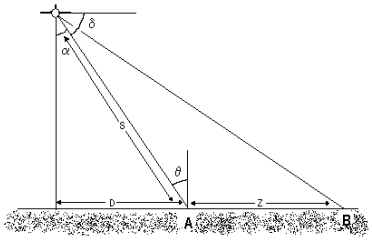


$$D_S = \frac{c \cdot t}{2}$$

Boční radar - SLAR

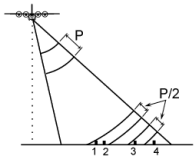


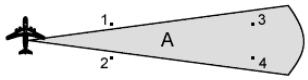
Geometrické vlastnosti radarových obrazových záznamů



A - oblast blízkého dosahu (near range), B - oblast vzdáleného dosahu (far range); α - úhel pohledu (look angle), δ - hloubkový úhel (depression angle), θ - úhel dopadu (incidence angle); S - šikmá vzdálenost (slant range), D - horizontální vzdálenost (ground range), Z - šířka záběru (swath)

Příčné prostorové rozlišení



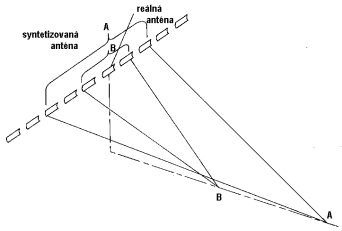


Podélné prostorové rozlišení

$$\beta = \frac{\lambda}{A}$$

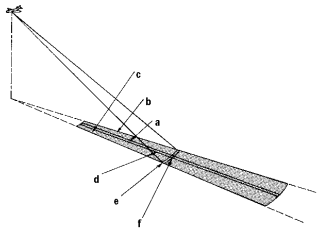
Vztah mezi šířkou paprsku (β), vlnovou délkou vyslaného signálu (λ) a délkou antény (A)

Radar se syntetickou anténou - SAR



Zaznamenaný signál je zpracován tak, jako by byl přijat anténou, jejíž délka je rovna dráze, kterou nosič urazil za dobu, po kterou byl snímaný objekt v jeho zorném poli.

Dopplerův efekt - posuv frekvencí

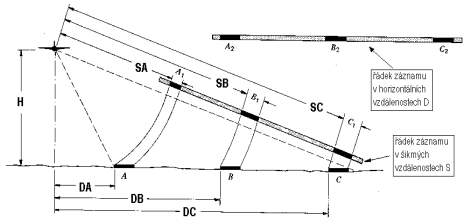


SAR zpracovává pouze střední část paprsku (a), ve které se neprojevuje Dopplerův efekt - nenastává posuv frekvencí. Tím se výrazně zlepšuje podélné prostorové rozlišení.

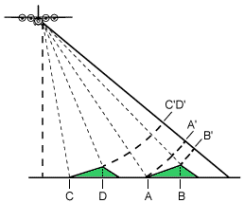
Geometrické charakteristiky radarových snímků

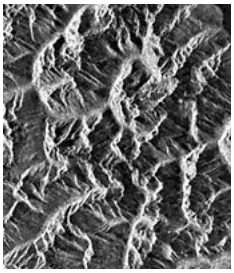
- **nejednotné měřítko**
- **poziční chyby v důsledku různých nadmořských výšek terénu**
- **efekt paralaxy**

Změny měřítka v příčném směru

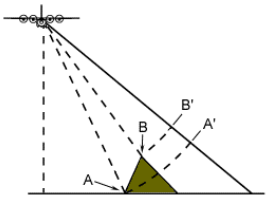


Poziční chyby v poloze objektů I - zhuštění signálu (foreshortening)

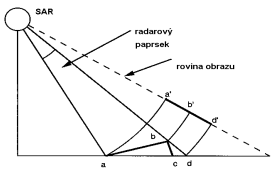




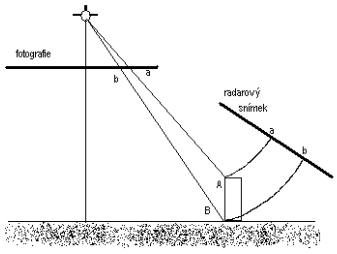
Poziční chyby v poloze objektů II - zpětný překryv (layover)



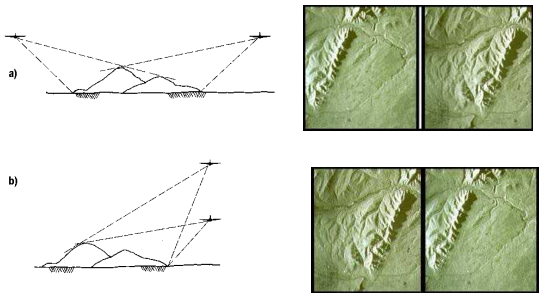
Poziční chyby v poloze objektů III - radarový stín (radar shadow)



Rozdíl v geometrii fotografie a radarového snímku



Vytváření stereoskopických dvojic z RADARu



Parametry ovlivňující vzhled radarových snímků

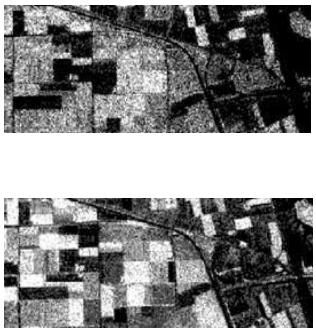
Parametry vnitřní

- **vlnová délka (frekvence) použitého mikrovlnného záření**
- **polarizace použitého záření**
- **úhel dopadu (úhel pohledu) radarového paprsku**
- **azimut dopadajícího radarového paprsku ve smyslu jeho orientace vzhledem ke snímanému objektu**

Parametry vnější

- **drsnost povrchu a lokální úhel dopadu**
- **vlhkostní poměry**
- **topografie**
- **dielektrické vlastnosti materiálů**

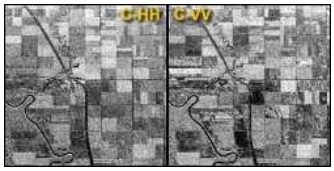
Vlnová délka záření (pásmo)

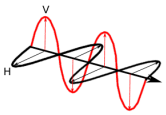


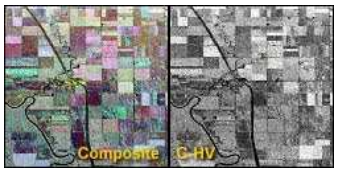
Pásmo	λ [cm]
Ka	0,75-1,1
K	1,1-1,67
Ku	1,67-2,4
X	2,4-3,75
C	3,75-7,5
S	7,5-15
L	15-30
P	30-100

S výjimkou radaru na raketoplánu jsou systémy jednopásmové

Polarizace signálu



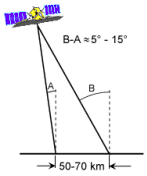


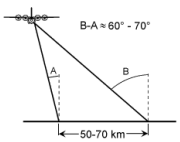


Depolarizace signálu je způsobena především odrazem z vrstvy vegetace

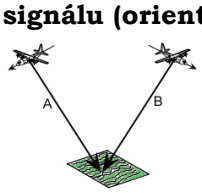
Úhel dopadu radarového signálu

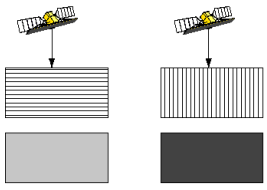
- **Ovlivňuje rozsah radarových stínů**
- **Malý úhel dopadu způsobuje intenzivní odraz od relativně hladkých povrchů**
- **Při velkém úhlu dopadu jsou hladké plochy naopak tmavé**
- **Velký úhel dopadu zdůrazňuje tvary snímaného reliéfu.**





Azimut dopadu radarového signálu (orientace)

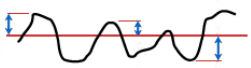




Vzájemná orientace dopadajícího radarového paprsku a snímaného objektu má výrazný vliv na vzhled výsledného snímku

Objekty uspořádané do linií kolmých k dopadajícímu paprsku (A) dávají daleko silnější odraz, než objekty v liniích orientovaných rovnoběžně s dopadajícím paprskem (B) – ulice, polní plodiny, …

Drsnost povrchu



Hladký povrch: $h < \frac{\lambda}{8 \cdot \cos\theta}$

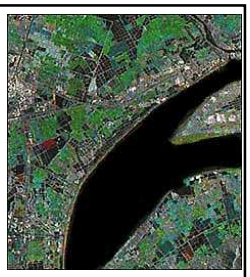
Drsný povrch: $h > \frac{\lambda}{8 \cdot \cos\theta}$

h - průměrná výška nerovností povrchu

λ - vlnová délka radarového signálu

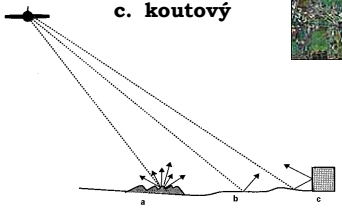
θ - úhel dopadu

Drsnost povrchu

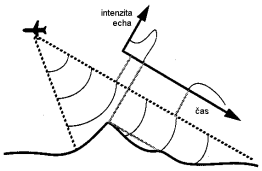


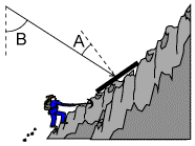
Základní druhy odrazů:

a. **difuzní**
b. **zrcadlový**
c. **koutový**



Topografie a lokální úhel dopadu radarového signálu





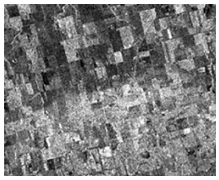
Elektrické vlastnosti objektů

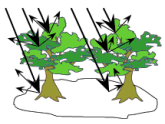
Vysoké hodnoty dielektrické konstanty způsobují vysoké hodnoty zaznamenaného odraženého signálu (kovové konstrukce)

Povrchy s vysokým vodním obsahem vykazují zvýšenou vodivost

Přítomnost vody v půdě nebo ve vegetaci zvyšuje odraz radarového signálu.

Radarový signál vegetace





- **pro zjišťování vegetace jsou výhodné krátké vlnové délky kolem 2 až 6 cm,**
- **vzhled ploch s vegetací na radarových snímcích ovlivňuje dále především vodní obsah**
- **vegetace způsobuje depolarizaci signálu**

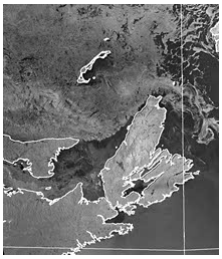
Radarový signál vody a ledu

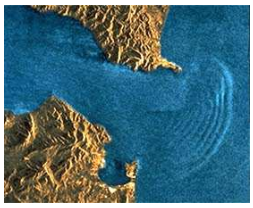
Hladké vodní plochy způsobují zrcadlový odraz (možnost monitorování rozsahu ropných skvrn)

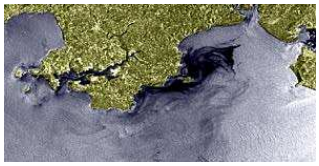
Zvlněná vodní hladina působí difuzní odraz (možnost nepřímého určování směru a rychlosti větru)

Radarový signál ledu závisí na dielektrické konstantě (lze rozpoznat tající led), dále také na stáří ledu (starý led se jeví jako drsný a působí difuzní odraz)

Radarový signál vody a ledu







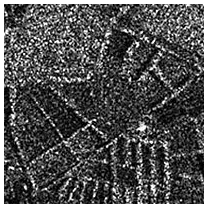
Radarový signál půdy

Na radarových snímcích lze zjišťovat především přítomnost vody v horní několikacentimetrové vrstvě půdy.

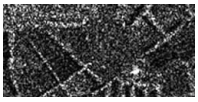
Půdní vlhkost je zvláště zřetelná v delších vlnových délkách a zabraňuje pronikat radarovému signálu do větších hloubek.

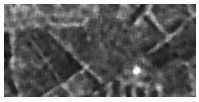
V extrémně suché půdě může radarový signál v pásmu L pronikat až do hloubky několika metrů.

Textura radarových snímků



„Speckle“ výrazná zrnitá textura - textura "soli a pepře".





Radarové systémy

- **letadlové systémy (Convair-580 C/X SAR, AirSAR, IFSARE, TOPSAR) – v současné době určeny především pro mapování výšek a tvorbu DMT**
- **družicové systémy – topografické i tematické mapování i výšková měření**

1978 - SEASAT

1981 SIR-A, 1984 SIR-B, 1994 SIR C/X

(SIR - Shuttle Imaging Radar)

1991 - ALMAZ-1, ERS-1, JERS-1

1995 - RADARSAT

Vybrané oblasti aplikací

- **monitorování průběhu a rozsahu povodní**
- **identifikace ledu**
- **výzkum pobřežních zón**
- **mapování druhů povrchů**
- **monitorování jevů v lesnictví a zemědělství**
- **námořní navigační systémy**
- **identifikace ropných skvrn**
- **mapování prostorového rozšíření sněhové pokrývky**
- **měření půdní vlhkosti**
- **výzkum vlnění**

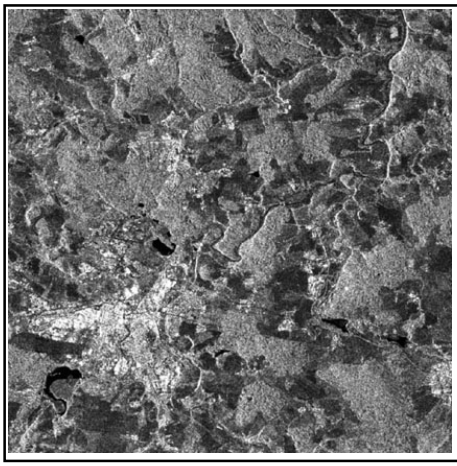
ERS

Subpolární dráha, výška letu 785 km, časové rozlišení 16 až 18 dní.

Nese tři základní instrumenty: 1) tzv. AMI (Active Microwave Instrument) - SAR pracující v C pásmu, 2) Radarový altimetr (výškoměr) pracující v Ku pásmu, 3) podélně skenující infračervený radiometr.

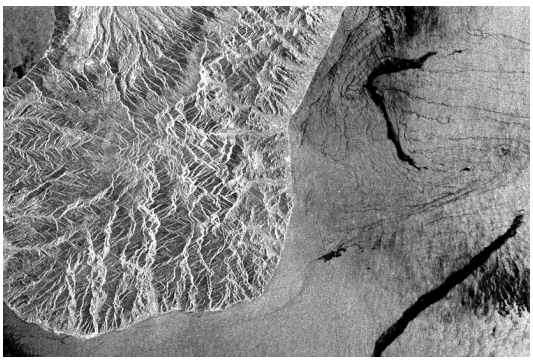
V režimu IMAGE pořizuje obrazový záznam z pásu širokého 100 km s rozlišením zhruba 30 m, s VV polarizací a se středním obrazovým úhlem 23 stupňů. V režimu WAVE instrument měří odrazivost od povrchu oceánu ovlivněnou vlněním. V neobrazovém režimu WIND jsou měřeny směr a rychlost větru při hladině moře.

Snímky dobře znázorňují i málo členitý reliéf, vodní plochy, dobře identifikovatelné jsou také ropné skvrny na mořské hladině.



ERS- 1

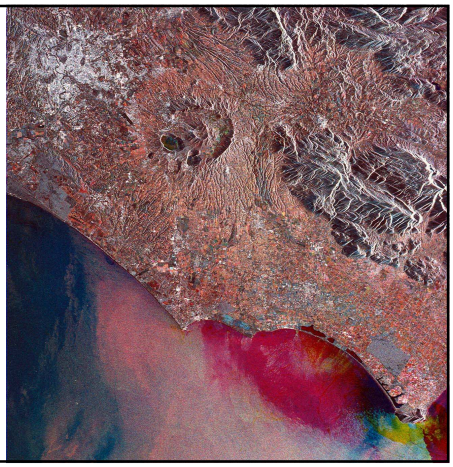
ERS - 2



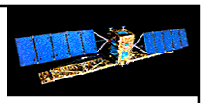
ERS – 2

detekce změn

multitemporální snímek



RADARSAT



Subpolární oběžná dráha, průměrná výška 798 km, inklinace 98,6 stupňů

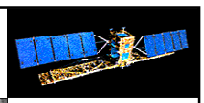
Může pořizovat obrazové záznamy polárních oblastí denně a záznamy oblastí mírných šířek každé tři dny.

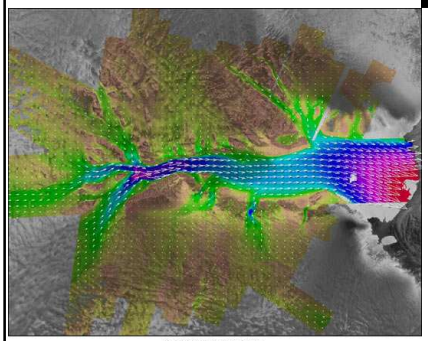
Nese SAR pracující v C pásmu (5,6 cm) s HH polarizací.

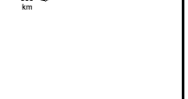
Systém může pracovat v několika režimech s různou šířkou záběru (od 45 do 510 km), s různým obrazovým úhlem (10 až 60 stupňů) a různou prostorovou rozlišovací schopností. (od cca 10 metrů). Může vytvářet stereoskopické dvojice.

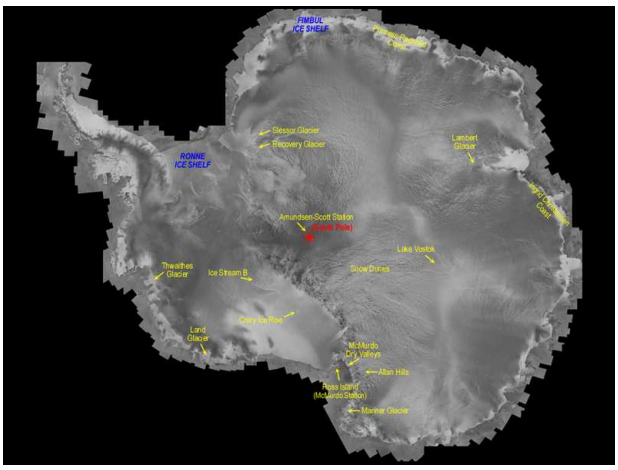
Aplikace: identifikace ledu, mapování druhů povrchů (land cover), monitorování nebezpečných jevů (povodně), lesnictví a zemědělství.

RADARSAT

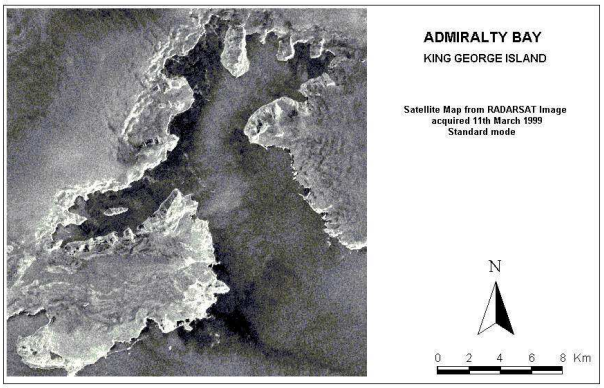








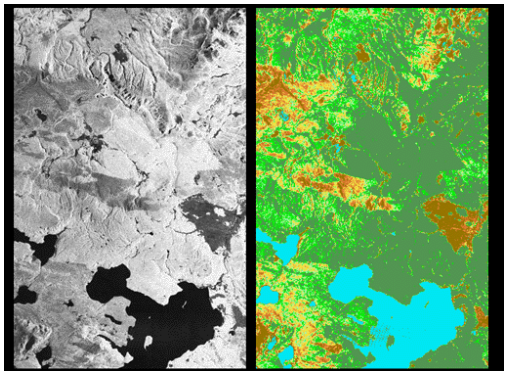
Mapování polárních oblastí



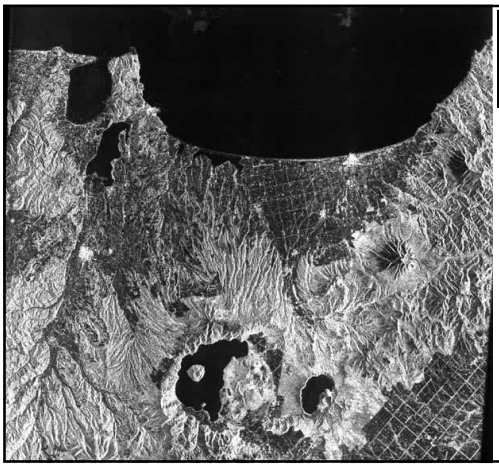
SIR C/X – Radarové snímky z raketoplánu

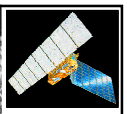
- **SIR - Shuttle Imaging Radar**
- **Systém pracující v L pásmu (23,5 cm) a v C pásmu (5,7 cm) s různě polarizovaným signálem.**
- **Snímky s podélným rozlišením 25 metrů a příčným rozlišením 14 až 46 metrů v závislosti na úhlu dopadu signálu.**

SIR C/X – Radarové snímky z raketoplánu



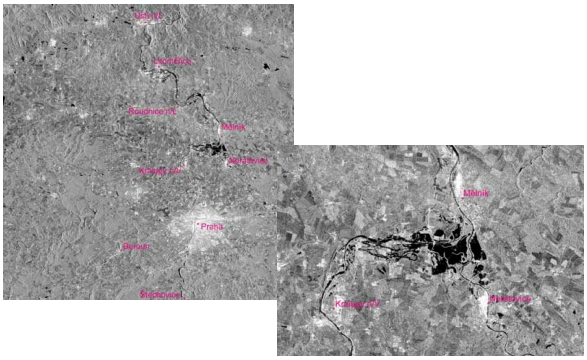
Mapování ploch postižených požáry lesa





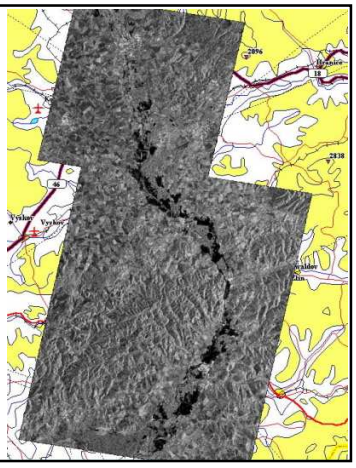
JERS - 1

Mapování rozsahu povodní



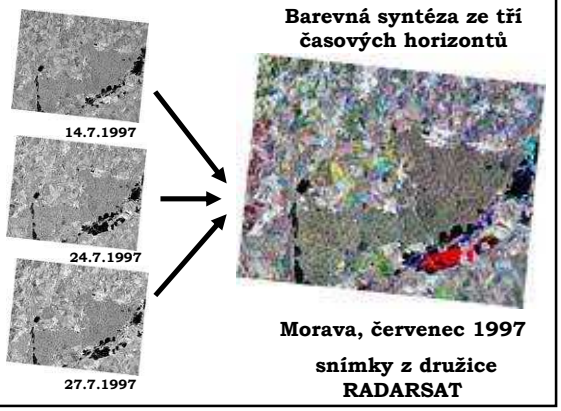
Mělník, 17.8. 2002

Mapování rozsahu povodní

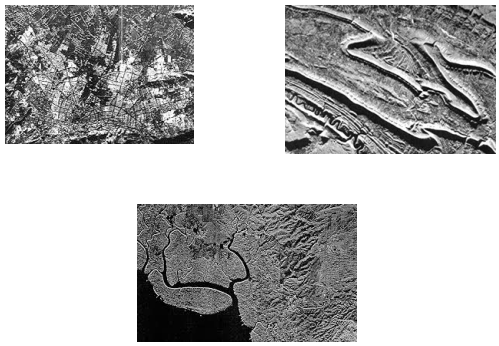


Střední tok řeky Moravy, 14.7.1997

Mapování rozsahu povodní



Barevná syntéza ze tří časových horizontů

Morava, červenec 1997

snímky z družice RADARSAT