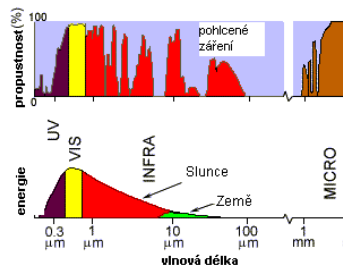


## Dálkový průzkum země v mikrovlnné části spektra

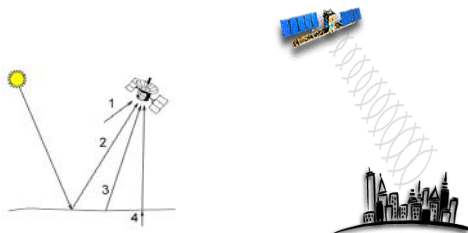


## Fyzikální podstata



## 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

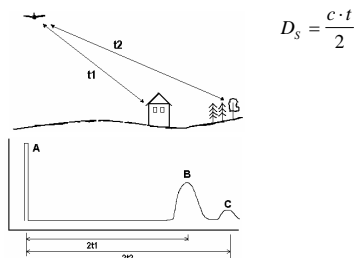
1967 - provincie Darien (Panama)

1971- Venezuela

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

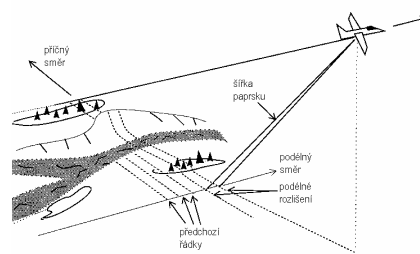
Radarových snímků vytvořených z letadel bylo použito k analýze geologických poměrů, k inventarizaci lesní dřevní hmoty, lokalizaci komunikací, vyhledávání minerálů, mapování sopečných tvarů a toků velkých řek.

### Boční radar - SLAR

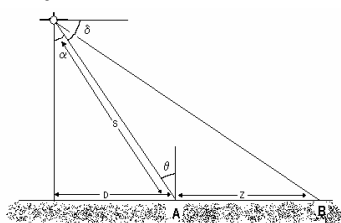


$$D_s = \frac{c \cdot t}{2}$$

### Boční radar - SLAR

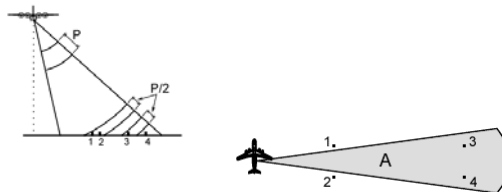


### Geometrické vlastnosti radarových obrazových záznamů



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

### Příčné prostorové rozlišení

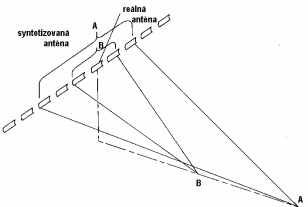


### Podélné prostorové rozlišení

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

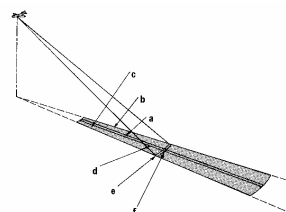
Vztah mezi šířkou paprsku ( $\beta$ ), vlnovou délkou vyslaného signálu ( $\lambda$ ) a délkou antény (A)

### 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 snímán objekt v jeho zorném poli.

### Dopplerův efekt - posuv frekvencí

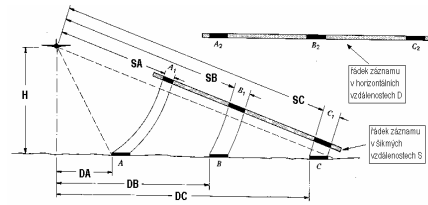


SAR zpracovává pouze střední část paprsku (a), ve které se neprojevuje Dopplerův efekt - nenastává posuv frekvencí. Tím se výrazně zlepšuje podélné prostorové rozlišení.

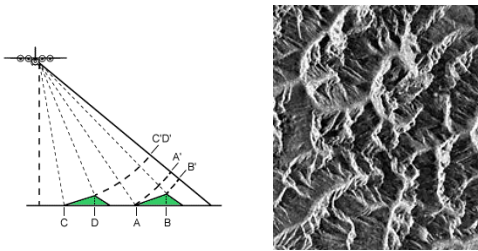
### Geometrické charakteristiky radarových snímků

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

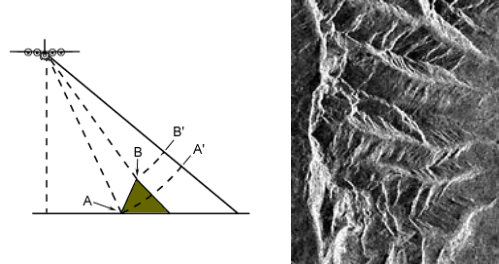
### Změny měřítka v příčném směru



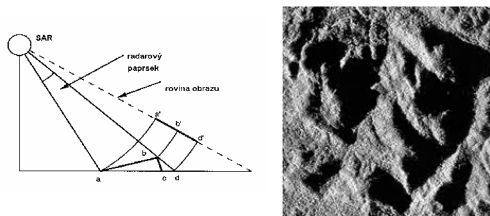
### Poziční chyby v poloze objektů I - zhuštění signálu (foreshortening)



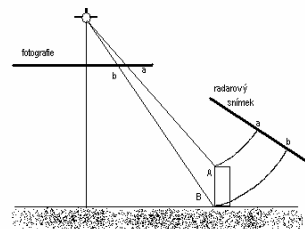
### Poziční chyby v poloze objektů II - zpětný překryv (layover)



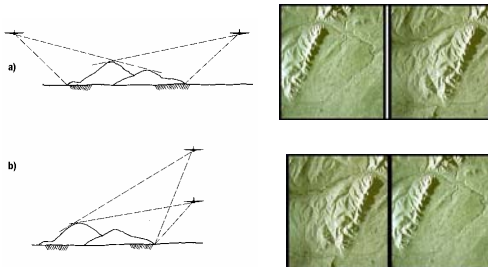
### Poziční chyby v poloze objektů III - radarový stín (radar shadow)



### Rozdíl v geometrii fotografie a radarového snímek



## Vytváření stereoskopických dvojic z RADARu



## Parametry ovlivňující vzhled radarových snímků

### Parametry vnější

- 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 vnitřní

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

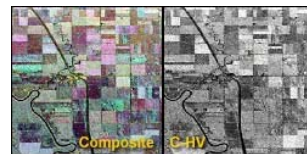
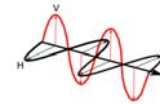
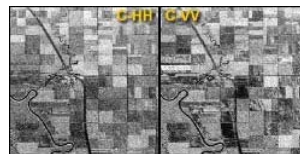
## Vlnová délka záření (pásma)



Pásma	$\lambda$ [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

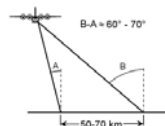
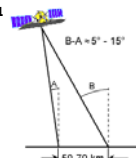
## Polarizace signálu



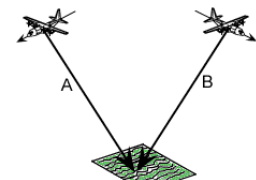
Depolarizace signálu je způsobena především odrazem z vrstvy vegetace

## 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.



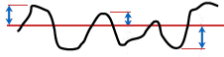
## Azimut dopadu radarového signálu (orientace)



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

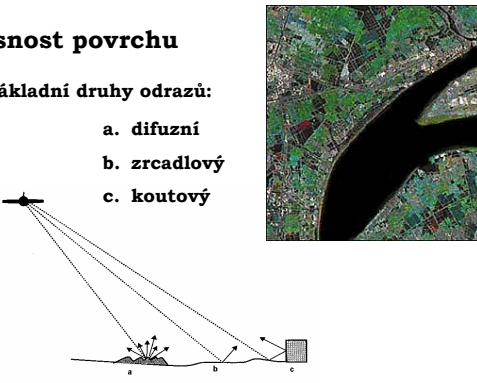
h - průměrná výška nerovností povrchu  
 $\lambda$  - vlnová délka radarového signálu  
 $\theta$  - úhel dopadu



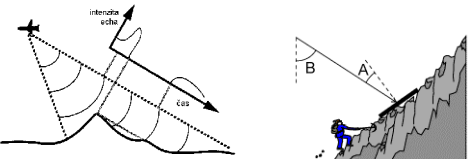
### Drsnost povrchu

Základní druhy odrazů:


- difuzní
- zrcadlový
- koutový



### Topografie a lokální úhel dopadu radarového signálu



### Elektrické vlastnosti objektů

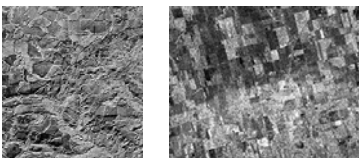



Vysoké hodnoty dielektrické konstanty způsobují vysoké hodnoty zaznamenaného odraženého signálu (kovové konstrukce)

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

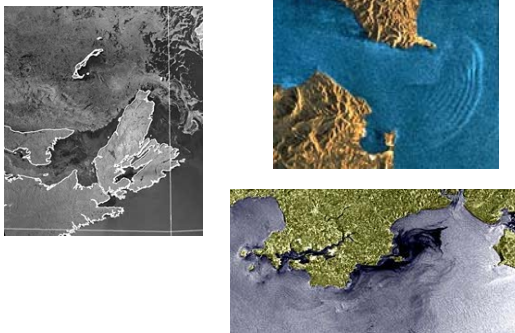
### Radarový signál vody a ledu

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

### RADARSAT

