

## Spektrální chování objektů

Petr Dobrovolný



## Faktory ovlivňující intenzitu záření

Elektromagnetické záření je při průchodu atmosférou i po svém dopadu na zemský povrch významně modifikováno.

Intenzita odraženého krátkovlnného záření, ale i intenzita emitovaného záření dlouhovlnného závisí především na těchto třech skupinách faktorů:

- na druhu látky či objektu (na jeho chemickém složení, apod.)
- na jeho fyzikálním stavu (obsahu vlhkosti, zhuštění povrchu, atd.)
- na stavu jeho okolí (na propustnosti atmosféry, apod.)

## Spektrální odrazivost

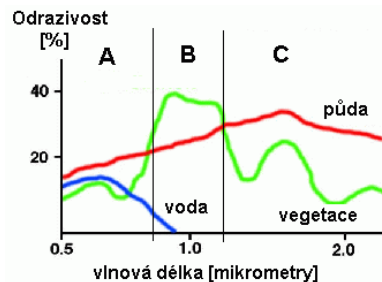
Množství odraženého záření lze charakterizovat tzv. **spektrální odrazivostí**  $\rho(\lambda)$ , kterou lze definovat jako poměr intenzity odraženého záření ( $M_r$ ) a intenzity záření dopadajícího ( $M_i$ ) na určité vlnové délce ( $\lambda$ ) udávaný např. v procentech, tedy:

$$\rho(\lambda) = \frac{M_r(\lambda)}{M_i(\lambda)} \cdot 100[\%]$$

Přes všechny vlivy, které způsobuje atmosféra a interakce záření na zemském povrchu i přes všechny vlivy, které jsou způsobeny fyzikálním stavem objektů, lze konstatovat, že každá látka na zemském povrchu se vyznačuje svoji vlastní **spektrální charakteristikou**.

## Spektrální chování

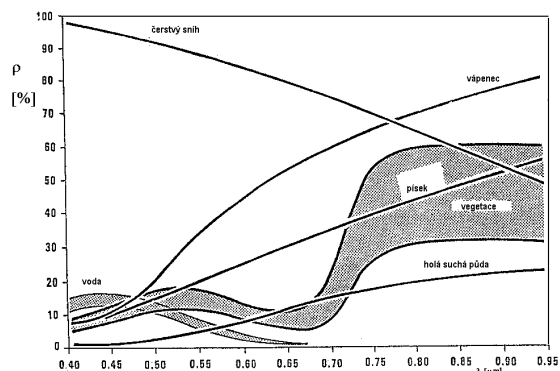
Většina druhů povrchů má na snímcích z různých částí spektra jiný odstín šedi či jinou barvu - odráží různé množství záření



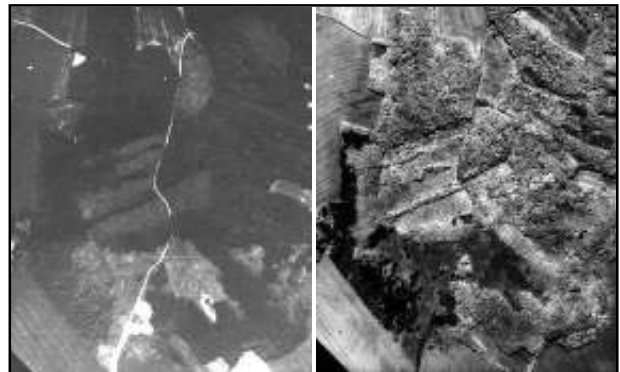
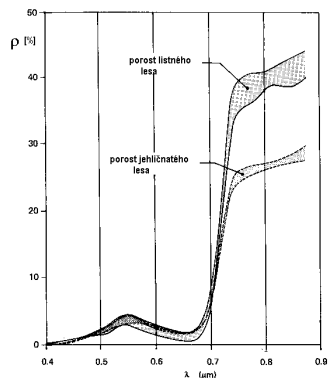
## Spektrální chování objektů

- Pro každý objekt lze sestavit závislost mezi jeho odrazivostí a vlnovou délkou a průběh této závislosti bude pro tento objekt více méně typický.
- Tuto charakteristiku označujeme jako tzv. **spektrální křivku odrazivosti**.
- Křivka odrazivosti je projevem tzv. **spektrálního chování** objektů. Tvar křivky má velký vliv na výběr vlnové délky, ve které je vhodné data o objektu získávat.
- Křivky spektrálního chování mají pro stejnou třídu objektů (vegetace, holá půda) vždy typický průběh.

## Spektrální chování vybraných druhů povrchů



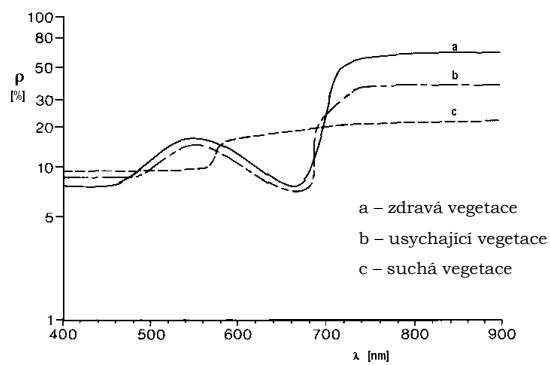
### Odrazivost vybraných druhů dřevin



Snímek ve viditelné části spektra

Snímek v blízké infračervené části spektra

### Odrazivost vegetace vystavené stresu



### Praktický význam spektrálního chování

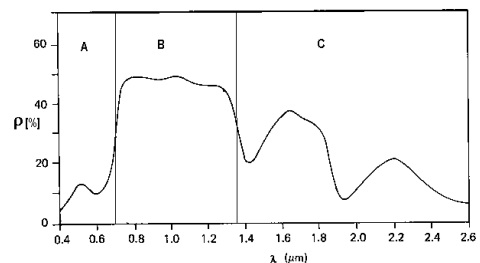
- Pomocí křivky spektrálního chování lze pro identifikaci daného povrchu vybrat vlnovou délku, ve které tento bude na pořízeném snímku zobrazovat nejlépe.
- Dále lze vhodně porovnávat více druhů povrchů – lze zvolit interval vlnových délek, ve kterém se bude nejlépe odlišovat od svého okolí - od jiných látek.
- Znalost spektrálního chování dovoluje indikovat procesy, které jsou v krajině patrné až později.
- Poznání mechanismů spektrálního chování je základním nástrojem pro rozpoznávání jednotlivých druhů povrchů a jejich mapování metodou dálkového průzkumu.

### Spektrální projev vegetace

Odrazové vlastnosti vegetačního krytu jsou formovány především následujícími faktory:

- vnější uspořádání vegetačního krytu
- vnitřní struktura jednotlivých částí rostlin
- vodní obsah
- zdravotní stav
- vlastnosti půdního substrátu

### Spektrální projev vegetace



- A – oblast pigmentační absorpce
- B – oblast buněčné struktury
- C – oblast vodní absorpce

## Spektrální projev vegetace I.

Oblast pigmentační absorpce (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ).

- Pro spektrální chování listů ve viditelné části spektra jsou nejdůležitější pigmentační látky - z nich především chlorofyl a karoteny.
- Chlorofyl pohlcuje 70% až 90% dopadajícího záření v modré a červené části spektra.
- Mezi těmito absorpčními pásy se nachází lokální maximum odrazivosti v zelené části spektra
- To je příčinou zelené barvy rostlin ve vegetačním období.



## Spektrální projev vegetace II.

Oblast buněčné struktury (0,7-1,3  $\mu\text{m}$ )

- Pro vegetaci je typický výrazný nárůst odrazivosti ve vlnových délkách kolem 0,7 mikrometrů.
- Odrazivost v této části spektra ovlivňuje morfologické utváření listu, které je velmi proměnlivé u jednotlivých druhů rostlin.
- Proto obrazové materiály pořízené v této části spektra největší možnosti pro dobré odlišení ploch pokrytých vegetací a ploch ostatních, ale také i pro odlišení jednotlivých druhů rostlin, které mohou být z hlediska svých odrazových vlastností ve viditelné části spektra velmi podobné.

## Index listové pokrývnosti

- Více vrstev listů způsobuje opakovaný odraz záření v infračervené části spektra, odrazivost je potom maximální při 6-8 vrstvách listů
- Odrazivosti v blízké infračervené části spektra lze využít k charakterizování míry hustoty vegetačního krytu prostřednictvím tzv. indexu listové pokrývnosti (LAI - leaf area index).
- Je to bezrozměrné číslo, které udává, kolikrát je plocha všech listů větší než jednotková plocha sloupce, ve kterém se listy nacházejí.

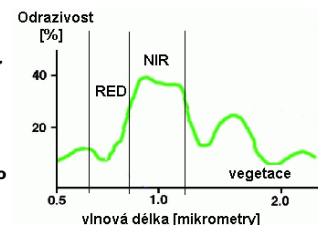
## Vegetační indexy

- Rozdílné odrazivosti vegetace ve viditelné červené (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ) a blízké infračervené části spektra (kolem 0,8  $\mu\text{m}$ ) se využívá k výpočtu tzv. vegetačních indexů.
- Vegetační index je ukazatelem míry přítomnosti zelené hmoty, těsně koreluje s množstvím biomasy.
- Vegetační index je ukazatelem zdravotního stavu vegetace

## Vegetační indexy

Jednoduchý poměrový vegetační index (RVI - Ratio Vegetation Index):

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$



Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



**Barevná syntéza snímků  
v přirozených barvách**

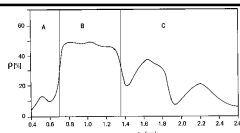


**Vegetační  
index**



**Vegetation Index**

### Spektrální projev vegetace III.



Oblast vodní absorpce (1,3-3,0 μm).

- Odrazivost je formována absorpčními pásy vody se středy na vlnových délkách 1,4 1,9 a 2, 7 μm.
- Lokální maxima odrazivosti se vyskytují na vlnových délkách 1,6 a 2,2 μm.
- V této části spektra je odrazivost přibližně nepřímo úměrná obsahu vody v listu.
- Změny ve vodním obsahu - tedy například vodní stres rostlin se projeví nejvíce právě v těchto vlnových délkách.

### Spektrální projev vegetace a vlastnosti půdního substrátu

- Odrazivost vegetace formují složení půdy, obsah živin, přítomnost některých minerálů.
- Nedostatek Fe či Mg se projeví ve sníženém obsahu chlorofylu a vede tedy ke změně spektrálního chování (žloutnutí listů)
- Spektrálních projevů rostlin může být částečně využito ke zjišťování přítomnosti některých druhů minerálů či hornin.

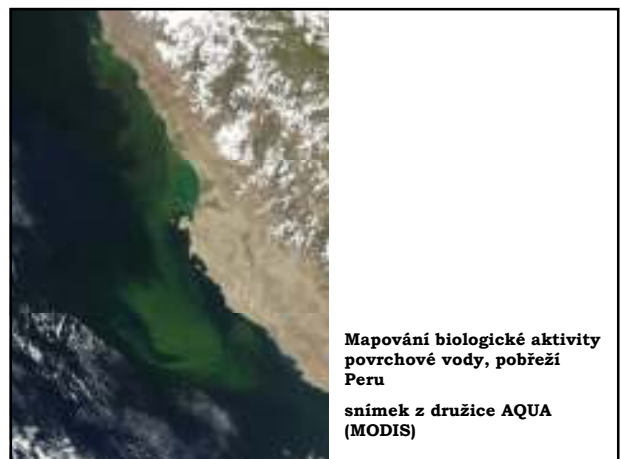
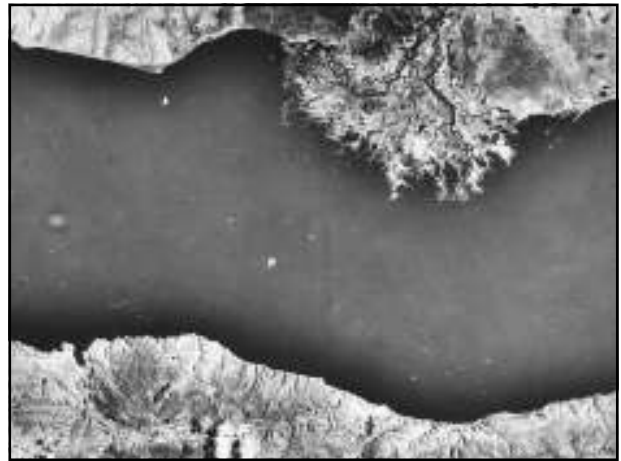
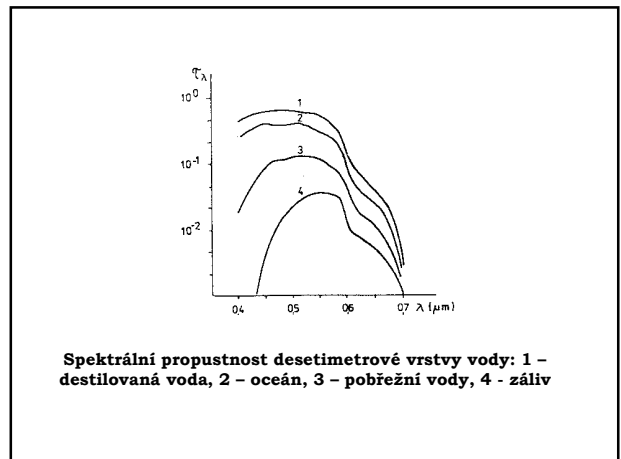
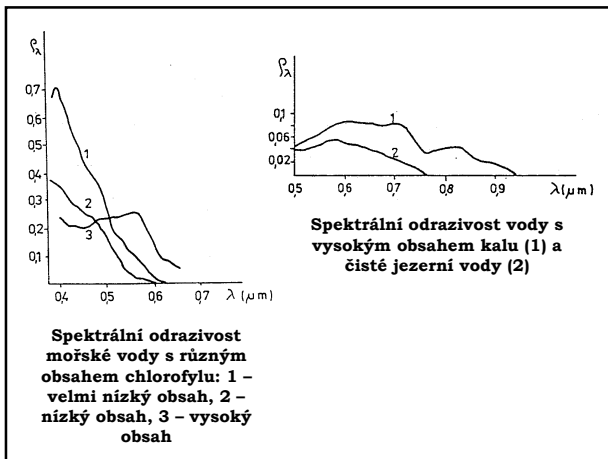
### Spektrální projev vody

Z hlediska odrazových vlastností jsou pro vodu důležité především následující skutečnosti:

- Oproti jiným materiálům či povrchům jde o látku poměrně homogenní
- Může se na snímcích vyskytovat v různých skupenstvích, jejichž odrazové vlastnosti se liší
- Její odrazové vlastnosti jsou odlišné od jiných běžných povrchů
- Modifikuje spektrální chování všech látek v nichž je přítomna

### Spektrální projev vody

- V kapalném skupenství se voda vyznačuje velmi nízkou odrazivostí ve všech vlnových délkách.
- Maximální propustnost vody připadá na vlnovou délku kolem 0,48 μm (modré světlo).
- V těchto vlnových délkách proniká záření do hloubky až 20 metrů.
- V IČ části spektra se voda chová téměř jako absolutně černé těleso – intenzivně pohlcuje záření a na snímcích se jeví jako nejtmaší.



### Spektrální projev vody

- V oblasti termálního záření lze z množství emitovaného dlouhovlnného záření zjišťovat radiační teplotu vodních ploch (SST).
- V oblasti mikrovln jsou odrazové vlastnosti vodních objektů výrazně závislé například na drsnosti povrchu

### Spektrální projev sněhu a ledu

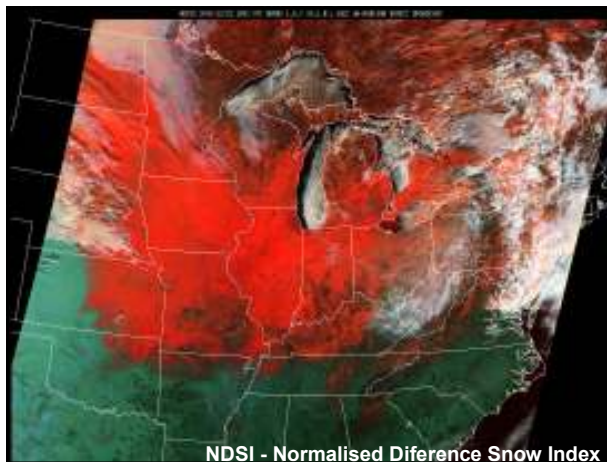
- Ve viditelné a blízké infračervené části spektra mají sníh a led vysokou odrazivost.
- Odrazivost čerstvě napadlého sněhu převyšuje odrazivost ostatních povrchů.
- Podobně vysokou odrazivost mají horní vrstvy oblačnosti, tvořené ledovými krystalky.
- Odlíšení oblačnosti (ledu) a sněhu lze provést ve středním infračerveném pásmu, ve kterém je odrazivost sněhu významně nižší než odrazivost oblačnosti.
- Vodu v kapalném skupenství a led lze dobře odlišit v oblasti mikrovln (na radarových snímcích) - to umožňuje monitorování procesu tání sněhu a ledu.

### NDSI - Normalised Diference Snow Index

Princip výpočtu stejný jako NDVI - porovnání odrazivosti v pásmech se středy na vlnových délkách přibližně 0,66  $\mu\text{m}$  a 1,6  $\mu\text{m}$ . Atmosféra je v těchto vlnových délkách transparentní, sněhová pokrývka velmi intenzivně odráží ve viditelné části spektra, ve střední IČ její odrazivost výrazně klesá:

$$NDSI = \frac{R_{0,66} - R_{1,6}}{R_{0,66} + R_{1,6}}$$

Na snímcích ve viditelné části spektra je sníh v důsledku vysoké odrazivosti velmi těžko rozpoznatelný od oblačnosti. Na 1,6  $\mu\text{m}$  sníh záření výrazněji absorbuje a je tedy mnohem tmavší než oblačnost. Hodnoty NDSI menší než 0,4 indikují plochy pokryté sněhem.



### Spektrální projev půd

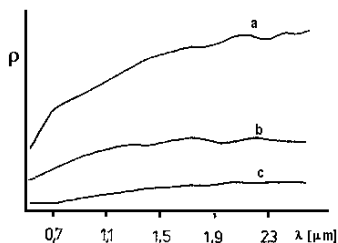
Spektrální vlastnosti půd formují především následující faktory:

- minerální složení
- půdní vlhkost
- obsah organických látek
- textura (drsnot) půdního povrchu

### Spektrální projev půd

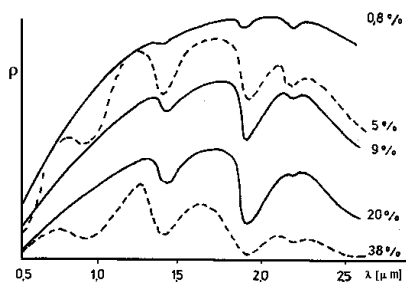
- Půda je komplexem biotických a abiotických součástí - z hlediska spektrálních vlastností je povrchem značně heterogenním.
- Spektrální projev anorganického materiálu je jednodušší než u vegetace.
- Anorganické látky se obecně vyznačují pozvolným vzestupem odrazivosti se vzrůstající vlnovou délkou.
- Odchyly od tohoto obecného schématu jsou způsobeny chemickým složením, mechanickými vlastnostmi, strukturou povrchu, erozními procesy apod.

**Schematizované spektrální chování písčité půdy (a), jílovité půdy (b) a spraši (c) v blízké infračervené části spektra**



**Spektrální projev půd**

- Vyšší vlhkost půdy způsobuje její sníženou odrazivost.
- Obsah půdní vláhy často silně koreluje s texturou půdy.
- Hrubé písčité půdy s nízkým obsahem půdní vláhy mají vyšší odrazivost.
- Špatně odvodňované půdy s jemnozrnnou strukturou budou mít obecně nižší odrazivost.
- Minerální složení se projevuje v charakteristickém zabarvení půdy.
- V oblasti mikrovlń je množství odraženého či emitovaného dlouhovlnného záření ovlivňováno především vlhkostí a drsností povrchu.



Schematizované spektrální chování různě vlhké prachovité hlíny (plná čára) a jílu (čárkovaná čára) v části viditelného a blízkého infračerveného elektromagnetického spektra



**Spektrální projev minerálů a hornin**

Vhodnými oblastmi spektra, ve kterých lze dobře charakterizovat odrazové vlastnosti jednotlivých hornin a především minerálů, jsou střední infračervené vlnové délky a také oblast termálního záření

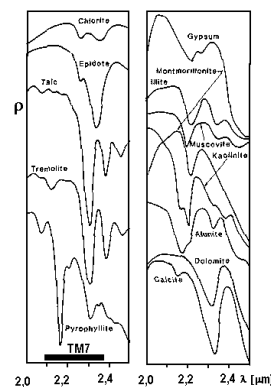
Chemické složení určuje spektrální chování hornin ve viditelném a infračerveném oboru spektra.

V oblasti termálního záření je pro jednotlivé druhy hornin charakteristická jejich tepelná kapacita.

V oblasti mikrovlń ovlivňují vzhled snímku především dielektrické vlastnosti.

**Spektrální projev minerálů**

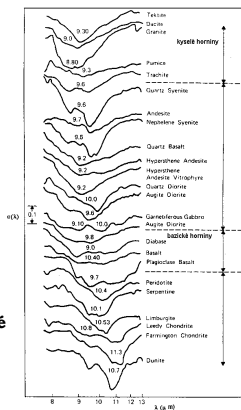
V křivkách spektrálního chování jednotlivých minerálů lze poměrně přesně lokalizovat absorpční pásy způsobené jednotlivými chemickými prvky či sloučeninami a také pásy způsobené přítomností vody



## Spektrální projev hornin

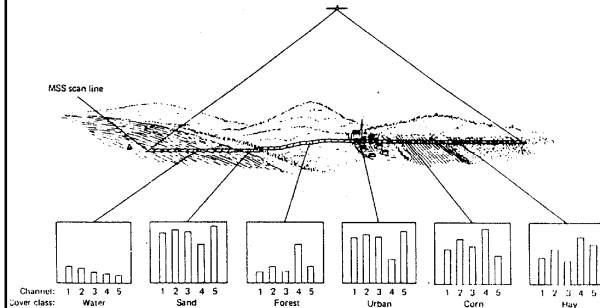
Výsledný tvar spektrální křivky odrazivosti hornin ovlivňují hlavně absorpční pásy ve spektru minerálů a jejich rozmístění je dáno chemickým složením a krystalickou stavbou.

V dlouhovlnné části spektra, ve které převažuje intenzita vyzářování nad intenzitou odraženého záření hovoříme o křivkách spektrální emisivity



## Spektrální příznaky

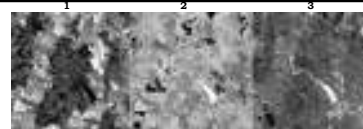
Ze spektrálního chování tedy lze pro každý objekt odvodit tzv. **spektrální příznaky**. Tyto příznaky jsou pro daný typ povrchů typické.



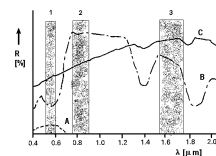
## Příznakový prostor

- Jednotlivé spektrální příznaky definují osy vícerozměrného prostoru
- Ten označujeme jako příznakový prostor.
- Definování spektrálních příznaků a jejich poloha v příznakovém prostoru jsou důležitým krokem při automatickém rozpoznávání objektů na snímcích.

## Obrazový prostor (Image space)



## Spektrální prostor (Spectral space)



## Příznakový prostor (Feature space)

