

Fyzikální podstata DPZ

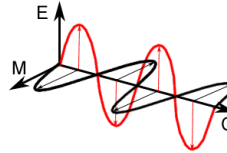
Petr Dobrovolný



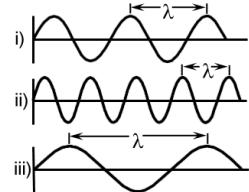
Elektromagnetické záření

- Vlnová teorie**
- vlna elektrického (E) a magnetického (M) pole
 - šíří se rychlostí světla (c)

- Charakteristiky záření:**
- vlnová délka (λ)
 - frekvence (ν)

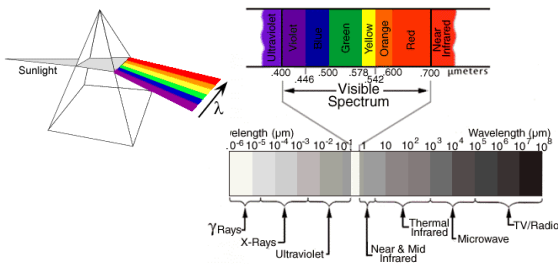


$$c = \lambda \nu$$



Elektromagnetické spektrum

Snímky zaznamenávají intenzitu elektromagnetického záření v určité vymezené části (intervalu) spektra.



Částicová teorie

Energie kvanta Q je dána následujícím vztahem:

$$Q = h \nu$$

- kde
- Q - energie kvanta
 - h - Planckova konstanta
 - ν - frekvence

Vztah mezi vlnovou a částicovou teorií lze vyjádřit vztahem:

$$Q = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Elektromagnetické záření a DPZ

- Čím delší vlnová délka, tím nižší obsah energie má záření.
- Přirozeně emitované dlouhovlnné záření bude hůře zjistitelné než energie krátkovlnná.
- Nízký obsah energie dlouhovlnného záření znamená, že systémy operující v dlouhých vlnových délkách musí při jednom měření snímat velké plochy zemského povrchu, aby přijaly signál, který bude měřicí aparatura schopna zaznamenat.

Základní zákony záření I.

Stefan-Boltzmannův zákon: Množství energie vyzářené objektem je funkcí jeho teploty:

$$M = \sigma \cdot T^4$$

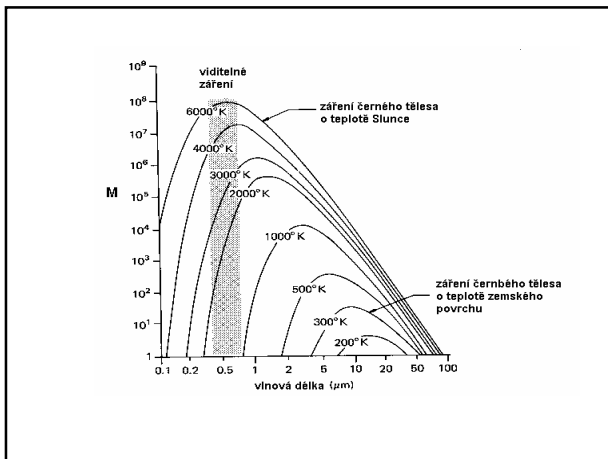
M - intenzita vyzařování z povrchu tělesa

σ - Stefan Boltzmannova konstanta

T - absolutní teplota tělesa

Wiennův zákon posuvu: Vlnová délka, již přísluší maximální intenzita vyzařování (λ_{\max}), je nepřímo úměrná teplotě tělesa.

$$\lambda_{\max} = \frac{k}{T} \quad k = 2898 \mu m \cdot K$$



Základní zákony záření II.

- Čím vyšší bude teplota tělesa, tím více bude vyzařovat energie o kratší vlnové délce.
- „Horké“ objekty budou intenzivně vyzařovat krátkovlnné záření o vysoké frekvenci. Budou tedy dobře detekovatelné metodami dálkového průzkumu.
- Naopak „chladné“ objekty budou vyzařovat málo intenzivní dlouhovlnné záření. Budou tedy hůře zjištělné.
- Atmosféra však dobře propouští dlouhovlnné záření, krátké vlny značně pohlcuje a rozptyluje.

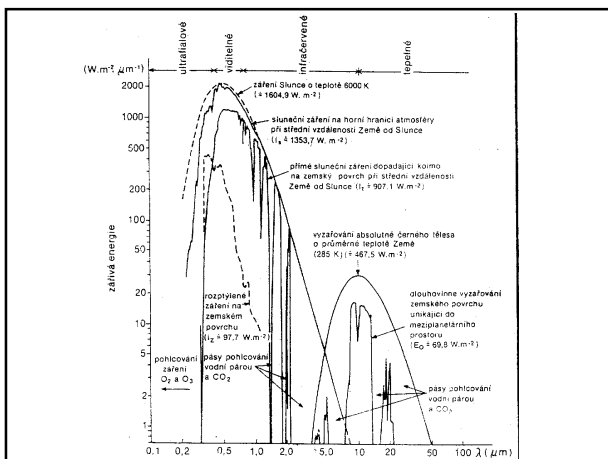
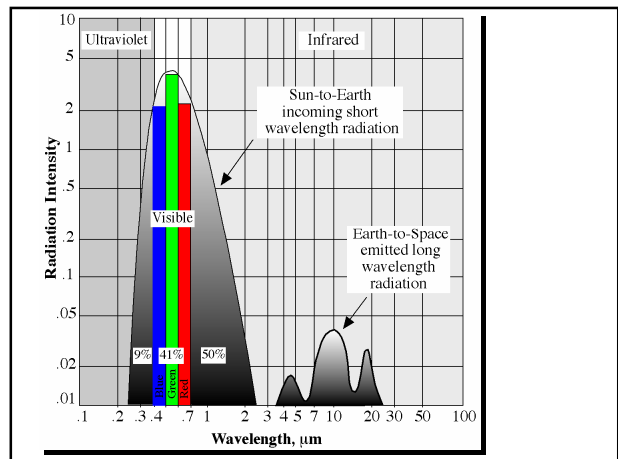
Základní zákony záření III.

Kirchhoffův zákon: Reálné objekty o stejné teplotě mohou vyzařovat různé množství energie, avšak vždy menší, než absolutně černé těleso.

Tzv. **emisivita (ε)** je poměr mezi intenzitou vyzařování reálného tělesa (M_R) a intenzitou vyzařování černého tělesa (M_A) o dané teplotě T:

$$\epsilon = \frac{M_R}{M_A}$$

Emisivita je důležitá pro zjišťování teplotních charakteristik povrchů.



Ovlivnění elektromagnetického záření atmosférou

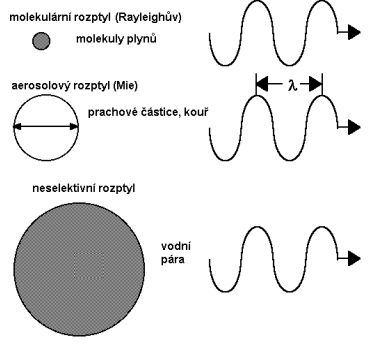
Vlivy atmosféry na charakteristiky záření závisí na těchto faktorech:

- délce dráhy, kterou toto záření prochází atmosférou
- velikosti emitovaného signálu
- atmosférických podmínek
- vlnové délce

Záření je ovlivňováno především procesy pohlcování a rozptylu:

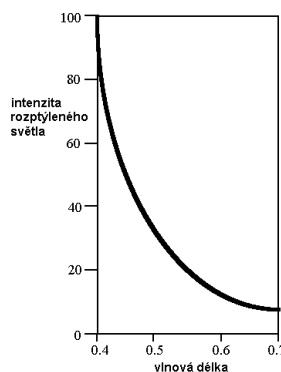
- Rozptyl způsobuje vyšší hodnoty naměřeného záření především v kratších vlnových délkách.
- Pohlcováním jsou pak snižovány naměřené hodnoty elektromagnetického záření v delších vlnových délkách.

Rozptyl záření v atmosféře



1. Rozptyl je funkcí velikosti rozptylujících částic

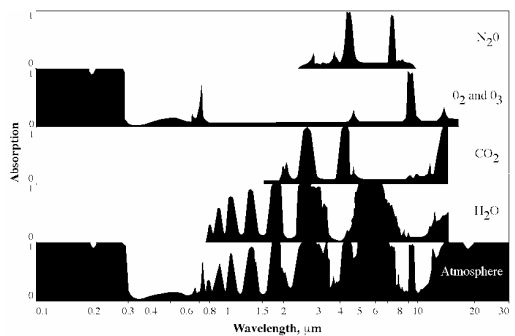
Rozptyl záření v atmosféře



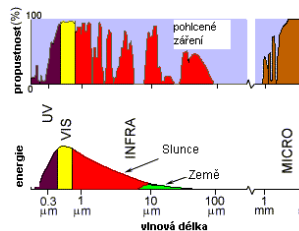
2. Rozptyl záření v atmosféře je funkcí především vlnové délky

Intenzita molekulárního rozptylu je nepřímo úměrná čtvrté mocnině vlnové délky
Modré světlo (0,4 μm) je rozptylováno 16 krát více než infračervené záření o vlnové délce 0,8 μm

Pohlcování elektromagnetického záření atmosférou



Ovlivnění záření atmosférou



- Rozptyl může značně redukovat množství informace, snímky ztrácí kontrast a je ztíženo odlišení jednotlivých druhů povrchů.
- Kumulativní procesy pohlcování způsobují, že některé části spektra jsou pro metody DPZ „zavřeny“

Hlavní atmosférická okna

Část spektra	Interval vlnových délek [μm]
UV/viditelné záření	0,30 - 0,75
	0,77 - 0,91
blízké infračervené záření	1,00 - 1,12
	1,19 - 1,34
	1,55 - 1,75
	2,05 - 2,40
střední infračervené záření	3,50 - 4,16
	4,50 - 5,00
termální infračervené záření	8,00 - 9,20
	10,20 - 12,40
	17,00 - 22,00

Ovlivnění záření na zemském povrchu

Elektromagnetická energie může být odražena či pohlcována.

Dva objekty, které odrazí podobné množství záření v jednom intervalu vlnových délek, mohou v jiném intervalu odrážet rozdílné množství energie.

Množství pohlčené či odražené energie ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti povrchů (teplota, obsah vody či organických látek, drsnost povrchu atd.)

Statické a dynamické parametry

Odrazové vlastnosti povrchů v závislosti na vlnové délce a na fyzikálních a chemických vlastnostech povrchů formují jejich tzv. SPEKTRÁLNÍ CHOVÁNÍ.

Základní oblasti spektra využitelné v DPZ

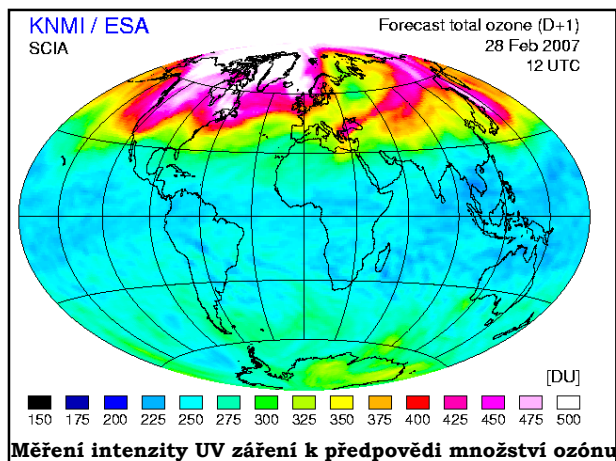


V důsledku vlivů atmosféry (pohlcování, rozptyl záření) lze snímky vytvářet pouze v určitých částech spektra:

- ultrafialové záření (0,1 - 0,4 μm)
- viditelné záření (0,4 - 0,7 μm)
- infračervené záření blízké (0,7 - 1,4 μm)
- infračervené záření střední (1,4 - 3 μm)
- tepelné záření (3 μm - 1 mm)
- mikrovlnné záření (1 mm - 1m)

Ultrafialové záření (0,1 - 0,4 μm)

- Je to záření škodlivé pro živé organismy.
- K zemskému povrchu je propouštěna pouze malá část
- V DPZ se využívá v podobě tzv. UV laseru
- Může sloužit pro vyhledávání ložisek zlata, pro monitorování ropných skvrn.
- Toto záření také do jisté míry prochází vodním sloupcem.
- Mnoho minerálů vydává charakteristické záření v těchto vlnových délkách (využití v mineralogii).
- Intenzita pohlcování UV záření O_3 slouží k monitorování mocnosti ozónové vrstvy



Viditelné záření (0,4 - 0,7 μm)

- V oblasti viditelného záření pracují všechny konvenční metody a také většina družicových systémů.
- Je nejvyužívanější částí spektra především z historického hlediska.
- Neprochází oblačností a mlhou, lze ho zaznamenávat pouze v denních hodinách.
- Značný rozptyl a pohlcování má za následek např. ztrátu kontrastu viditelných snímků.
- Ve srovnání s delšími vlnovými délkami je toto záření schopno procházet vodním sloupcem - především v modré části spektra.
- To umožňuje studovat mnoho fyzikálních i biologických vlastností vodních objektů.
- Jednotlivé horniny, minerály ani půda neukazují odlišnosti ve spektrálním chování ve viditelné části spektra.



Snímky ve viditelné části spektra

Snímky ve viditelné části spektra Změny v krajině v důsledku povrchové těžby



Most a okolí,
srpen 1996

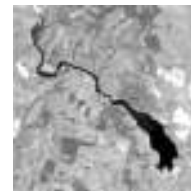
Infračervené záření blízké (0,7 - 1,4 μm)

- Tvoří pokračování atmosférického okna z viditelné části spektra.
- Lze je zaznamenávat jak konvenčními fotografickými metodami (do 0,9 μm) tak i elektronicky.
- Je již méně pohlcováno a rozptylováno atmosférou.
- V důsledku toho jsou snímky ostré s dobrým kontrastem.
- Hodí se k topografickým účelům, důležité jsou tyto vlnové délky pro studium vegetace především v lesnictví a zemědělství.
- Voda se v těchto vlnových délkách chová téměř jako absolutně černé těleso.

Infračervené záření blízké (0,7 - 1,4 μm)



vis



ir



barevná syntéza

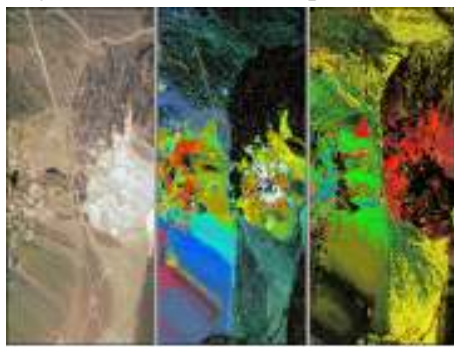
Snímky v blízké IČ části spektra



Infračervené záření střední (1,4 - 3 μm)

- Zahrnuje dvě atmosférická okna se středy přibližně 1,5 a 2,2 mikrometrů.
- Obě jsou důležité především pro vegetační a geologické studie.
- První okno např. umožňuje dobré odlišení druhů vegetace, hodí se k rozpoznávání ledu a sněhu, k odlišení oblačnosti a ke studiu zdravotního stavu vegetace.
- Druhé okno je oblastí, ve které má mnoho minerálů charakteristický absorpční pás.
- Množství odraženého záření je výrazně větší, než množství záření emitovaného. V důsledku tohoto malého množství záření emitovaného nelze blízké a střední infračervené vlnové délky využít ke zjišťování teplotních vlastností povrchů
- To je možné až v oblasti termálního infračerveného záření, kde je podíl emitovaného záření větší.

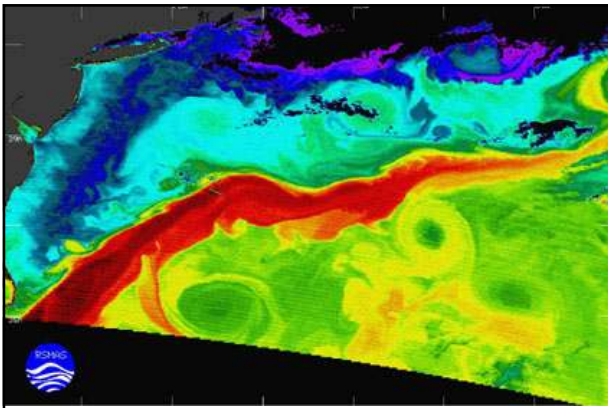
Snímky ve střední IČ části spektra



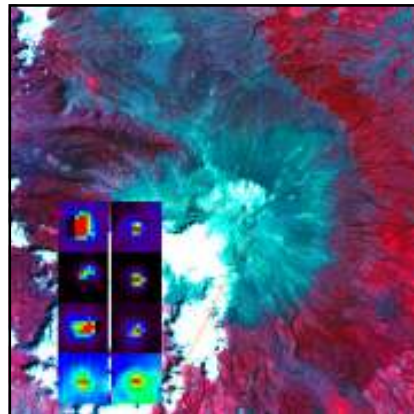
Mapování výskytu minerálů a hornin

Tepelné záření (3 μm - 1 mm)

- Obsahuje dvě atmosférická okna v intervalu přibližně 3-5 a 8-12 mikrometrů.
- Snímky se používá např. ke zjišťování povrchové teploty oceánů (SST), k mapování tepelného znečištění řek a jezer i samotné krajiny, k lokalizaci lesních požárů apod.
- Protože v oblasti 3-5 mikrometrů je ještě množství odraženého záření poměrně značné, k měření radiální teploty lze využívat pouze nočních hodin.
- V oblasti 8-12 mikrometrů je již množství odraženého slunečního záření ve srovnání s emitovaným zářením velmi malé, těchto vlnových délek potom lze využít ke zjišťování radiální teploty i během denních hodin.
- K přesným kvantitativním měřením je nutná dobrá znalost tzv. emisivity objektů a procesů, které ovlivňují záření v atmosféře.
- V případě přesné kalibrace umožňují snímky získávat poznatky o tepelné bilanci objektů

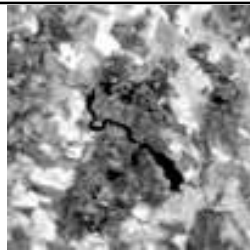


Termální snímky - teplotní poměry Golského proudu

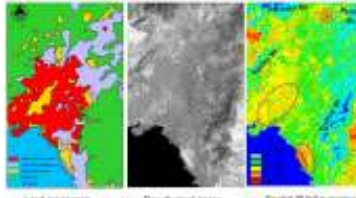


Termální snímky - studium vulkánů

**Termální snímky
příklady**



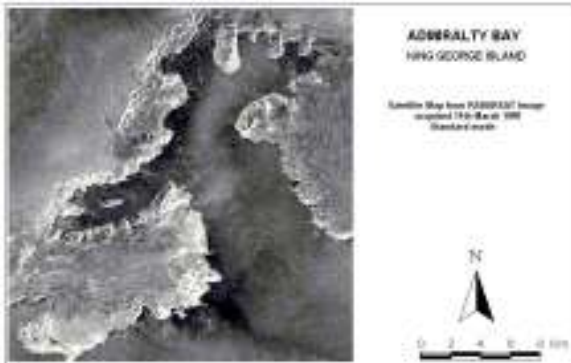
Tepelný ostrov měst



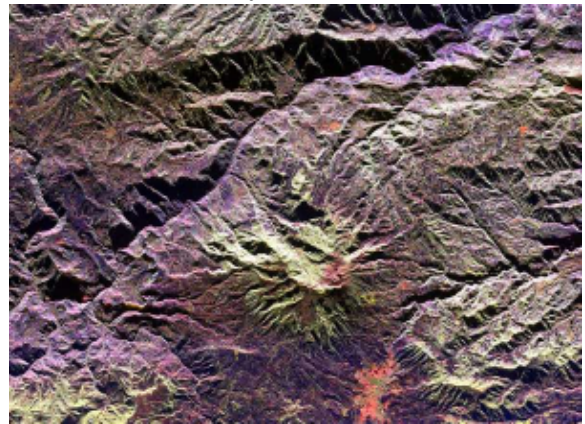
Mikrovlnné záření (1 mm - 1m)

- Je využíváno pasivními i aktivními metodami (RADAR).
- Tyto dlouhé vlnové délky mohou za vhodných podmínek pronikat i pod povrch.
- Nejméně závisí na podmínkách počasí, je výrazně zeslabováno pouze v případě vydatného deště.
- Intenzita přirozeně emitovaného mikrovlnného záření je velmi nízká, musí měřicí zařízení k zachycení zjistitelného signálu měřit toto záření na poměrně velké ploše.
- To je příčinou malého prostorového rozlišení dat získaných pasivními metodami v mikrovlnné části spektra.
- Značný rozvoj zaznamenávají aktivní systémy, poskytují data využitelná především pro studium reliéfu, plovoucího ledu, v geomorfologii, v lesnictví i v zemědělství.
- Pomocí aktivních mikrovlnných systémů lze získat i neobrazová data, informace o výškových poměrech, o řadě meteorologických prvků atd.

Radarové snímky - mapování polárních oblastí



Kolumbie, vulkanický reliéf, SIR-C/ X- SAR



Radarové snímky - měření výšek, Kamčatka

