

Masarykova univerzita
Pedagogická fakulta

Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj geografických informací

PhDr. Hana Svatoňová, Ph.D.
Prof. Ing. Lubomír Lauermann, CSc.



Brno 2010

Recenzenti:
doc. RNDr. Petr Dobrovolný, CSc.
RNDr. Jindřiška Svobodová, Ph.D.

© 2010 Hana Svatoňová, Lubomír Lauermann

ISBN 978-80-210-5162-1

Obsah

1. VÝCHOZÍ PŘÍSTUPY K VYUŽÍVÁNÍ DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ VE ŠKOLE.....	5
2. METODY A CÍLE DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ.....	7
2.1 Základní charakteristika	7
2.1.1 Fyzikální podstata DPZ	8
2.1.2 Spektrální chování objektů	13
2.2 Metody dálkového průzkumu Země	14
2.2.1 Konvenční fotografické metody DPZ.....	16
2.2.2 Nekonvenční metody dálkového průzkumu Země	18
3. MAPA, LETECKÝ SNÍMEK A DRUŽICOVÝ OBRAZ STEJNÉHO ÚZEMÍ	21
3.1 Mapa jako kartografický obraz území.....	21
3.2 Informace o území v obsahu leteckých snímků a družicových obrazů.....	22
4. LETECKÉ A DRUŽICOVÉ SNÍMKY A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ	25
4.1 Základní vztahy a pojmy na leteckých měřicích snímcích.....	25
4.2 Rozdělení leteckých snímků.....	27
4.2.1 Výhody a nevýhody svislých a šikmých snímků.....	28
4.2.2 Měřítka svislého snímku.....	32
4.3 Fotokomory a formáty používané pro letecké snímkování	33
4.4 Geometrické zpracování leteckých snímků.....	34
4.4.1 Úprava leteckých snímků pro vyhodnocování a interpretaci obsahu	35
Volná sestava snímků	35
Fotoschéma	36
Ortofotomapy.....	37
4.5 Letecké snímky v tvorbě a údržbě mapových děl	38
4.6. Využití archivovaných snímků v geografii	40
4.7 Základní způsoby vizualizace digitálních obrazových dat.....	40
4.7.1 Klasifikace snímků.....	43
5. INTERPRETACE SNÍMKŮ DPZ	45
5.1 Základní úkoly a cíle	45
5.2 Zásady interpretace obsahu leteckých a družicových snímků.....	45
5.2.1 Metody prohlížení snímků a fotografií	46
5.2.2 Stereoskopické vidění	46
5.3 Postupy interpretace snímků a obrazů DPZ	47
5.4 Interpretační znaky	48
6. DRUŽICE A DRUŽICOVÉ SYSTÉMY	53
6.1 Oběžné dráhy družic a charakteristika vybraných systémů využívaných v DPZ	53
6.1.1 Družice v rovníkové dráze	54
6.1.2 Družice se šikmou oběžnou dráhou	57
6.1.3 Družice se subpolární dráhou oběhu.....	58
7. PŘÍKLADY A METODICKÉ POSTUPY INTERPRETACE INFORMACÍ DPZ Z RŮZNÝCH OBORŮ NA KONKRÉTNÍCH SNÍMCÍCH.....	66
7.1 Využití snímků DPZ v jednotlivých oborech.....	66
7.2 Příklady metodických postupů interpretace leteckých snímků a družicových snímků LANDSAT	69
7.2.1 Příklad interpretace leteckých snímků	69
7.2.2 Interpretace snímků družice LANDSAT	74
Použitá a doporučená literatura.....	87

1. VÝCHOZÍ PŘÍSTUPY K VYUŽÍVÁNÍ DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ VE ŠKOLE

Skriptum přináší studentům geografie Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity možnost **podrobněji poznat metody, prostředky a postupy zkoumání geografických zvláštností krajiny prostřednictvím dálkového průzkumu Země (DPZ).**

Dálkový průzkum Země využívá jako **zdrojové informace letecké snímky a obrazové záznamy** pořízené družicemi obíhajícími Zemi.

Studenti se seznámí v potřebném rozsahu **s teoretickými principy funkce** těchto moderních prostředků, které obohacují metody geografického zkoumání. Prostředky a metody DPZ umožňují zjišťovat nejen **aktuální obraz současného stavu životních podmínek**, ale také opakovaně **monitorovat příčiny a důsledky přírodních a socioekonomických změn**, jež ovlivnily dnešní podobu krajinné sféry. Na **praktických ukázkách a konkrétních příkladech** leteckých snímků a družicových obrazů z vybraných regionů České republiky a geograficky zajímavých míst Evropy, Afriky a Ameriky si ověří **postupy interpretace obsahu** a možnosti využití těchto netradičních informačních zdrojů ve svém oboru.

Ve skriptu jsou **popsány a vysvětleny základní vztahy a pojmy potřebné pro efektivní práci studentů s leteckými snímky**. Kromě interpretace obsahu leteckých snímků je kladen důraz na **metody využití snímků v kartografické tvorbě map** a na osvětlení předností ortofotomap vycházejících ze syntézy podrobného fotografického obrazu krajiny na snímku a klasických geometricky přesných prostředků a znázornění, které jsou předností mapy.

Ve skriptu jsou jako příklady využity také letecké snímky z archivu Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce, pořízené ze stejného území v časové řadě v letech 1953 a 2001. To umožní studentům konfrontovat současnou tvářnost krajiny s příčinami a důsledky přírodních a socioekonomických změn, ke kterým došlo během uplynulých desetiletí.

Text skriptu shrnuje **nejpodstatnější informace o dálkovém průzkumu Země** z družic včetně údajů o jejich oběžných drahách. Charakterizuje nejznámější družicové systémy, prostřednictvím nichž se pořizují obrazy Země. Zvláštní pozornost je zaměřena na družice systémů LANDSAT a METEOSAT, jejichž snímky jsou pro příklady interpretace použity.

Závěrečná část skriptu je věnována **problematice a metodice vlastní interpretace obsahu leteckých a družicových snímků**. Ke každému snímku je připojen popis –

metodický návod, který usnadní interpretaci obsahu a umožňuje studentům získávat další informace z materiálů DPZ. Týká se to zejména možností srovnávání kvalitativně rozdílných obrazů stejného území na leteckých a družicových snímcích v konfrontaci s kartografickým znázorněním na mapách.

Studium skript by mělo přispět k dalšímu **hledání a samostatnému rozvíjení možností**, jak využít obsahově bohaté informace leteckých snímků a družicových obrazů i v jiných předmětech své studijní aprobae stejně jako po absolvování fakulty v pedagogické práci učitele.

Ve studijním textu naleznou studenti **základní informace o konvenčních i nekonvenčních metodách DPZ z letadel a družic**. Seznámí se s rozdíly obrazů stejného území na leteckém nebo družicovém snímku a na mapě, včetně metodiky souběžného využívání obou těchto informačních zdrojů.

Texty týkající se leteckých snímků obsahují základní vztahy a pojmy potřebné pro práci se snímky. Uvádějí **klasifikaci snímků**. Ozřejmují problematiku **zkreslení obrazu v důsledku centrální projekce a vlivu převýšení terénu** a přibližují postupy eliminace těchto zkreslení. V potřebné míře se budoucí učitelé seznámí s **využitím snímků v tvorbě map a s přednostmi ortofotomap**, užitečné mohou být informace o možnostech využití snímků z archivu Vojenského topografického ústavu v Dobrušce, které jsou z území České republiky k dispozici od konce třicátých let minulého století do současnosti.

Studijní a metodické texty shrnují dále **nejpodstatnější informace o DPZ** včetně údajů o oběžných drahách družic a charakteristik nejznámějších družicových systémů, prostřednictvím nichž se obrazy Země pořizují.

Poměrně rozsáhlá část studijního textu je věnována problematice **vlastní interpretace obsahu leteckých a družicových snímků**. Má vytvořit předpoklady pro následné metody a praktické postupy vyhodnocování konkrétních leteckých a družicových snímků vybraných regionů. Texty a úprava příloh jsou koncipovány tak, aby podnítily čtenáře k hledání a samostatnému rozvíjení dalších postupů při práci s obrazovými informacemi leteckých a družicových snímků ve škole.

2. METODY A CÍLE DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ

2.1 Základní charakteristika

Dálkovým průzkumem Země (DPZ) se rozumí **zkoumání, měření a zobrazování** objektů a jevů v krajinné sféře **bez přímého fyzického kontaktu s nimi**.

DPZ obsahuje komplexní problematiku od principu vzniku **snímků a obrazových záznamů** z letadel a z družic po jejich interpretaci sestávající z:

1. **zhotovování,**
2. **přenosu,**
3. **zpracování,**
4. **vyhodnocení,**
5. **analýzy,**
6. **využití.**

Výsledkem DPZ jsou zpravidla **letecké snímky a družicové obrazové záznamy** zpracované analogově nebo digitálně.

Rozlišujeme dvě základní metody DPZ: **1. konvenční metody**, které dříve převládaly a jejichž výsledkem jsou fotografie, a **2. nekonvenční metody** snímání zemského povrchu z přístrojů na družicích Země, kdy výsledkem je obrazový záznam na médiu. Snímání z velkých výšek si vynutilo zavedení nových technologií pro zobrazování, pro přenos získaných informací z družice na Zemi, jejich rychlé vyhodnocení a předání uživatelům. Stále více se v současné době uplatňují **digitální metody přenosu a zpracování družicových záznamů**.

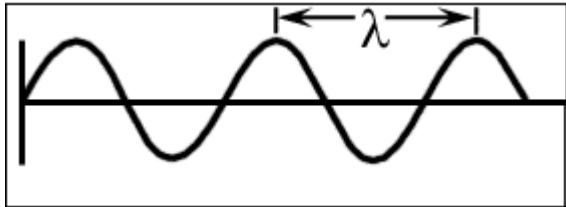
Prostorové informace o zemském povrchu poskytované **mapou a leteckým snímkem nebo obrazem z družice** mají dvě základní společné složky. Jsou to:

- **informace o poloze objektů**, jejich půdorysu (tvaru), velikostech a umístění vzhledem k objektům okolním,
- **informace o typických vlastnostech objektů** (informace tematické).

Rozsah zobrazeného území je ovlivněn parametry použitých snímačů a výškou letadla nebo družice nad snímanou oblastí.

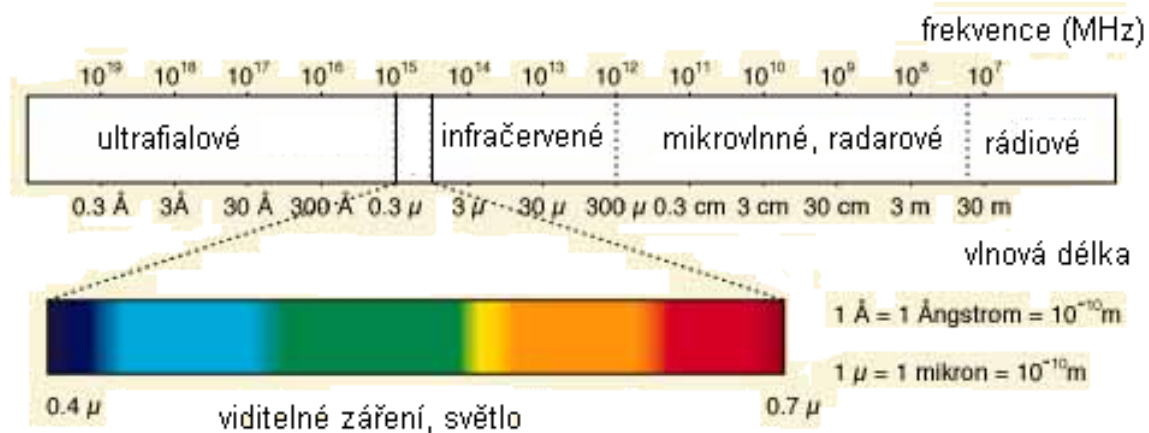
2.1.1 Fyzikální podstata DPZ

DPZ získává informace o objektech a jevech obvykle prostřednictvím **elektromagnetického** záření. Základem pro sběr dat je skutečnost, že zkoumané předměty, určitý druh záření emitují nebo odrážejí. Základní charakteristikou elektromagnetického záření je **vlnová délka**, tj. vzdálenost dvou bodů ve stejné fázi (obr. 2.1).

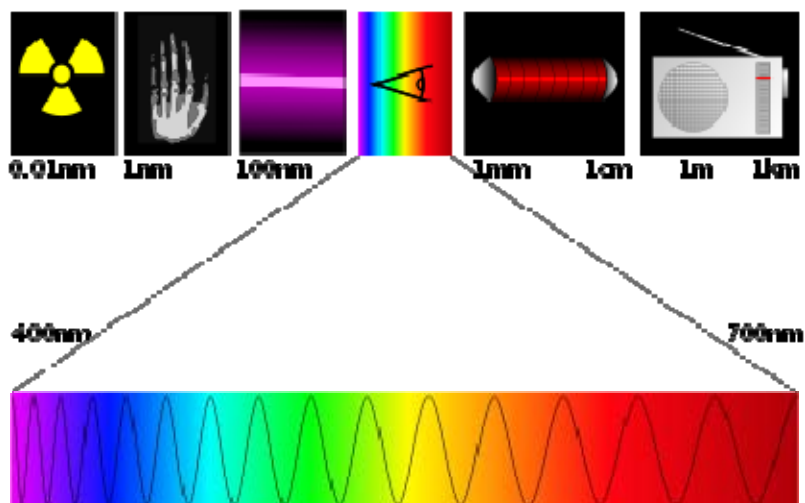


Obr. 2.1 Schéma elektromagnetické vlny, λ – vlnová délka

S elektromagnetickým zářením v přírodě se setkáváme v širokém **spektru** o rozsahu téměř 20 řádů. Spektrum se podle vlnové délky dělí do několika základních oblastí, které jsou dány zpravidla konvenčně odlišnými způsoby měření v jeho jednotlivých částech.



Obr. 2.2 Základní oblasti dělení elektromagnetického spektra. Obrázek barevně v příloze 1.



Obr. 2.3 Schematické znázornění elektromagnetického záření podle vlnové délky (gamma, rentgenové, ultrafialové, viditelné, infračervené, rádiové), zdroj [16]

Lidské oko je citlivé pouze na světlo – **viditelnou část spektra, což je úzký interval vlnových délek záření**. K ostatním vlnovým délkám je lidské oko necitlivé – čili pro člověka bez speciálních pomůcek „neviditelné“. Barvy vyskytující se ve světelném spektru, na které je citlivé lidského, se nazývají **spektrální barvy**. Odpovídají jim vždy konkrétní rozsahy vlnových délek a frekvencí elektromagnetického záření (obr. 2.4). Objekt se jeví jako žlutý, odráží-li především žlutou část spektra, tj. naše oko zachycuje vlny délky 565 až 590 nm apod., (tzv. efekt barvy).

S technickým pokrokem se vyvíjely i technologie, které umožnily zaznamenat i jiné skupiny vlnových délek. Dnes se využívá **záření v intervalu vlnových délek zhruba od 0,1 mikrometrů do 1 metru**.

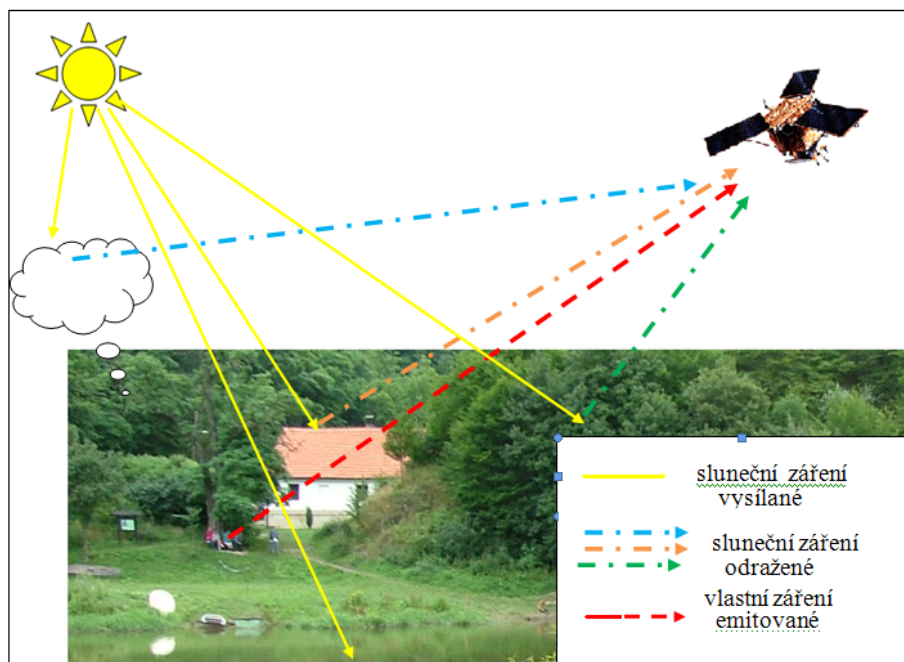
Barva	Vlnová délka
červená	~ 625 až 740 nm
oranžová	~ 590 až 625 nm
žlutá	~ 565 až 590 nm
zelená	~ 520 až 565 nm
azurová	~ 500 až 520 nm
modrá	~ 430 až 500 nm
fialová	~ 380 až 430 nm

Obr. 2.4 Barvy a vlnová délka, zdroj [16]. Obrázek barevně v příloze 1.

Elektromagnetické záření dopadající na zemský povrch může být:

- **odráženo,**
- **pohlcováno.**

Pro dálkový průzkum má největší význam část elektromagnetické energie odražené povrchem. Ta může být zachycena přístroji na palubách letadel nebo družic.

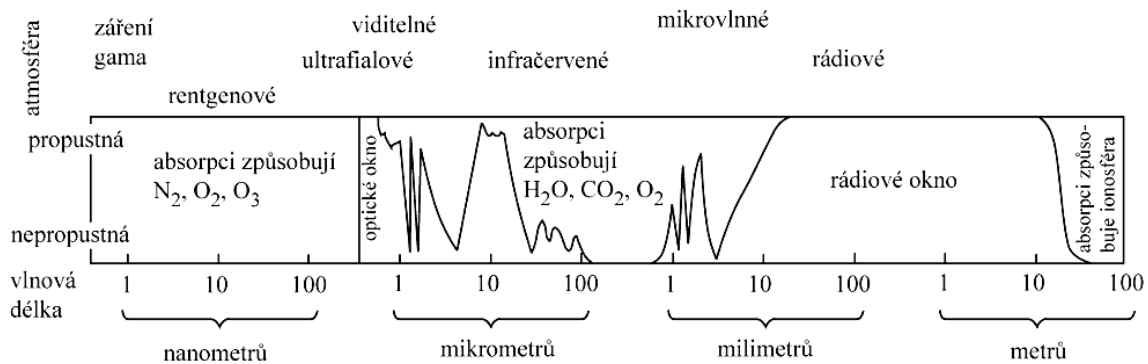


Obr. 2.5 Zdroje elektromagnetického záření (sluneční paprsky nebo vlastní tepelné záření emitované objekty zemského povrchu), záření zaznamenávané přístroji na družici

Slunce je hlavním **zdrojem elektromagnetického záření** dopadajícího na Zemi. Po průchodu atmosférou se **odráží** od objektů na zemském povrchu nebo od spodních vrstev atmosféry. Toto záření může být zaznamenáno přístroji. Samy **objekty na zemském povrchu** jsou výrazně chladnější než Slunce. Vyzářují (emitují) vlastní dlouhovlnné **záření**. Všechna záření, přicházející z kosmu na zemský povrch, lze bez obtíží sledovat na všech vlnových délkách jen mimo zemskou atmosféru. Ovzduší Země působí jako filtr, propouští jen některé oblasti spektra – to jsou tzv. **atmosférická okna** viz obr. 2.6. Záření v jiných oborech spektra nepropouští vůbec, jinde jenom zčásti.

Záření s nejkratšími vlnovými délkami (gama až ultrafialové) je pohlcováno především atmosférickým ozonem. Po úzkém optickém oknu následuje infračervené okno, které propouští záření pouze zčásti a jen v některých oblastech vlnových délek. Značná část infračerveného a mikrovlnného záření se na povrch Země nedostane vůbec, je pohlcena

v atmosféře zejména molekulami vody a kyslíku. Rádiové záření objektů s vlnovými délkami řádově milimetrovými až desetimetrovými pozorujeme v rádiovém oknu. Delší vlnové délky nepropouští zemská ionosféra, viz obr. 2.6.



Obr. 2.6 Atmosférická okna – optické okno, rádiové okno, zdroj [17]

V úsecích atmosférických oken bylo vymezeno **šest základních oblastí elektromagnetického záření** jako nejvhodnějších pro získávání informací o zemském povrchu či atmosféře prostřednictvím distančního měření odraženého nebo vyzářeného elektromagnetického záření. (podle [2])

1. ultrafialové záření (vlnová délka 50 nm až 400 nm)
2. viditelné záření (vlnová délka 400 nm až 750 nm)
3. infračervené záření (vlnová délka 750 nm až 1mm)
 - a. infračervené záření blízké (vlnová délka 750 až 1400 nm)
 - b. infračervené záření střední (vlnová délka 1400 až 3000 nm)
 - c. tepelné záření (vlnová délka 3000 nm 1 mm)
4. mikrovlnné záření (vlnová délka 1 mm až 1m)

1. K zemskému povrchu je propouštěna pouze malá část **ultrafialového záření**, většinou je tato část spektra výrazně pohlcována atmosférou. Ultrafialového záření se v DPZ nejvíce využívá v geologii, protože mnoho minerálů vydává charakteristické záření v těchto vlnových délkách (např. pro vyhledávání ložisek zlata), v monitorování rozsahu znečištění (např. ropných skvrn). Toto záření částečně prochází vodním sloupcem.
2. **Viditelné záření** lze rozdělit na dílčí intervaly – na část modrého světla (0,4–0,5 μm), zeleného světla (0,5–0,6 μm) a červeného světla (0,6–0,7 μm).

(Srovnej viz spektrální barvy). Suchou a čistou atmosférou prochází bez významného ovlivnění (atmosférické okno). Je však značně rozptylováno a pohlcováno různými aerosoly, a proto neprochází oblačností a mlhou. Protože zdrojem tohoto krátkovlnného záření je Slunce, lze je zaznamenávat pouze v denních hodinách. Viditelné záření prochází vodním sloupcem do hloubky desítek metrů. Jeho modrá část prochází čistou vodou až do cca 30 m, červená část viditelného spektra je vodou výrazně pohlcována. To umožňuje studovat mnoho fyzikálních i biologických vlastností vodních objektů. V oblasti viditelného záření pracují konvenční metody pořizování obrazových dat i většina družicových systémů poskytuje také data ve viditelné části spektra. Nedá se dobře využít např. v geologických aplikacích. (Jednotlivé horniny, minerály a půda odrážejí velmi podobné záření, nelze pak na snímku rozeznat povrch, který záření odrazil – viz spektrální chování objektů). Vlnové délky viditelného záření jsou znečištěnou či „vlhkou“ atmosférou rozptylovány a pohlcovány, což má za následek např. ztrátu kontrastu snímků pořízených ve viditelném záření.

3. a) **Blízké infračervené záření** navazuje na viditelnou část spektra. Je méně ovlivňováno atmosférou, proto jsou snímky ostřejší a kontrastnější. Díky tomu jsou vhodné k topografickým účelům. Blízké infračervené záření se uplatňuje při studiích zaměřených na vegetaci (lesnictví, zemědělství). Voda toto záření pohlcuje, neodráží tedy téměř nic a na snímcích se jeví jako černá.
 - b) Oblast **středního infračerveného záření** pro DPZ se rozkládá ve dvou atmosférických oknech, která jsou využívána hlavně pro vegetační a geologické studie. Umožňuje dobré rozlišení druhů vegetace a jejího zdravotního stavu, rozpoznávání ledu a sněhu, odlišení oblačnosti, k rozlišení druhů minerálů.
 - c) Zaznamenání **tepelného infračerveného záření** dovoluje získat poznatky o tepelné bilanci objektů, o povrchové teplotě oceánů, tepelném znečištění řek, jezer a krajiny, o lokalizaci lesních požárů.
4. **Mikrovlnné záření** jen málo závisí na podmínkách počasí, výrazně zeslabováno je pouze v případě vydatného deště. Tohoto poznatku je využíváno v meteorologických aplikacích k zjišťování srážkových oblastí či intenzity srážek. Mikrovlnné záření je málo intenzivní, využívá se proto pomocí aktivních systémů např. radarů, které jej vysílají a následně zaznamenávají.

2.1.2 Spektrální chování objektů

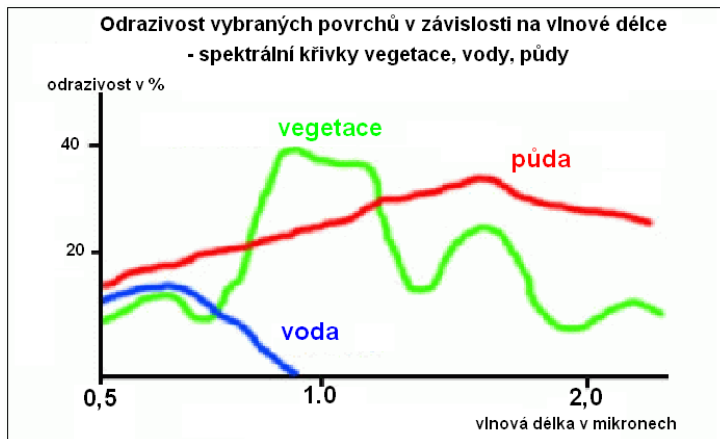
Viditelnost a rozpoznatelnost objektu na snímcích je dána množstvím odraženého záření. Při obvyklém způsobu, kdy se přiřazuje konkrétní odstín šedi určitému množství odraženého záření, bude světlý ten objekt, který odráží hodně záření z té části elektromagnetického spektra, které bylo na snímku zachyceno, a naopak.

Intenzita odraženého či vyzařovaného (emitovaného) krátkovlnného záření závisí především na:

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

Porovnáme-li snímky stejného objektu pořízené v různých částech elektromagnetického záření, obvykle můžeme sledovat rozdílnou intenzitu šedi, představující množství odraženého a přístroji zaznamenaného záření. Množství odraženého záření lze charakterizovat prostřednictvím **spektrální odrazivosti**. Pro daný objekt můžeme sestavit **závislost mezi odrazivostí objektu a vlnovou délkou**. Graficky ji lze znázornit tzv. **spektrální křivkou odrazivosti**. Spektrální křivka je projevem **spektrálního chování objektu**. Pro dané podmínky a stejné povrchy objektů (holá půda, vegetace) má křivka typický průběh patrný z obrázku 2.7.

Množství odraženého záření rozhoduje o tom, zda je objekt na snímku vidět. Objekt, který odráží jen málo záření, se jeví jako tmavý. K identifikaci každého objektu jsou také důležité **vlastnosti sousedních objektů**. Odráží-li dva sousední rozdílné objekty stejné množství záření určité vlnové délky, budou na snímku splývat. Díky tomu, že odrazivost objektů se mění s vlnovou délkou záření, lze najít intervaly vlnových délek, ve kterých se projeví rozdílná odrazivost povrchů. Pak bude možno tyto objekty snadno rozpoznat.



Obr. 2.7 Spektrální křivka odrazivosti pro vodu, půdu a vegetaci, podle [15]

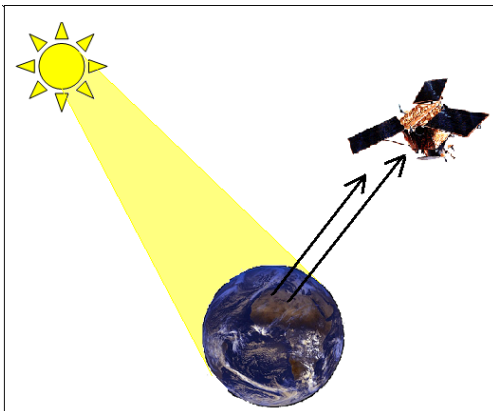
2.2 Metody dálkového průzkumu Země

Metody DPZ se dělí podle zdroje elektromagnetického záření na pasivní a aktivní:

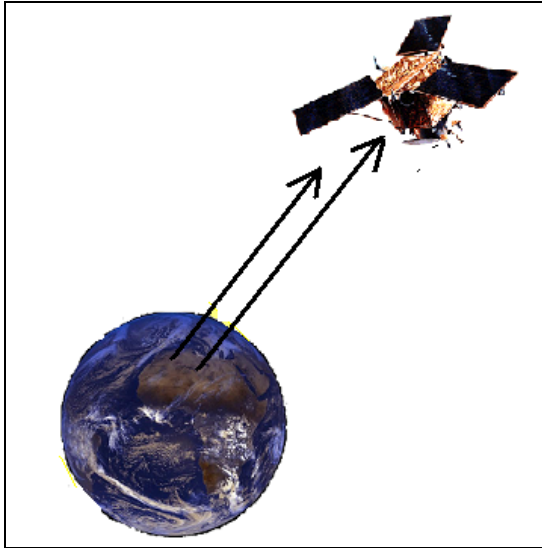
Pasivní metody mohou být:

- přímé – využívající odražené sluneční záření (obr. 2.8),
- nepřímé – využívající vlastní vyzařování objektu, např. termovize (obr. 2.9).

Aktivní metody pracují se zářením vysílaným ze zdroje umístěného na nosiči a jeho zpětným odrazem zachyceným na nosiči, např. radar (obr. 2.10)



Obr. 2.8 Pasivní přímé metody. Přístrojem na nosiči je zaznamenáváno odražené sluneční záření



Obr. 2.9 Pasivní nepřímé metody – na nosiči je zaznamenáváno záření vyzařované vlastním objektem (např. jeho tepelné záření)



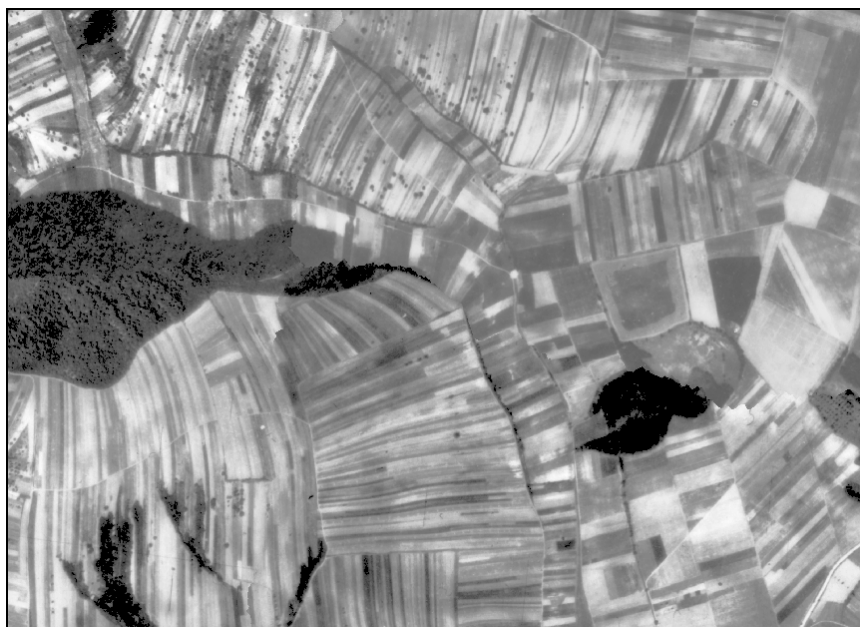
Obr. 2.10 Aktivní metody DPZ – záření je vysíláno ze zdroje na nosiči a jako odražené je zaznamenáno

2.2.1 Konvenční fotografické metody DPZ

Kvalita a informační hodnota leteckých a družicových snímků pořízených **klasickými fotografickými** metodami závisí na technických **parametrech fotografické komory** (optice, ohniskové vzdálenosti, světelnosti), na tom, zda byly použity **černobílé** nebo **barevné** materiály, na jejich citlivosti a způsobech zpracování. Všechny jednovrstevné filmy jsou černobílé. K tomu aby byl terén snímán barevně je potřeba, aby film měl dvě až tři vrstvy, které jsou citlivé na různé barvy. „Klasické“ **barevné fotografie** jsou pořízeny na film se třemi vrstvami citlivými na modrou, zelenou a červenou barvu. Kombinace těchto barev pak vyvolává dojem výsledné přirozené barevnosti (natural color). Pokud jsou vrstvy citlivé k jiné kombinaci barev (často je jedna z nich infračervená), je výsledkem obraz v **barvách nepřirozených** (false color). Spektrozonální snímky jsou barevné infračervené snímky s jednou vrstvou citlivou na infračervené záření.

Většina leteckých snímků určených pro topografické a geografické aplikace a kartografické využití se vyhotovovala na **panchromatickém (černobílém) materiálu**, který je citlivý ke všem vlnovým délkám **viditelné části** spektra (obr. 2.11).

Obraz vzniká pomocí objektivu letecké fotografické komory v okamžiku expozice najednou na celé citlivé fotografické vrstvě snímku. Letecké snímky jsou k dispozici zpravidla v analogové formě na filmu, nejčastěji jako kopie na fotografickém papíru.



Obr. 2.11 Výřez z leteckého snímku oblasti jižní Moravy pořízeném v létě r. 1953, kopie na fotografickém papíru.

Černobílé snímky exponované v třicátých až devadesátých létech 20. století ve všech viditelných částech spektra umožňují stále velmi dobré prostorové rozlišení zobrazovaných detailů. V praxi se využívaly při pořizování přesných **leteckých měřických snímků** určených pro topografické mapování.

Stále častěji se prosazují **snímky barevné**. Barva výrazně zlepšuje interpretační možnosti při rozlišování objektů na snímcích (obr. 2.12). Zatímco na černobílých snímcích je možno vizuálně rozlišit desítky odstínů šedých tónů, lze na správně exponovaném barevném snímku vzájemně odlišit řádově tisíce **barevných odstínů** (např. jednotlivých typů porostů, znečištění vod, poškození lesů, vlhkosti půdy, složení půdy, geologických charakteristik, socioekonomických jevů, geomorfologických pochodů apod.). Nedostatkem je určitá **ztráta barevnosti a změna barevných tónů objektů při snímkování z větších výšek vlivem rozptylu a absorpce paprsků v atmosféře**.



Obr. 2.12 Výřez z leteckého barevného snímku z roku 2000 (zobrazuje stejné území jako obr. 2.11)

Pro získání informací o objektech a jevech, které nelze plně interpretovat na černobílých snímcích, se používají **materiály citlivé v oblasti infračerveného záření**. Dlouhovlnné paprsky pronikají lépe atmosférou a umožňují zhotovovat snímky i za **ztížených atmosférických podmínek** (opar, mlha, kouřmo), mají větší kontrast a jsou jasnější. Dají se na nich např. dobře rozlišit nejen listnaté a jehličnaté porosty, ale i jednotlivé dřeviny, zemědělské porosty, typy oblačnosti, stejně jako objekty socioekonomické sféry a důsledky jejího vlivu na znečištění ovzduší apod.

Pokrok v DPZ přinesly tak zvané **multispektrální fotografie**. Pořizují se na černobílý nebo infračervený film **speciálními komorami s více objektivy** (obr. 2.13). Před každým objektivem je umístěn filtr, který propouští jeden určitý, **předem stanovený rozsah vlnových délek** spektra. Dle počtu zaznamenávaných intervalů vlnových délek se získá odpovídající počet snímků stejného území zaznamenaných současně, ale v rozdílných vlnových délkách. Jednotlivé snímky se nazývají **spektrální výtažky**.



Obr. 2.13 Multispektrální kamera zaznamenává současně snímky z několika pásem spektra, zdroj [7].

Kombinací spektrálních snímků a příslušných filtrů lze získat na speciálních směšovacích zařízeních – **multispektrálních projektorech** syntézou tří barev výsledný barevný obraz území, ve kterém je možno zvýraznit požadovanou informaci v předem zvolené barvě (barvy mohou být voleny libovolně). Pro geografické vyhodnocení má význam skutečnost, že multispektrální fotografie umožňují rozlišit objekty a jevy, které by se jevily na běžné černobílé nebo barevné fotografiích stejně.

Měřickými vlastnostmi leteckých snímků, jejich zpracováním a praktickým využitím pro tvorbu map se zabývá samostatná vědní disciplína – **fotogrammetrie**.

2.2.2 Nekonvenční metody dálkového průzkumu Země

Nekonvenční způsoby zobrazení zemského povrchu se liší od fotografických postupů **jinou technikou vytváření obrazu**. Vyznačují se různorodostí metod založených na vlastnostech šíření elektromagnetického vlnění, tepelného záření, mikrovlnného radiového vlnění. Tyto metody umožňují získat podrobné údaje a charakteristiky o atmosféře, zemském povrchu a mořích i silových polích Země. Obrazy vznikají v měřicích přístrojích na nosiči

rozložením po jednotlivých řádcích tzv. **řádkováním**. Průsečíkem jednoho řádku a jednoho sloupce se definuje **obrazový prvek, pixel** (podle picture element). Jeho velikost, rozměr odpovídá rozlišovacím možnostem snímacího zařízení, tj. čím menší pixel, tím větší rozlišení. Každá rastrová buňka (pixel) polohově lokalizovaná souřadnicemi má číslo odpovídající množství zaznamenaného záření, tomuto číslu pak odpovídá tón šedi nebo barvy.

K měření množství energie pocházejícího ze zdroje záření slouží **radiometry**. Snímací rozkladová rastrová zařízení jsou **skenery**. Vznikají obrazové záznamy, na nichž je rozlišení obrazového detailu obecně menší než u fotografie. Jsou pořizovány v široké části spektra a poskytovány v číselné (digitální) podobě.

Elektronická zařízení ve snímacích družicích dovolují registrovat široký vlnový rozsah elektromagnetického záření. Patří sem:

- **radiometry a snímací rozkladná zařízení** určená k měření radiace světelného až mikrovlnného záření ve zkoumaném území.
- **termální skenery a radiometry** zachycují tepelné záření z pevnin a oceánů. Protože chceme často zjistit vlastní tepelné záření objektu/jeho teplotu), snímáme v noci, kdy objekty neodrážejí sluneční záření.
- **radiolokátory**, které samy vysílají z letadla nebo družice mikrovlnné záření a zaznamenávají jeho odraz od terénu (nebo jiných objektů). Podle [2].

Většina obrazových záznamů pořizovaných družicemi dnes vzniká **nekonvenčními metodami**. Výhodou je, že snímací zařízení na družicích umožňují **registrovat obrazové záznamy v různých pásmech spektra**. Využívají se hlavně skenery. Aktivní systémy, radary se využívají v DPZ stále častěji, a to především pro meteorologické aplikace (údaje z radaru o srážkách), při zjišťování nadmořských výšek, vyhodnocování reliéfu a jeho změn a následně sestavení modelů reliéfu, dále i v lesnictví, zemědělství, glaciologii atd.

Pojmy:

dálkový průzkum Země, prostorová informace a její složky, konvenční metody, nekonvenční metody, aktivní a pasivní metody, elektromagnetické vlnění, spektrum, mikrovlnné záření, tepelné infračervené záření, infračerveného záření, viditelné záření, ultrafialového záření, spektrální barvy, efekt barvy, spektrální chování, spektrální křivka odrazivosti, letecký snímek, družicový snímek, černobílý snímek, barevný snímek, spektrozónální snímek, multispektrální snímek, obrazový prvek – pixel, radiometr, skener, radar.

Otázky:

- 1. Rozhodněte dle definice DPZ, zda snímkování reliéfu malých částí zemského povrchu pořizovaných z modelů letadel řízených rádiem (např. při zkoumání důsledků plošné eroze a odnosu ornice z polí) patří do DPZ.**
- 2. Kterou metodu DPZ využíváte při radarovém snímkování?**
- 3. Popište hlavní rozdíly mezi leteckou fotografií a družicovým snímkem.**
- 4. Jmenujte dvě základní složky geografických dat.**
- 5. Vysvětlete, proč jsou některé objekty dobře rozpoznatelné na snímcích ve viditelné části spektra, jiné objekty na snímcích infračervených.**
- 6. Vysvětlete, proč DPZ jsou na snímcích patrné i vlastnosti povrchu moří a přilehlých vrstev atmosféry.**
- 7. Pro které záření platí, že jej atmosféra málo propouští, což je nevýhoda pro DPZ, ale velká výhoda pro živé organismy?**
- 8. Jmenujte oblasti lidské činnosti, které využívají snímky pořizovaných v pásmu tepelného infračerveného záření.**
- 9. S pomocí spektrální křivky odrazivosti pro vodu, půdu a vegetaci, obr. 2.7, vysvětlete, proč se vodní plochy na snímcích zaznamenávajících záření s vlnovou délkou větší jak jeden mikron jeví jako černé.**
- 10. Ve kterých vlnových délkách má vegetace maximální odrazivost?**
- 11. Jaký maximální rozměr pixelu může být navržen pro snímací zařízení, které má mít rozlišovací schopnost 30 cm?**

3. MAPA, LETECKÝ SNÍMEK A DRUŽICOVÝ OBRAZ STEJNÉHO ÚZEMÍ

Při pohledu z letadla nebo družice mají letci a kosmonauti velmi dobrý pohled na celé území pod sebou. Je to hlavně proto, že jednotlivé terénní tvary a předměty se vzájemně nezakrývají. Vidí je ve vzájemné souvislosti, mohou proto velmi dobře určit i podrobnosti a celkový ráz krajiny. Při pohledu kolmo dolů bude **terén značně připomínat mapu**. Zdálo by se, že takový pořízený obraz může nahradit mapu, že je dokonce lepší než mapa, protože jsou na něm zachovány i podrobnosti, které na mapě zachyceny být nemohou.

Letecký nebo družicový snímek má však s mapou stejného území dost podstatných rozdílů.

3.1 Mapa jako kartografický obraz území

Mapa je **rovinný, generalizovaný obraz území**. Obraz mapy představuje **ortogonální průmět** území na hladinovou referenční plochu elipsoidu nebo koule a následné převedení této plochy do roviny prostřednictvím matematicko-kartografického zobrazení ve zvoleném měřítku. V zájmu dobré čitelnosti a srozumitelnosti jsou **některé obsahové prvky znázorněny nad míru** tj. je větší, než jsou ve skutečnosti (např. šířka silnic, vodních toků, velikosti budov). Naopak **velké množství objektů v terénu nemůže být v mapě zakresleno vůbec** vzhledem k jejich malým rozměrům (např. jednotlivé stromy, některé polní a lesní cesty, potůčky). Generalizovaný (zevšeobecněný) **obsah mapy** je vyjádřen **smluvenými značkami** a je závislý na tom, o jaký druh mapy se jedná. Jiná je mapa topografická nebo turistická, jiné obsahové priority a způsoby znázornění mají mapy obecněgeografické nebo tematické, nástěnné nebo atlasové.

V každé mapě jsou vždy uvedena **vlastní jména** geografických objektů, celá řada zkratk a dalších údajů. Hlavní obsahové prvky mapy jsou barevně odlišeny. Ve většině map je vyjádřena **výškopisná složka** terénu vrstevnicemi a výškovými kótami, které dávají dobrou představu o členitosti území. Zeměpisná síť (na podrobných mapách také rovinná souřadnicová síť) umožňuje **lokalizovat polohu jakéhokoliv objektu** na mapě.

Nevýhodou je, že změny v terénu, které nastaly po vytištění mapy, není možno průběžně opravovat, a proto **každá mapa je více méně obsahově zastaralá**.

3.2 Informace o území v obsahu leteckých snímků a družicových obrazů

Letecký nebo družicový snímek, pořízený ze stejného území jako mapa, **není generalizován**. Zobrazuje všechno, co je schopen rozlišit objektiv letecké fotografické komory nebo co je schopno registrovat snímací zařízení družice – tedy i podrobnosti, jaké není možno na mapě znázornit. Na rozdíl od mapy, kde je např. obdělávaná půda znázorněna pouze celkovým obrysem a bílou plochou, na snímku vidíme pestrou mozaiku jednotlivých polí, můžeme zhruba určit i druh kultury (stromy, keře).

K rozpoznání podrobností a identifikaci objektů pomáhají jemné odstíny šedi nebo barvy, které dovolují na snímku odlišit vykoupanou či navezenou zeminu od okolní půdy. Je zajímavé, že takovéto práce můžeme zjistit i po mnoha letech nebo i tehdy, jsou-li území porostlá kulturami.

Ohromnou předností snímků DPZ je jejich **aktuálnost** a možnost opakovaně sledovat změny a dynamiku jevů v čase.

Tato vlastnost má velký význam pro hodnocení změn v tvářnosti krajiny zejména tehdy, můžeme-li porovnávat snímky stejného území pořízené v různých časových obdobích. Snímky jsou nezastupitelným podkladem pro aktualizaci obsahu map.

Nevýhodou leteckého nebo družicového snímku je, **že nemá v celé ploše přesné měřítko a obraz má určité zkreslení**. Protože na snímku jsou zobrazeny všechny podrobnosti, **nevynikají objekty důležité**, přítomnost některých není možno někdy vůbec zjistit (na snímku DPZ těžko poznáme druh a třídu komunikace, druh mostů).

Bez mapy někdy obtížně poznáme, z kterého území snímek je, nebudeme znát názvy sídel a názvy pomístné, úplně bude chybět doplňující popis, kóty, zeměpisná síť apod.

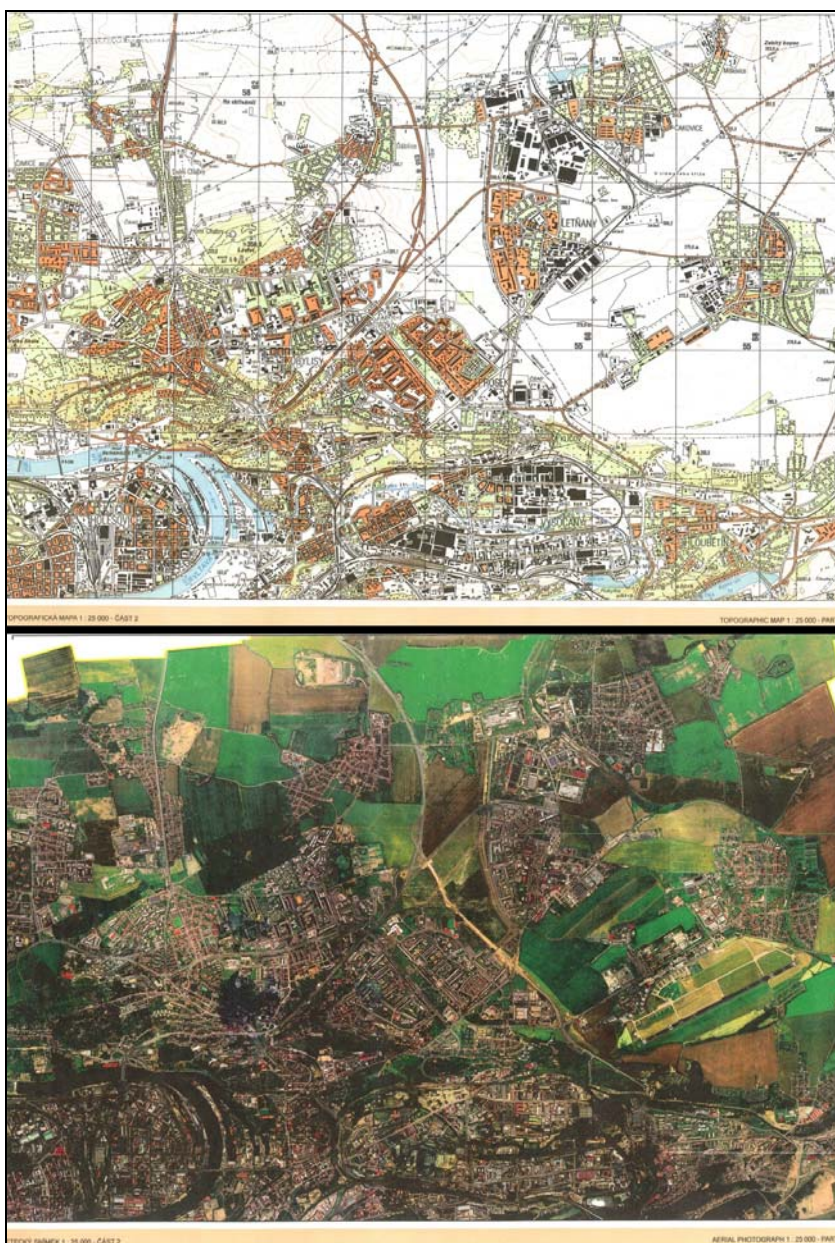
Z jednotlivého snímku nelze dobře posoudit členitost reliéfu terénu. Dvojice leteckých snímků nám umožňuje naopak přesné vyhodnocení terénních tvarů.

Snímek DPZ a mapa mají své přednosti i nedostatky. Předností leteckých a družicových snímků je jejich obsažnost, informační bohatost a aktuálnost. V posledních patnácti letech převládaly při pořizování a zpracování barevných leteckých a družicových snímků **digitální metody**. Pokud nejsou pořizovány přímo digitálně, nevytvářejí se kopie starších konvenčních fotografických snímků klasickou fotografickou cestou. Původní negativy nebo pozitivy jsou pomocí skenerů automaticky transformovány do rastrových digitálních souborů a dále počítačově zpracovány.

Každá rastrová buňka (pixel) polohově lokalizovaná rovinovými souřadnicemi má určitou číselnou hodnotu, které je přiřazena konkrétní intenzita tónu šedi nebo barvy

v rozsahu několika set tónových odstínů. Z **digitálního záznamu se dá zpětně vizualizovat na obrazovce počítače barevný obraz území** nebo vytvořit speciálním zobrazovacím zařízením barevný analogový obraz snímku na papíře v jakémkoli zvětšení.

Digitální technologie umožňuje navíc odstranit zkreslení snímku a transformovat jeho obraz do stejného měřítka a kartografického zobrazení (projekce), jaké by měla mapa stejného území. Vznikají tak **ortofota (ortofotografie)** a ortogonálně upravené družicové záznamy umožňující bezprostřední srovnání výhod a nevýhod snímku a mapy a tím i snadnější interpretaci a vyhodnocení zobrazené reality.



Obr. 3.1 Část území Prahy na ortofotosnímku a na mapě shodného měřítka usnadňuje interpretaci objektů na snímku, podává i názornou představu o rozdílu ortofotosnímku a mapy.

Ortogonalně transformované letecké snímky a obrazové záznamy z družic se dále doplňují a zvýrazňují kresbou některých mapových značek (např. komunikací, objektů), názvoslovím a popisem, dokreslením mapového rámu a zeměpisnými nebo rovinnými souřadnicemi, legendami apod. tak, aby získaly vlastnosti mapy. Vznikají tak **ortofotomapy** – kvalitativně nové, všestranně využitelnější počítačové nebo analogové modely území spojující přednosti snímku a mapy (podrobněji stať 4.4.1).

Pojmy:

mapa, obsah mapy, ortofoto, ortofotomapa

Otázky:

1. Vysvětlete rozdíly mezi mapou a leteckým snímkem stejného území.
2. Jmenujte výhody a nevýhody leteckého či družicového snímku v porovnání s mapou.
3. Které informace můžeme čerpat z mapy při práci s leteckým nebo družicovým snímkem?
4. Vysvětlete rozdíl mezi leteckým snímkem, ortofotem a ortofotomapou.

4. LETECKÉ A DRUŽICOVÉ SNÍMKY A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ

4.1 Základní vztahy a pojmy na leteckých měřických snímcích

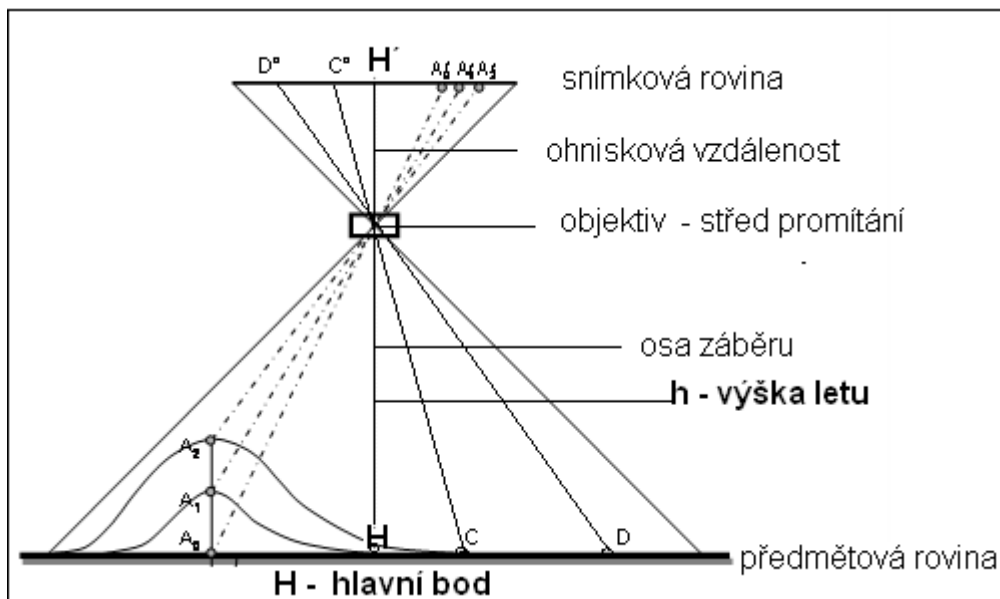
Vycházejme z představy, že fotografujeme rovinatý terén a rovina snímku je přesně rovnoběžná s rovinou snímatelného území – rovinou předmětovou (obr. 4.1).

Letecký měřičský snímek vzniká **centrální projekcí**. Objektiv fotokomory je středem promítání. Předmětové body B, C, D se zobrazí na citlivé fotografické vrstvě filmu ve snímkové rovině do bodů B', C', D'.

Svislá vzdálenost h mezi objektivem o fotokomory a terénem je výška letu. Vzdálenost objektivu o od snímkové roviny je ohnisková délka komory f . Běžný název pro ohniskovou délku je **konstanta komory**. Paprsek procházející středem objektivu o a kolmý na rovinu snímku se nazývá „**osa záběru**“. Stopník H' na snímkové rovině je „**hlavní bod snímku**“. Z geometrické optiky je známo, že předmět nekonečně vzdálený (při leteckém fotografování je to prakticky nejméně několik stovek metrů) se zobrazí v ohniskové rovině objektivu. Protože komora je zaostřena trvale na nekonečno, objektiv má konstantní vzdálenost od obrazové roviny. To umožňuje pevnou konstrukci leteckých fotokomor.

Fotografovaný terén je ideální rovinou zcela výjimečně. Normálně je to zvlněná plocha s větším či menším relativním převýšením.

Jestliže mají body v terénu rozdílné převýšení nad předem zvolenou srovnávací rovinou, neplatí v centrální projekci jednoznačná podobnost mezi bodem v terénu a jeho obrazem ve snímkové rovině. Ve srovnání s mapou, kde se převýšené body promítají do zobrazovací roviny po kolmicích, na leteckém snímku se zobrazí **posunuty po radiálních paprscích vycházejících z hlavního bodu**. Ten jediný se zobrazí nezkresleně. Velikost radiálního posunu roste s převýšením bodu nad srovnávací rovinou a se vzdáleností od středu snímku. Zmenšuje se s rostoucí výškou letu.



Obr. 4.1 Geometrické vztahy při snímkování území a vliv posunu polohy zobrazeného bodu na snímku v důsledku převýšení terénu.

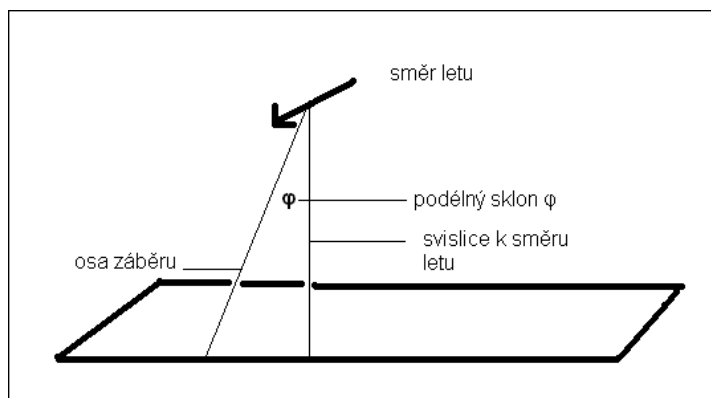
Aby bylo možno určit přesnou polohu bodů zobrazených na snímku a odvodit rozměry fotografovaného předmětu, musíme znát tak zvané **prvky vnitřní a vnější orientace**.

K prvkům **vnitřní orientace** fotokomory patří ohnisková vzdálenost, to je hodnota konstanty komory a poloha **hlavního bodu** vzhledem ke středu snímku. V převážné většině případů je hlavní bod H' totožný se středem snímku.

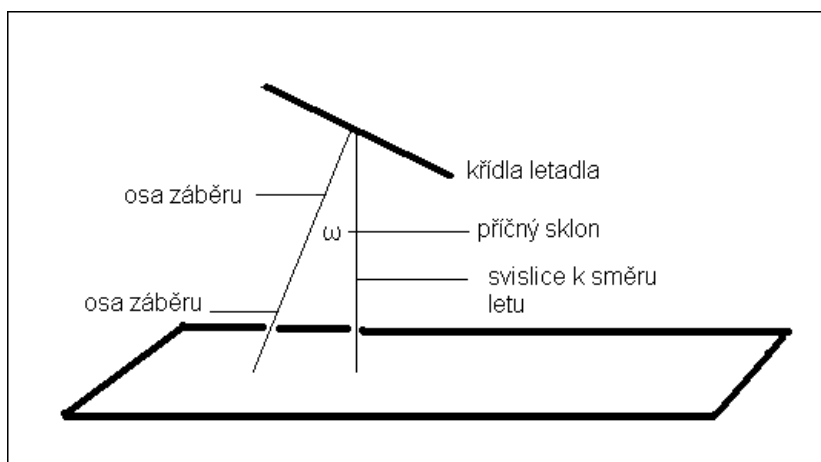
Znalost prvků **vnější orientace** je nutná při fotogrammetrickém mapování. Umožňuje **zpětnou rekonstrukci optických svazků** ve fotogrammetrických přístrojích tak, jak tomu bylo v okamžiku expozice snímku mezi polohou objektivu komory v letadle a fotografovaným terénem – tedy mezi vzájemnou polohou snímkové a předmětové roviny.

Vzájemná poloha snímkové a předmětové roviny je za letu ovlivněna:

- **podélným sklonem φ** tj. malým úhlem, o který se odklání osa záběru od svislice v směru letu, obr. 4.2,
- **příčným sklonem ω** reprezentovaným úhlem odklonu osy záběru od svislice ve směru kolmém na dráhu letu (obr. 4.3).



Obr. 4.2 podélný sklon



Obr. 4.3 Příčný sklon

Prvky vnější orientace se určují pomocí **vřícovacích bodů**. Jde o několik bodů, dobře identifikovaných na snímcích, jejichž situační a výšková poloha (rovinné souřadnice x , y a nadmořská výška z) je předem známa.

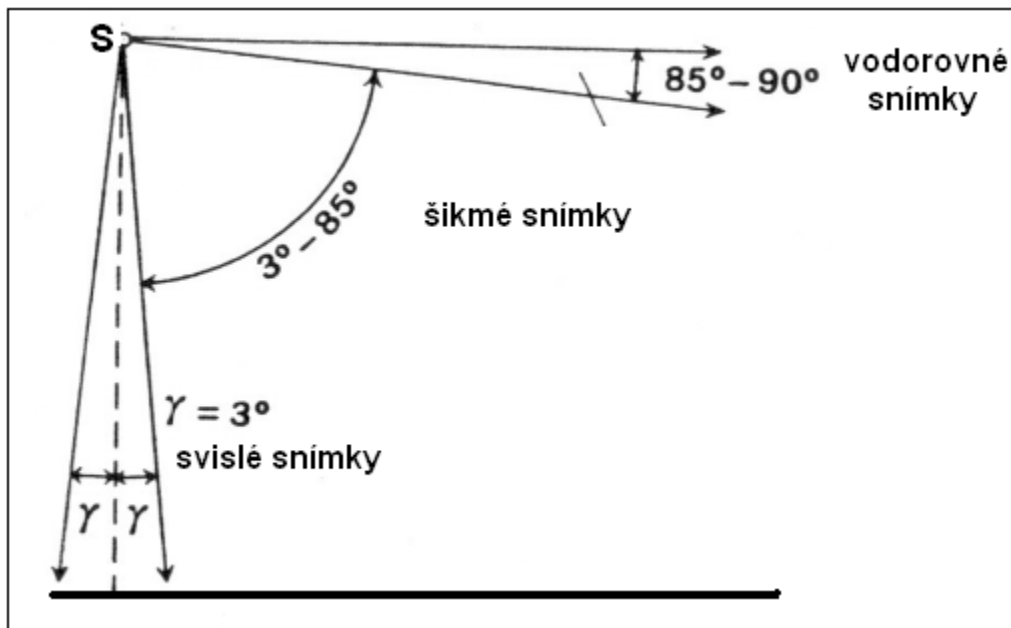
4.2 Rozdělení leteckých snímků

Geometrické vztahy centrální projekce platí také pro družicové snímky pořízené konvenčními metodami. Družicové obrazy pořízené skenováním nemají exaktní geometrický základ a jsou zkreslené. Pro převedení do digitální formy vyžaduje jejich úprava speciální matematické řešení.

Pro mapovací účely a topografické mapování se rozdělují letecké měřické snímky (obr. 4.4) **podle velikosti sklonu** osy záběru na:

- svislé (kolmé), jestliže je osa záběru přesně svislá nebo odkloněná o úhel $\pm 3^\circ$ od svislice (v některých publikacích se uvádí úhel $\pm 5^\circ$),

- šikmé, jestliže je osa záběru odkloněna o úhel 3° až 85° ,
- vodorovné při odklonu osy záběru o úhel 85° až 90° .



Obr. 4.4 Rozdělení leteckých snímků pro topografické vyhodnocování, zdroj [4].

4.2.1 Výhody a nevýhody svislých a šikmých snímků

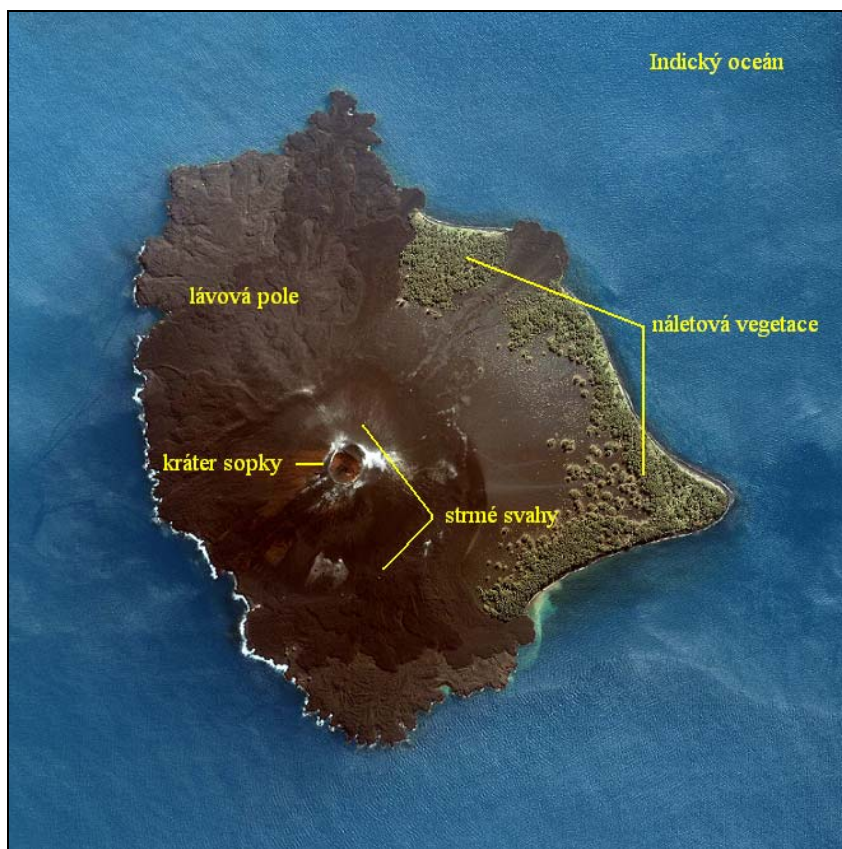
Ze srovnání svislých (kolmých) a šikmých snímků lze posoudit jejich výhody a nevýhody.

Výhody svislých snímků:

- svislý snímek rovinnatého povrchu připomíná do značné míry plán fotografovaného území, na němž je možno provádět měření jako na mapě. Perspektivní zkreslení snímku je zanedbatelné (měřítko je na celém snímku přibližně stejné),
- svislý snímek umožňuje snadné srovnání s mapou daného území, usnadňuje montáž jednotlivých snímků v souvislý obraz fotografovaného území – fotoschema.

Nevýhody svislých snímků:

- čtení a interpretace obsahu svislých snímků působí určité potíže netradičním vertikálním pohledem na území,
- nezvyklý obraz jednotlivých objektů spolu s množstvím obsahově nepodstatných prvků vyžaduje určitý cvik a zkušenosti.



Obr. 4.5 Příklad svislého (kolmého snímku) podává nezkrácený obraz půdorysu ostrova. Zaniká však vjem výšky a tvaru vlastní sopky. Družicový snímek pořízený družicí Ikonos v pravých barvách, zachycuje aktivní sopku ležící na ostrově Anak Krakatau v Sundském průlivu mezi ostrovy Jáva a Sumatra v Indickém oceánu. Detailní snímek mladého vulkánu zobrazuje kruhový kráter, který je obklopen na svazích a úpatích čerstvými lávovými poli a popelem vytvářejícím na východní straně ostrova nové pobřeží, zdroj [17].

Výhody šikmých snímků:

- šikmý letecký snímek je perspektivním obrazem terénu. Proto se zobrazené objekty a terénní tvary jeví pozorovateli jako při normálním pohledu na krajinu z vyššího bodu,
- vyhodnocovatel snímku může mnohem snadněji rozpoznávat zobrazené objekty i konfiguraci terénních tvarů,
- na šikmém snímku lze zobrazit mnohem větší rozlohu území než na snímku svislém, viz obr. 4.6, 4.7 b).

Nevýhody šikmých snímků:

- šikmý snímek má velké perspektivní zkreslení, nelze ho použít pro přesnou lokalizaci objektu ani pro mapování,

- měřítko šikmého snímku není stálé. Stejně je jenom na přímkách rovnoběžných s horizontem, mění se však při přechodu od jedné horizontály ke druhé.



Obr. 4.6 Příklad šikmého snímku. Pohled na zatopené město New Orleans (USA) po hurikánu Katrina v srpnu 2005, Zdroj [12])

Rozdíly mezi svislým a šikmým snímkem, jejich výhody a nevýhody názorně vynikají při srovnání obou typů snímku části města Brna.



Obr. 4.7 a) Svislý (kolmý) snímek Brna. Barevně v příloze 1.

Svislý snímek zachycuje velmi věrně skutečný stav půdorysného uspořádání jednotlivých městských částí Brna. Dobře se dá rozlišit charakter zástavby historického jádra (7) od starších čtvrtí a průmyslových závodů ve střední a jihovýchodní části snímku. Zcela jinak se na snímku jeví modernější vilové čtvrtě a severozápadní a severovýchodní části města a chatové kolonie v zahradách na jihozápadě. Impozantně působí areál výstaviště (8) s rozložením a přesnými půdorysy výstavních pavilonů a technických objektů. Podrobný je obraz uličních sítí, a hlavních komunikačních průtahů, mostů, náměstí, parkovišť (včetně aut). Dobře se dají identifikovat železniční tratě, nádraží včetně budov, nástupiště a provozních zařízení i vlakových souprav (9). Dobře lze lokalizovat na svislém snímku jen zřetelné dominantní stavby města (hrad Špilberk – 1, katedrála sv. Petra a Pavla – 2, Janáčkova opera – 3, sportovní hala Rondo – 4, areál kolejí Vlnařská Masarykovy univerzity – 5, nemocnice, stadiony a hřiště apod.). Velmi detailně je možno na snímku rozlišit půdorysy parků a ostatní zeleně někde včetně rozlišení jednotlivých stromů a keřů a porostů lemujících komunikace a tok řeky Svatky – 6.



Obr. 4.7 b) Šikmý snímek Brna.

Šikmý snímek části města BRNA zobrazuje mnohem větší území než snímek svislý. Dává tak představu o okrajových sídlištích a charakteru území ve vzdálenějším okolí města. Nedává však přesné informace o vzájemných prostorových vztazích zobrazených městských částí a jednotlivých objektů. Jednoznačnou předností šikmého snímku je to, že dává představu

o vzhledu staveb a jejich relativních výškách (hrad Špilberk – 1, katedrála sv. Petra a Pavla – 2, Janáčkova opera – 3, hala Rondo – 4, areál kolejí Vinařská – 5, výškové budovy sídliště). Ze šikmého snímku si uživatel může udělat základní představu také o výškové členitosti území Brna. Dobře se dá posoudit také změna měřítka – na spodním okraji, na horizontále procházející středem snímku a jeho zmenšování směrem k hornímu okraji snímku.

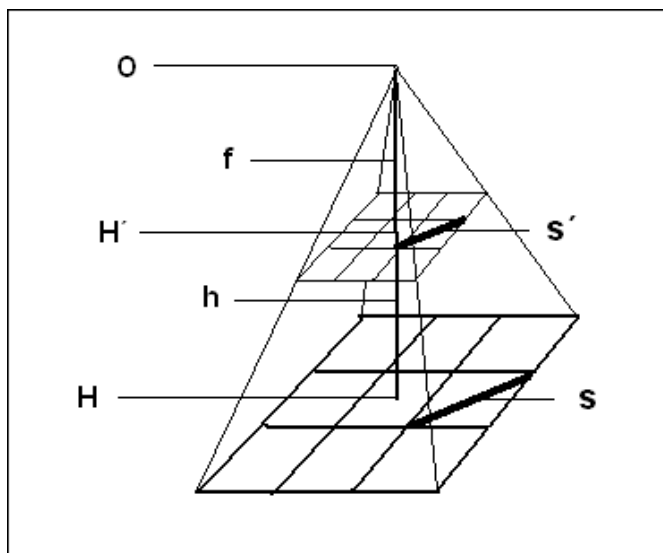
4.2.2 Měřítka svislého snímku

Mezi snímkovou a předmětovou rovinou existuje jednoduchá **geometrická podobnost**. To znamená, že čtvercová síť v terénu se zobrazí jako podobná čtvercová síť na snímku (obr. 4.8). Podobnost mezi svislým snímkem a terénem na jedné straně a mapou a terénem na druhé straně **umožňuje snadné překreslování situace** ze snímku do mapy a naopak.

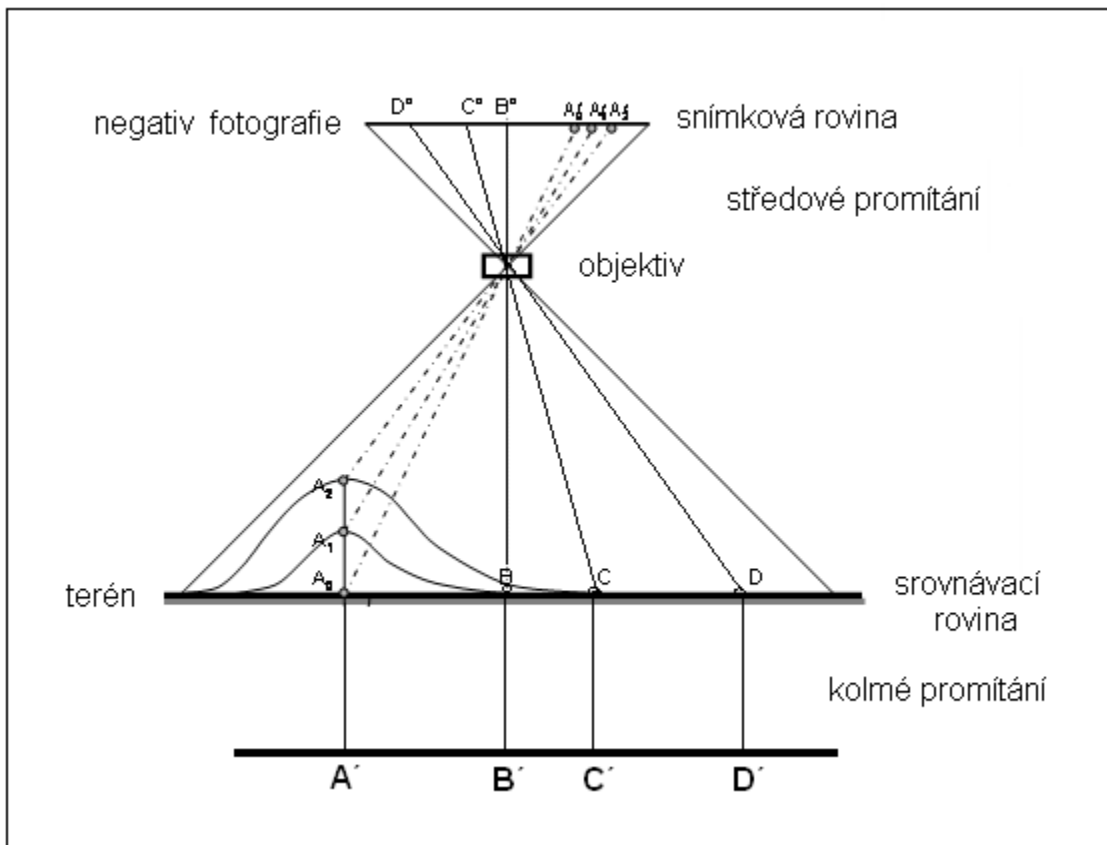
Porovnáme-li vztahy mezi konstantou komory a výškou letu a mezi vzdáleností dvou bodů na snímku a odpovídajících bodů v terénu, vidíme, že poměr vzdálenosti s' na snímku a vzdálenosti s v terénu se rovná poměru konstanty komory f a výšky letu H .

$$s' : s = f : h = 1 : m_s$$

Oba poměry vyjadřují tedy měřítko svislého leteckého snímku – $1 : m_s$.



Obr. 4.8 Geometrická podobnost mezi předmětovou rovinou (např. fotografovaným skutečným terénem) a snímkovou rovinou.



Obr. 4.9 Jednotlivé body položené výše (A_1, A_2) nebo níže (vzhledem ke srovnávací rovině) se zobrazí na snímku posunuty po radiálních paprscích vycházejících z hlavního bodu B , který jediný se zobrazí nezkresleně.

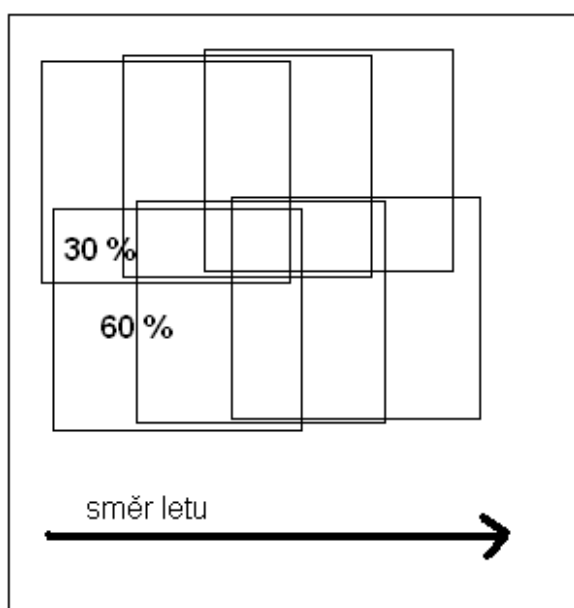
4.3 Fotokomory a formáty používané pro letecké snímkování

Letecké snímkování umožňují speciální **letecké měřičské kamery**, digitální kamery, digitální **videokamery**, obr. 4.10.



Obr. 4.10 Digitální videokamera pro letecké snímkování, zdroj [7].

Formát leteckých měřických snímků byl nejprve 18 x 18 cm, v současnosti jsou to formáty 23 x 23 cm nebo 30 x 30 cm. Stejně jako u fotoaparátů a videokamer se stále více uplatňují při pořizování leteckých snímků **speciální digitální letecké fotokomory**. Není-li možno zobrazit fotografované území na jediný snímek, pořizují se **snímky řadové**. Snímky se exponují za sebou ve směru letu vždy po stejných časových intervalech (obr. 4.11). Aby bylo zaručeno, že území bude kompletně nasnímковано, pořizují se snímky s určitým překrytem. To znamená, že na dvou sousedních snímcích musí být zobrazena část stejného území. Překryt ve směru letu je **překryt podélný** obvykle 60 %. Jednotlivé letecké řady mají vzájemný **překryt příčný** 20–30 %.



Obr. 4.11 Při systematickém leteckém snímkování pro potřeby mapování se snímkuje dané území vždy v rovnoběžných řadách s podélným překrytem zpravidla 60 %. Aby bylo fotografované území plně plošně pokryto, volí se mezi řadami příčný překryt 20 až 30 %.

4.4 Geometrické zpracování leteckých snímků

Nezpracované letecké snímky obsahují určité **geometrické nepřesnosti**. Vzájemná poloha objektu v obraze neodpovídá jejich poloze ve skutečnosti, proto nelze měřit plochy, vzdálenost, snímky nemají jednotné měřítko. Účelem geometrických oprav a transformací je „posazení“ snímku do zvolené souřadnicové soustavy. Geometrické korekce zahrnují skupinu metod, které slouží k:

- transformaci obrazových dat do matematicko-kartografického zobrazení,

- propojení obrazových dat s geografickou databází v geografických informačních systémech (GIS),
- porovnání změn na snímcích pořízených v časových řadách,
- tvorbě ortofotomap,
- vytváření mozaiky z několika obrazových záznamů.

4.4.1 Úprava leteckých snímků pro vyhodnocování a interpretaci obsahu

Než přistoupíme k vyhodnocení leteckých snímků pokrývajících zájmové území je třeba snímky vhodně uspořádat. V první fázi se vytváří **volná sestava snímků** a následně poté **fotoschema**.

Volná sestava snímků

Volnou sestavou nazýváme skupinu snímků, položených jeden na druhý svými překryty. Položení snímků jeden na druhý musí být takové, aby situační čáry a obrysy přecházely pokud možno plynule z jednoho snímku na druhý.

Takto seřazené snímky připícheme špendlíky nebo připínáčky k nějaké porézní (polystyrenové) podložce nebo spojíme sponkami.

Snímky řadíme na sebe podle čísel, které se automaticky zobrazily při expozici. Nejprve sestavíme řady v podélném překrytu a potom jednotlivé řady klademe jednu na druhou a zase se snažíme o plynulý přechod obrysových čar ze snímku na snímek. Nepodaří se nám to vždy úplně. Chyby jsou způsobeny vlivem převýšení terénu, dále tím, že snímky nemusí být přesně svislé a budou perspektivně zkreslené. Konečně letadlo mění svoji výšku a tím se mění i měřítko snímku. Volná sestava leteckých snímků nám ukáže jejich rozložení tak, jak byly pořízeny. Dá představu o celém fotografování a jeho jakosti a ukáže, nebyla-li někde vynechána „okna“, tj. místa nefotografovaná. Na volné sestavě snímků získáváme první charakteristiku území a provádíme základní topografické a geografické vyhodnocení (interpretaci). Tato volná sestava není dokumentem trvalým, po vyhodnocení se rozebírá.

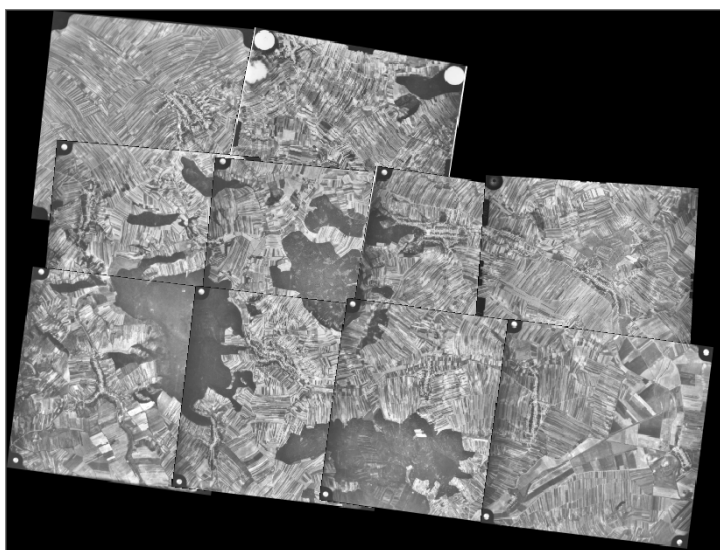


Obr. 4.12 Práce studentů na volné sestavě snímků, foto autorka

Fotoschéma

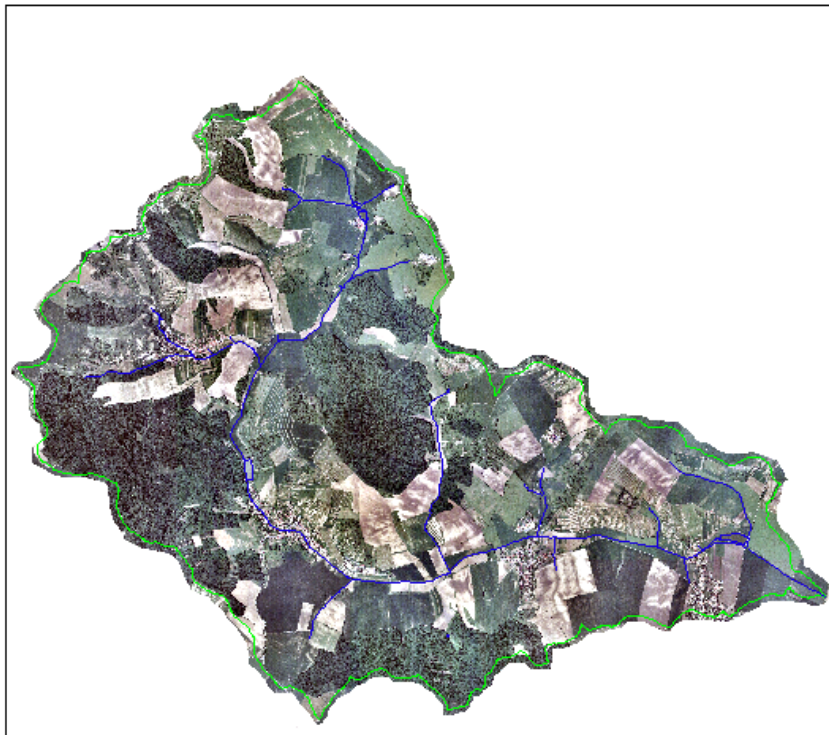
Fotoschéma (používá se také název fotomozaika) je dokumentem trvalým (obr. 4.13). Je to zobrazení terénu, pořízené ze svislých řadových snímků, jejich postupným nalepováním na sebe. Při sestavení fotoschématu ručně začínáme vždy u středního snímku prostřední řady fotografovaného území. Jednotlivé snímky klademe na sebe tak, aby situační čáry plynule přecházely z jednoho snímku na druhý. Využíváme středních, nejpřesnějších částí snímků.

V současnosti se fotoschémata vytvářejí převážně počítačově. Digitálně zpracované obrazy dvou sousedních překrytových snímků lze společně a přitom nezávisle vizualizovat na obrazovce počítače. Obraz jednoho snímku je možno plynule posouvat a překrývat přes druhý tak, až dojde k přesnému ztotožnění identických objektů v překrytových částech.



Obr. 4.13 Fotoschéma vytvořené na počítači

Postupným přiřazováním dalších snímků celého území vznikne v paměti počítače souvislý obraz celého území – **fotomozaika**. Tu lze jako celek zvětšovat, vyhodnocovat přímo na obrazovce nebo reprodukovat a vytisknout jako analogový podklad pro účely dalšího využití.



Obr. 4.14 Mozaika povodí Harasky o rozloze cca 50 km² sestavená z desítek leteckých fotografií.

Ortofotomapy

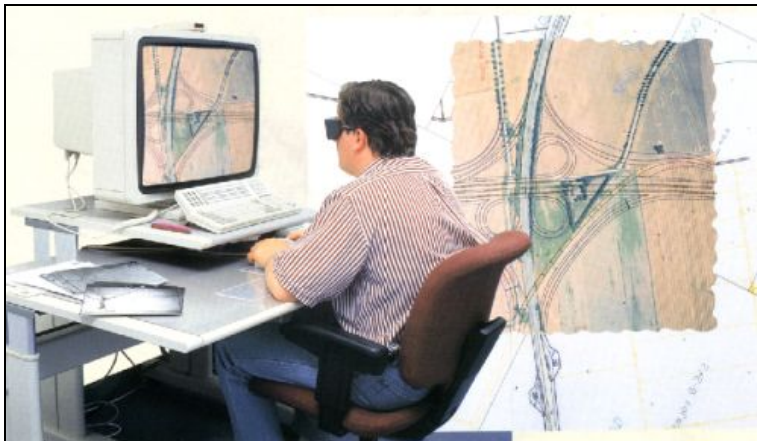
Nové aktuální informace interpretované z leteckých i družicových snímků jsou zpravidla porovnávány s informacemi zobrazenými již ve stávajících mapách. Proto je někdy vhodné převedení snímků do kartografického zobrazení, formátu a měřítka mapy.

Pro kartografickou tvorbu map s využitím leteckých snímků, stejně jako pro nejrůznější geografické aplikace, jsou vytvářeny **ortofotomapy**.

Ortofotomapa je speciální kartografický model území, jehož polohopisným obsahovým základem jsou letecké (družicové) snímky. Ty jsou dále doplněny grafickým **zvýrazněním** důležitých objektů (silnic jednotlivých tříd, vodních ploch), vrstevnic, geografickým názvoslovím, rámem mapy, popisem zeměpisné sítě, popisem rovinné souřadnicové sítě, legendami apod. Tím tradiční ortofoto získává symboliku a lze do jeho označení přidat pojem mapa. Ortofotomapy jsou již zpracovány v konkrétním matematickém zobrazení, formátu a zvoleném měřítku. Poskytují tak kvalitativně vyšší a aktuální úroveň

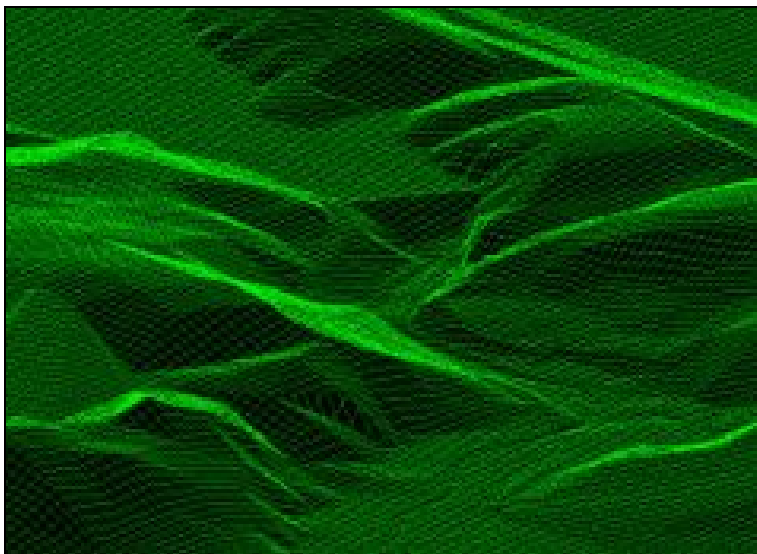
modelu terénu lze vygenerovat vrstevnice a polohopisné prvky (sídla, komunikace, vodstvo, hranice porostů apod.) budoucí mapy.

Po potřeby fotogrammetrického mapování lze ze dvou leteckých snímků se 60 % překrytem (ze dvou překrytových digitálních obrazů družice) generovat v počítači **stereoskopický model území** (viz stať 5.2.2). Operátor vidí pomocí speciálních brýlí obraz terénu **prostorově** a může stereoskopickou značkou sledovat povrch zdánlivého prostorového modelu. (obr. 4.16).



Obr. 4.16 Počítačová technologie dovoluje minimalizovat mapování v terénu a pracovat nad stovkami stereoskopických modelů najednou., Operátor vidí pomocí speciálních brýlí obraz terénu prostorově, zdroj [7].

S využitím digitálního modelu terénu (obr. 4.17). lze **opravit zkreslení bodů** ovlivněné centrální projekcí v místech s větším převýšením (viz stať 4.1.1).



Obr. 4.17 Příklad počítačově modelovaného terénu, zdroj [7].

Digitální metody zpracování snímků obsahují i některé analýzy obrazu. Týká se to např. automatického rozpoznávání objektů, generování digitálního modelu reliéfu na displeji včetně perspektivních pohledů na vybraný prostor z nejrůznějších stran, kombinování digitálních snímkových dat s mapou apod. Motivací nových přístupů k analýze obrazu (např. objektová metoda) bylo napodobení vizuální interpretace snímků člověkem. Člověk při vizuální interpretaci nevyhodnocuje jednotlivé, v geografickém prostoru oddělené pixely, ale postupně zaostřuje oko na homogenní celky snímku a podle barevných (spektrálních), tvarových, velikostních, kontextuálních, texturálních a dalších informací rozpoznává jednotlivé objekty. Tento princip je možné do určité míry napodobit a přenést do počítače tak, aby stroj prováděl vyhodnocení snímků. Podle [18].

4.6 Využití archivovaných snímků v geografii

Letecké snímkování má v České republice velkou tradici. Archiv leteckých snímků z našeho území, jehož správcem je Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, patří k nejstarším v Evropě. Je v něm uloženo přes milion snímků v měřítkách 1 : 2 000 do 1 : 40 000, které **dokumentují stav a změny území státu od roku 1935**. Pro potřebu údržby a aktualizace topografických map bylo území České republiky snímkováno od roku 1964 celoplošně celkem čtyřikrát v měřítku 1 : 25 000 až 1 : 30 000.

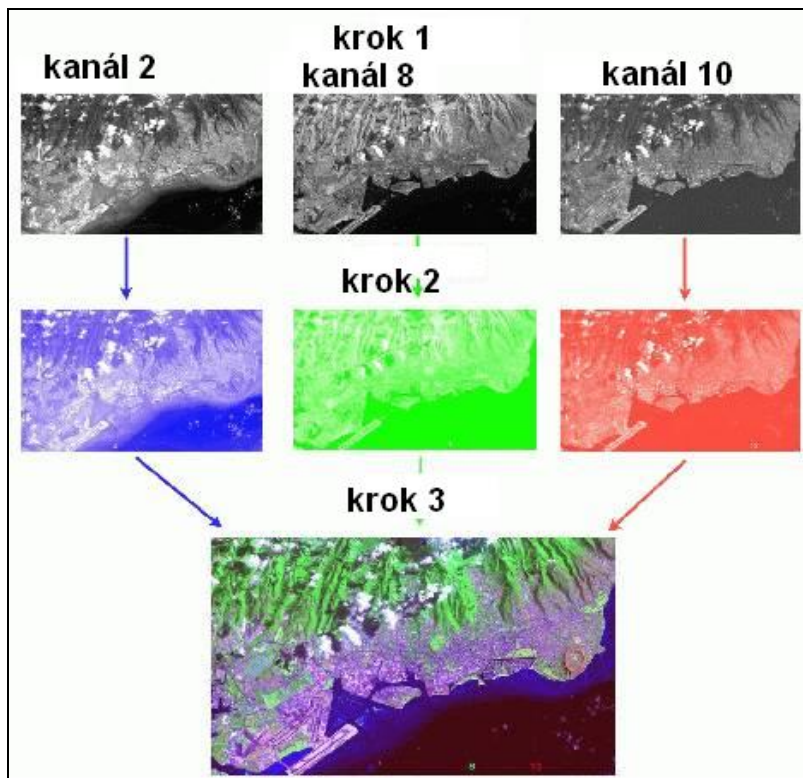
Odvozeniny těchto archivních snímků jsou dodávány za úhradu civilním organizacím (mají je možnost získat i školy), jako podklady pro geografické výzkumy, práce související s ochranou životního prostředí, geologií, urbanistikou a územní plánování, architekturu a archeologii, pro dokumentaci změn vzniklých socioekonomickými aktivitami. Velice žádané jsou tak zvané časové řady, tedy snímky z jednoho území pořízené v různých časových horizontech.

Současné počítačové technologie zpracování archivních analogových snímků jsou řešeny tak, aby snímky bylo možno využít i v náročných projektech zkoumání krajiny v prostředí geografických informačních systémů.

4.7 Základní způsoby vizualizace digitálních obrazových dat

Současné přístrojové vybavení na družicích dovoluje využívat elektromagnetické vlnění výrazně přesahující část viditelného spektra. Přístroje pořizují snímky i v intervalech elektromagnetického záření (kanálech, pásmech), které zaznamenávají elektromagnetické vlny pro lidské oko neviditelné. Snímky z jednotlivých kanálů jsou použitelné samostatně

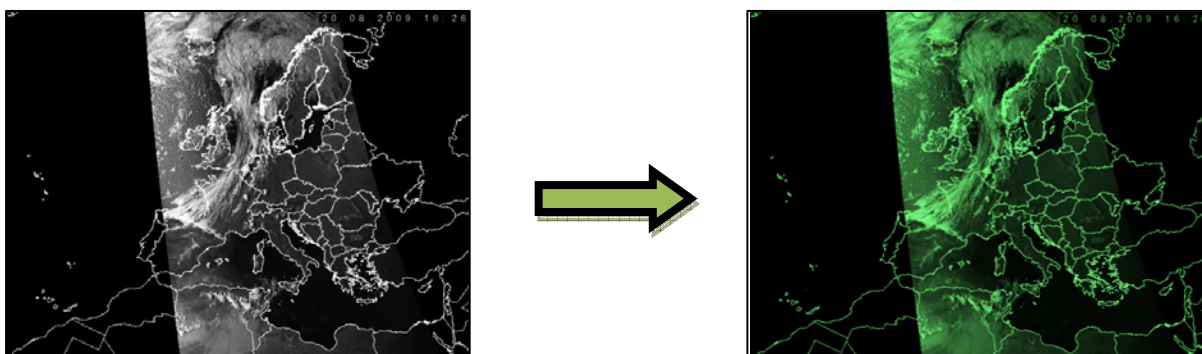
nebo je lze dále kombinovat a skládat. Vytvářejí se tak syntézy v pravých (přirodních, tj. tak jak bychom obraz viděli z družice) či nepravých barvách. Cílem syntéz je zvýraznění studovaných jevů. Připomeňme, že objekty, které ve snímané části spektra mají velkou odrazivost jsou na černobílých snímcích světlé, naopak objekty, které jen málo odráží záření ve snímaném intervalu, jsou na snímcích tmavé (zařízení zaznamenalo jen málo či žádné záření). Toto tradiční přiřazení tónů šedi může být účelově změněno – např. pro meteorologické aplikace využívající infračervené záření, kdy chladná, málo odrážející oblaka jsou na snímku znázorněna světlými tóny. Na příkladech bude blíže objasněn význam snímkování v kanálech (band, channel) a skládání. Pozn. Zkratka RGB znamená Red, Green, Blue, pro příklad byly využity snímky z družice METEOSAT, NOAA a LANDSAT. Obrazové záznamy – snímky území – se pořizují v **multispektrálním režimu**, tj. území je zaznamenáno ve více pásmech – intervalech – kanálech (band, channel).



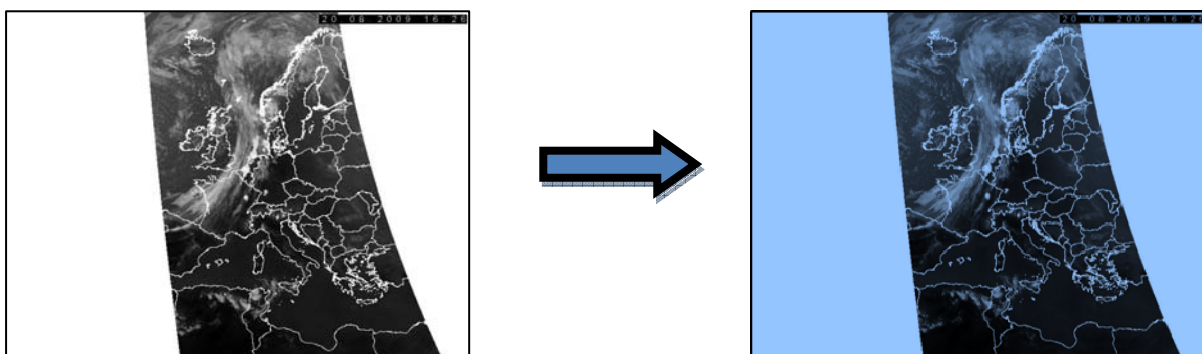
Obr. 4.18 Obecný postup vytváření barevné syntézy RGB po jednotlivých krocích, podle [13].
Barevně obrázek příloze 1.



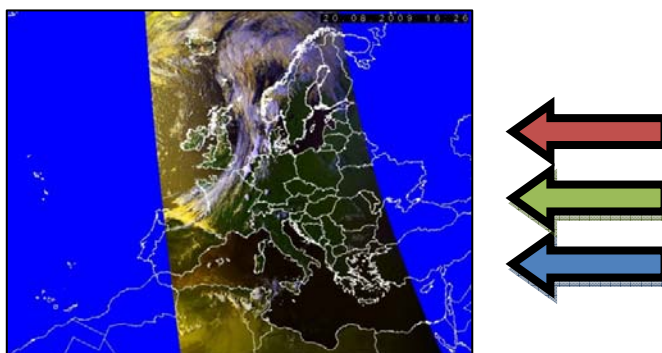
Obr. 4.19 Snímky prvního kanálu z družice NOAA 16, černobílý snímek a snímek v odstínech červené, s využitím [8].



Obr. 4.20 Snímky druhého kanálu z družice NOAA 16, černobílý a snímek v odstínech zelené, s využitím [8].



Obr. 4.21 Snímek čtvrtého kanálu z družice NOAA 16, černobílý snímek a snímek v odstínech modré, s využitím [8].



Obr. 4.22 Snímek z družice NOAA 16 v nepravých barvách syntézou RGB 124 (první, druhý a čtvrtý kanál v barvách červená, zelená, modrá), s využitím [8]. Barevně obrázek příloze 1.

4.7.1 Klasifikace snímků

Snímky pořízené skenery či radiometry jsou družicemi v číselné podobě vysílány na zem, do přijímacího střediska. Cílem **klasifikace obrazu**, což bývá finální část vlastního zpracování snímku pro budoucího uživatele, je **nahradit radiometrické hodnoty** (číselně zaznamenané záření) **hodnotami informačními**. Obrazovým prvkům nesoucím radiometrickou hodnotu zaznamenanou přístroji na družici se v procesu klasifikace snímku přiřadí hodnota informační, vycházející z definované informační třídy – např. z legendy budoucí tematické mapy. Pak konkrétnímu pixelu je přiřazena informační hodnota např. „jehličnatý les“.

V klasifikaci obrazu se stanoví **rozhodovací pravidla (tzv. klasifikátory)**. Jsou založeny na **spektrálním chování objektů** i na **dalších vlastnostech objektů**. Klasifikátory **prostorového chování** zohledňují další vlastnosti objektu např. **tvar, velikost, vzdálenost, vzájemnou polohu** apod. Klasifikátory schopné sledovat **časové chování** využívají k identifikaci objektů jejich **změn v čase**. Např. z řady snímků zaznamenávajících krajinu během vegetačního období rozpoznají pole s určitou plodinou (využijí rozdílného způsobu znázornění období klíčení, růstu, zrání plodiny, apod.).

Podle toho, jak uživatelé vstupují do procesu klasifikace obrazu, hovoříme o klasifikaci neřízené (automatické) a klasifikaci řízené.

Pro **automatickou (neřízenou) klasifikaci** jsou často používané klasifikátory založené **na spektrálním chování objektů**. Vhodné jsou zejména pro snímky multispektrální pořízené současně ve více pásmech. Použití pouze jednoho pásma umožňuje odlišit objekty jenom podle jedné charakteristiky (může vzniknout situace, že dva různé objekty se na snímku jeví stejně). Použití více pásem dovoluje rozlišení podle více charakteristik, tedy obecně přesnější rozlišení objektů. Výběr nejvhodnějších pásem, ve kterých budou objekty dobře rozlišitelné je jednou z nejdůležitějších etap automatické klasifikace obrazu. Nejpoužívanějším klasifikátorem založeným na spektrálním chování objektu je klasifikátor „**per pixel**“, tj. pixel po pixelu, bez uvažování vlastností okolních pixelů.

Pro **řízenou klasifikaci** se využívá tzv. **trénovacích ploch** tj. ploch, o nichž uživatel ví, jaký povrch zobrazují. Zpracovatel označí na snímku plochu se známým povrchem (např. bukový les). Podle radiometrických hodnot pixelů, které tento konkrétní objekt tvoří, je pak všem radiometricky shodným pixelům na snímku přiřazena stejná informační třída (např. bukový les). Podle [2].

Kromě tradičních klasifikací per pixel, uvažujících jen pixel bez vztahu k okolí, se rozvíjejí nové přístupy založené např. na neuronových sítích, kontextu s okolím či pracujících s jistou mírou nejistoty (princip **fuzzy logic**).

Pojmy:

centrální projekce, osa záběru, hlavní bod, prvky vnitřní a vnější orientace, vlíčovací bod, svislý snímek, šikmý snímek, měřítko snímku, překryt snímků, ortofotomapa, stereoskopický model území, digitální model terénu, multispektrální režim, barevná syntéza, vizualizace snímků, klasifikace obrazu, rozhodovací pravidlo – klasifikátor, klasifikace per pixel, automatická klasifikace, řízená klasifikace.

Otázky:

- 1. Vysvětlíte s pomocí obr. 4.1, který bod na snímku je polohově nejpřesnější.**
- 2. Načrtněte variantu obrázku 4.1 a zakreslete do snímkaného území vysoký komín. Kde bude na snímku zobrazen vrchol komínu a kde jeho pata? Jak by byl komín zobrazen na mapě či na ortofotosnímku?**
- 3. K čemu se digitální model terénu v geografii využívá?**
- 4. Popište výhody a nevýhody šikmého snímku a kolmého snímku. Který s nich je pro rozpoznání objektů jednodušší?**
- 5. S pomocí obr. 4.13 a 4.14 popište postup vytvoření snímku barevnou syntézou.**
- 6. Jmenujte základní metody klasifikace snímků.**

5. INTERPRETACE SNÍMKŮ DPZ

5.1 Základní úkoly a cíle

Interpretaci leteckých snímků a družicových dat chápeme jako jednu z nejdůležitějších metod získávání **informací o krajině a jejích změnách v čase**. Je to **specifický proces studia geografické reality** založený na rozpoznávání, identifikaci a prostorové lokalizaci jednotlivých objektů a terénních tvarů zachycených v obsahu leteckých snímků a družicových obrazových záznamů. Nedílnou součástí tohoto distančního (dálkového) průzkumu Země je současně určování všech dostupných kvantitativních a kvalitativních charakteristik zjištěných objektů, zkoumání vztahů a vazeb mezi nimi a odhalování zákonitostí, kterými je existence objektů a jevů v daném území podmíněna a ovlivněna.

Získávání podrobných a především aktuálních informací o jevech na povrchu Země prostřednictvím stále kvalitnějších a technicky dokonalejších leteckých snímků a obrazových záznamů z družic poskytlo řadě oblastí lidské činnosti nové možnosti jejich vlastního rozvoje. Odhalilo možnosti a v mnohých případech i nutnost interdisciplinární spolupráce.

5.2 Zásady interpretace obsahu leteckých a družicových snímků

Základní úlohou při interpretaci leteckých a družicových snímků je **systematické „čtení“ jejich obsahu**, které spočívá:

- ve správném rozpoznávání a klasifikaci jednotlivých objektů,
- v určování jejich vlastností, kvantitativních a v kvalitativních charakteristik,
- v přesné prostorové (polohové) lokalizaci zjištěných objektů,
- ve zkoumání a hodnocení vzájemných vztahů a příčinných souvislostí mezi zobrazenými objekty a jevy,
- v analýze těchto vazeb a odhalování zákonitostí charakterizujících rozhodující složky a vlastnosti zobrazeného území.

Interpretovat snímek znamená **dešifrovat** jeho mnohotvárný obsah z hlediska účelu, kterému mají sloužit zjišťované poznatky.

5.2.1 Metody prohlížení snímků a fotografií

Klasické fotografické snímky pořízené na palubách letadel či družic jsou zachyceny na světlo citlivou vrstvu, po vyvolání filmu ve fotokomoře lze tyto fotografie prohlížet lidským okem.

Lidské oko je však schopno rozlišit od sebe asi 6 až 7 čar na 1 mm. Rozlišovací schopnost leteckých fotografických komor a používaného citlivého materiálu stejně jako digitálních fotokomor snímacích zařízení družic je několikanásobně větší než schopnost lidského oka. Pro běžnou interpretaci snímků je vhodné použít lupy nejlépe se šestinásobným zvětšením.

5.2.2 Stereoskopické vidění

Přirozené prostorové vidění

Při pozorování terénu oběma očima můžeme odhadovat vzdálenost k jednotlivým objektům, rozlišovat i vzájemnou polohu předmětů v prostoru pouze v případě, že se optické osy levého a pravého oka protínají v pozorovaném předmětu. Při tomto **binokulárním** pozorování z oční základny (asi 65 mm) se vytváří na sítnici levého i pravého oka samostatný obraz. Oba obrazy se vzájemně částečně odlišují, protože levým okem vidíme víc levou stranu předmětu, pravým okem pravou stranu. Samostatné rovinné obrazy na sítnicích levého i pravého oka se v našem vědomí spojí v jediný **prostorový tj. trojrozměrný obraz** předmětu. Této schopnosti očí spojovat dva rovinné obrazy v jeden vjem prostorový říkáme **stereoskopické vidění**. Protože je za letu lineární vzdálenost polohy objektivu fotokomory dvou po sobě následujících expozic podstatně větší než vzdálenost oční základny, je také prostorový vjem pohledu na terén výškově převýšený. To je výhodné pro přesnější vyhodnocování výškových poměrů reliéfu terénu nebo výšky budov, komínů, stromů apod.

Pořídíme-li dva obrazy (letecké snímky) stejného prostoru z různých míst, např. dva sousední řadové snímky s podélným překrytem 60 % exponované postupně ve směru letu a předložíme levému oku levý a pravému oku pravý snímek, vytvoří se nám na sítnici obou očí podobné obrazy, jako bychom pozorovali terén přímo. Paprsky vycházející z levého a pravého oka na odpovídající body snímků se v prostoru protínají a vytvářejí nám zdánlivý prostorový model terénu. Takovým dvěma snímkům říkáme **stereoskopické dvojice**. Stereoskopického efektu můžeme dosáhnout při pozorování dvou snímků i bez použití jakýchkoliv pomůcek. (Stereoskopický model dostaneme pouze tehdy, podaří-li se nám, aby oční osy byly navzájem rovnoběžné a při tom zaostřené na snímky. Pozorování snímků pouhýma očima je proto dost těžké a nedá se provádět bez cviků. Pro získání stereoefektu se používají **stereoskopy**. Prostorové vyhodnocování snímků má velký význam. Na plastickém **modelu terénu**

rozlišíme celou řadu podrobností snáze než na snímku jednotlivém. V současné době se uplatňují digitální metody. Generují se **digitální obrazy překrytových snímků na obrazovce počítače** (obr. 4.16) a prostorový vjem získává operátor pomocí speciálních brýlí (viz stať 4.5.).

Zvláštním případem stereoskopického vidění jsou takzvané **anaglyfy**. Samostatné obrazy, které mají dát stereoskopický vjem, jsou natištěny (nakresleny) nebo promítnuty na sebe s určitým posunem ve dvou doplňujících barvách červené a modré. Pozorováním anaglyfických obrazů brýlemi pro jedno oko s modrým a pro druhé oko červeným filtrem můžeme dostat stereoskopický model.



Obr. 5.1 Žáci prohlížející anaglyf musí mít pro vytvoření prostorového dojmu nasazeny modro-červené brýle.

5.3 Postupy interpretace snímků a obrazů DPZ

Pro interpretaci snímků platí určité zásady, které nám práci usnadňují. Než začneme zkoumat vlastní náplň snímků, musíme identifikovat prostor snímků na mapě a dále určit:

- druh snímku (svislý nebo šikmý),
- orientaci snímku (směr na sever),
- měřítko snímku.

Dále musíme podle mapy zjistit, jde-li o terén rovinný nebo zvlněný a orientačně posoudit zakreslení polohy objektu vlivem převýšení terénu. Všechno nebudeme ovšem určovat vždy. Bude se to řídit účelem, který máme na snímku řešit. Pro správné a rychlé vyhodnocení potřebujeme vždy vedle snímku i topografickou a případně obecně-geografickou mapu, která nám práci usnadní.

Druh snímku (svislý, šikmý) určíme podle polohy obrazu bubliny libely, zobrazené v jednom rohu snímku. Máme-li k dispozici mapu, zjistíme sklon jednoduše tak, že spojíme odpovídající tři body na mapě a na snímku. Jeden takto vzniklý trojúhelník (třeba na mapě) překopírujeme na průsvitku a ztotožníme jednu stranu s odpovídající stranou na snímku.

Budou-li oba trojúhelníky podobné (trojúhelníková podobnost – poměr odpovídajících si stran je shodný) – bude snímek svislý. V opačném případě se bude jednat o snímek šikmý. Směr sklonu snímku poznáme podle prodloužení, příp. zkrácení jednotlivých stran a podle celkové deformace obrazu.

Sever můžeme určit dvojím způsobem. Na topografické nebo obecně geografické mapě spojíme přímkou 2 body. V libovolném bodě této přímky nakreslíme přímkou směřující k zeměpisnému severu. Úhломěrem změříme úhel, který svírá spojnice bodů se směrem na sever a tento úhel přeneseme na spojnici odpovídajících bodů na snímku. Nemáme-li k dispozici mapu, můžeme zhruba určit sever na snímku podle vržených stínů předmětů a známého času při expozici. Čas expozice je na snímku zachycen. Víme, že ve 12 hodin (v letním čase ve 13 hodin) vržený stín směřuje na sever. Za hodinu se otočí Země a tím i vržený stín přibližně o 15°. Rozdíl mezi časem expozice a dvanáctou hodinou (v době letního času třináctou hodinou) převedeme na stupně a úhломěrem vyneseme získaný úhel od směru vrženého stínu (dopoledne vpravo, odpoledne vlevo).

Měřítka snímku 1 : m_s určíme ze vztahu $m_s = s : s'$, kde s je vzdálenost v terénu zjištěná podle mapy a s' je odpovídající vzdálenost na snímku.

5.4 Interpretační znaky

Vyhodnocování jednotlivých topografických objektů a dalších jevů z bohatého obsahu leteckých snímků a obrazových záznamů družic usnadňují **interpretační znaky**. Jsou to především:

- tvar,
- rozměr, velikost (příp. poměr šířky k délce),
- tón,
- stín – vlastní a vržený,
- textura,
- struktura,
- poloha a příčinné souvislosti,
- doplňující znaky např. stopy lidské aktivity.

Prvé tři interpretační znaky – tvar, rozměr, tón – jsou stálé. To znamená, že každý zobrazený objekt je těmito znaky vždy charakterizován.

Ostatní tři znaky jsou nestálé, tj. mohou vůbec chybět nebo se podle okolností měnit. Vržený stín se neobjeví např. při fotografování za oblačnosti, na nočních snímcích. Objekty mohou mít různou polohu a být umístěny ve velmi rozdílných podmínkách. Stopy lidské aktivity mohou interpretaci usnadnit, naopak na snímcích menších měřítek nejsou často zjištělné, podle [7].

Při vyhodnocování zkoumáme objekty z hlediska všech uvedených znaků jako celek. To nám umožní přesně rozpoznat jednotlivé objekty a k jejich identifikaci se co nejvíce přiblížit.

Tvar

Většinu objektů na snímcích rozpoznáváme podle tvarů (obrysů) a typických detailů. Objekty jsou zobrazeny z ptáčích perspektiv pro nás nezvyklé, a proto často záleží právě na rozlišení detailů, zvláště tehdy, jestliže dva různé objekty mají podobné půdorysy. Stejně se mohou zobrazit objekty se stejným půdorysem, ale různě vysoké a rozdílného účelu.

Tvar budou zachovávat vodorovné plochy předmětu. Svislé rozměry předmětu (zdi domů, komíny, sloupy) se blízko středu snímku jeví jako body, v ostatních částech snímku jako úsečky směřující do hlavního bodu. Délka této úsečky bude tím větší, čím je objekt vyšší a čím leží dál od středu snímku.

Rozměr

Rozměr objektu závisí přímo na měřítku snímku. Známe-li velikost objektu ve skutečnosti a změříme-li rozměry jeho obrazu na snímku, můžeme určit měřítko nebo srovnáním s jinými objekty určit jeho velikost. Naopak zase ze známého měřítka snímku a rozměru obrazu můžeme stanovit velikost předmětu.

Vyhodnocování provádíme s úspěchem srovnáním rozměrů určovaného objektu s jinými známými objekty. Často nám při vyhodnocování pomůže i vzájemný poměr délky ku šířce. Podle poměru délky a šířky můžeme identifikovat jednotlivé budovy, železniční tratě, dálnice, silnice, cesty apod.

Význam rozměru jako demaskujícího znaku vyniká především:

- když tvar není dostatečně jasný,
- když dva objekty podobné tvarem se rozlišují rozměrem,

- když rozměr tvoří důležitou charakteristiku objektu (stále stejná šířka silnice; rozchod kolejí).

Tón

Tónem snímku nazýváme u černobílých fotografií stupeň zčernání, u barevných snímků pak stupeň intenzity jasu a sytosti barevných tónů citlivého fotografického materiálu.

Tón má prvořadou důležitost při vyhodnocování černobílých leteckých snímků, protože podle rozdílu tónu různých objektů, můžeme tyto velmi dobře od sebe odlišit. Tmavší či světlejší tón šedi závisí:

- na intenzitě osvětlení v době expozice,
- na sklonu plochy a sklonu slunečních paprsků,
- na vzájemném postavení slunce, fotokomory v letedle nebo radiometru v družici,
- na vlastnostech povrchu předmětu. Hladký povrch odráží světelné paprsky, a proto se jeví světlejší (silnice) než drsnější povrch, který světlo rozptyluje a tříští. Drsný povrch vrhá sám stíny a tím se jeví tmavší (oranice, lesy),
- na způsobilosti objektů rozptylovat, odrážet a pohlcovat paprsky. Různé materiály mají různou schopnost odrážet a pohlcovat světlo. Suchý písek je světlejší než mokrá voda, voda výrazně pohlcuje záření, proto mají vody velmi tmavý tón, mokré louky a pole jsou mnohem tmavší než suché, kalné vody po zátopách se jeví nápadně světlé,
- na barvě povrchu a barevné citlivosti negativu. Všechny zobrazené plochy budou tím tmavší, čím budou obsahovat více zelené a červené barvy (lesy, oranice) a budou tím světlejší, čím budou obsahovat více modré, bílé a žluté barvy.

Jas a barva objektů zobrazených na snímku neodpovídají původní barvě objektu ve skutečnosti a to ani v případě, použije-li se barevný film. Rozsah tónu nebo barvy je na snímku vždy menší než ve skutečnosti. Ovlivňuje to různá odrazivost povrchu objektu a z toho vyplývající rozdílná výsledná barevnost objektu na snímku.

Pro interpretaci jsou proto v tomto směru specifické barevné syntézy družicových snímků, na kterých jsou objekty pro potřeby interpretace rozlišeny libovolnou barvou a tím se dají od sebe odlišit.

Stín

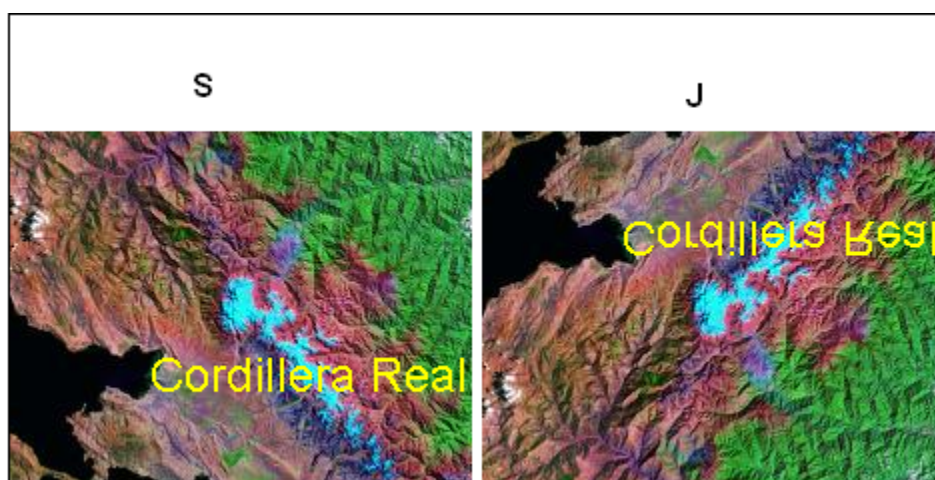
Stín patří mezi interpretační znaky nestálé. Uplatňuje se především na snímcích větších měřítek. **Vlastní stín** zvýrazňuje plastičnost tělesa objektu respektive tvarů. **Vržený**

stín umožňuje určit hloubku, šířku i výšku tělesa, rozeznat a rozlišit tak tvar řady objektů, jejichž půdorysy jsou velmi malé nebo tvarem a tónem zobrazení splývají se svým okolím.

Důležitou zásadou je, aby **vržené stíny** objektů a terénních tvarů zobrazených na snímku směřovaly **vždy směrem k vyhodnocovateli** nebo **zleva doprava**. Získá se tím správná plastičnost obrazu (obr. 5.2). Jinak dochází k falešnému vjemu. (Údolí by se jevila jako hřbety a hřbety jako údolí.)

Směr světla dopadajícího na interpretovaný snímek by se měl ztotožňovat se směrem vržených stínů.

Problémové jsou při interpretaci vržené stíny oblaků, protože zakrývají místy část území a vržený stín oblaků lze snadno zaměnit za mokrou půdu.



Obr. 5.2 Vliv stínů na vnímání plastičnosti terénu. Svislým překlopením snímku vzniká dojem, že nejvyšší zaledněné vrcholy Cordillera Real v Andách jsou spíše sníženinami v hornatém terénu. Pro představu o překlopení byl ponechán text a označení severu a jihu, zdroj [11].

Textura

Textura je tónová proměnlivost plochy objektu, která mu dává charakteristický vzorek. Vzorek je složen ze shodných prvků a stínů tvořících stejnorodou plochu. Vzhled textury závisí na měřítku snímku: na snímku lesa z malé výšky tvoří texturu listy, z větší výšky koruny stromů. Podle [1].

Struktura

Struktura ukazuje vzájemné prostorové uspořádání objektů na snímku. Mohou ji tvořit pole, lesíky, řeky, jezírka, horský reliéf, pouštní přesypy, zástavba. Prvky struktury pak společně tvoří vyšší komplex, např. zemědělskou krajinu, vysokohorskou krajinu apod. Podle [1].

Poloha objektu

Neurčují-li prvé čtyři interpretační znaky dostatečně vyhodnocovaný objekt, nebo má-li vyhodnocovatel několik představ, musí se blíže posoudit poloha objektu a jeho vztahy k okolním objektům.

Poloha na snímku zobrazeného objektu vyjadřuje jeho prostorové vztahy k ostatním objektům. Interpretované objekty a terénní tvary jsou v krajině ve vzájemné příčinné souvislosti (vodní tok protéká údolím, přehrada je postavena na vodním toku, přes mosty vedou komunikace, u komunikací jsou výkopy a násypy, nádraží leží na železniční trati apod.).

Stopy lidské aktivity

Stopy lidské aktivity a důsledky postupných změn viditelné na snímcích umožňují doplnit poznatky a informace získané podle předchozích interpretačních znaků. Usnadňují tak komplexnější pohled na danou oblast. Velmi vhodné jsou k tomuto účelu snímky pořízené v delších časových řadách, které odhalí výstavbu velkých objektů, zemní práce, postupující rozsah devastace krajiny těžbou a exhalacemi, znečištění vod, důsledky lesních požárů, změny obdělávání půdy.

Pojmy:

Interpretace snímku, stereoskopické vidění, anaglyf, interpretační znaky

Otázky

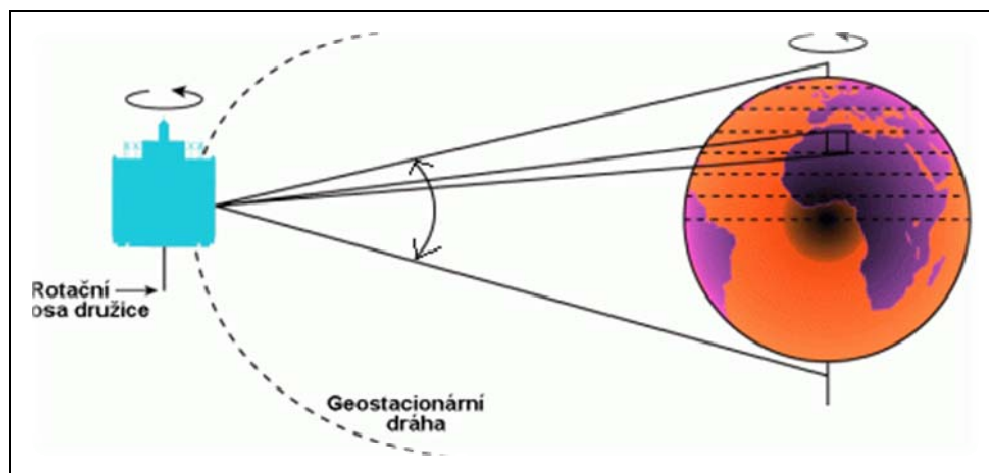
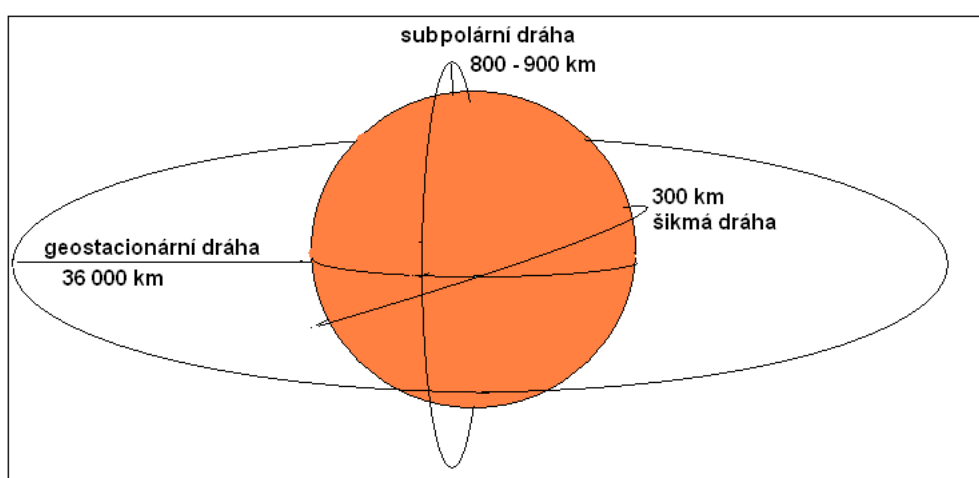
- 1. Objasněte cíle interpretace snímků?**
- 2. Které interpretační znaky se využívají? Jednotlivé interpretační znaky charakterizujte.**
- 3. Vysvětlete princip stereoskopického vidění.**
- 4. Jaký je princip vytvoření stereoskopického vjemu u anaglyfu?**
- 5. Samostatně interpretujte snímek na obr. 4.7 podle jednotlivých znaků.**
- 6. Pracujte s Google Earth – interpretujte snímek zobrazující okolí Vašeho bydliště.**
- 7. Ověřte si na snímku horských oblastí (využijte např. Google Earth) vliv stínu pro vnímání relativních výškových poměrů.**

6. DRUŽICE A DRUŽICOVÉ SYSTÉMY

6.1 Oběžné dráhy družic a charakteristika vybraných systémů využívaných v DPZ

Družice, vytvářející snímky zemského povrchu, obíhají Zemi po kruhových nebo eliptických drahách v různých výškách ve třech typech oběžných drah (obr. 6.1):

- v rovině rovníku (geostacionární dráha),
- v šikmé oběžné dráze,
- v subpolární oběžné dráze.



Obr. 6.1 nahoře – základní typy oběžných drah družic pro DPZ – rovníková, šikmá, subpolární, dole detail – geostacionární dráha, s využitím [8].

6.1.1 Družice v rovníkové dráze

V rovině rovníku obíhají družice ve výšce kolem 36 000 km od západu k východu. Úhlová rychlost oběhu družice odpovídá úhlové rychlosti rotace Země a pro pozorovatele na Zemi je tedy družice stále na stejném místě. Výška jejich dráhy je tedy zvolena tak, aby oběžná doba družice kolem Země byla stejná jako doba rotace Země. Družice na této dráze se označují jako **geostacionární**. Jako charakteristika těchto družic se pak udává zeměpisná délka, na níž je družice „zavěšena“. Pro udržování přesné polohy družice je nutné provádět pravidelné korekce její dráhy, což postupně spotřebovává palivo, které si družice „veze s sebou“ na oběžnou dráhu. Právě zásoby paliva pro korekce a případné větší změny dráhy jsou limitem životnosti družice. Před úplným dočerpáním paliva jsou současné geostacionární družice odsunuty na vyšší dráhu (o cca 100 až 200 km), kde pak nepřekáží operativním družicím. Na druhou stranu tak ale vzniká velké „vesmírné smetiště“, které přenecháváme budoucím generacím. Ke geostacionárním družicím patří především **meteorologické družice** monitorující synoptické procesy v atmosféře a umožňující ukazovat stav a pohyb oblačnosti, analyzovat a předpovídat počasí. Pro nás jsou nejdůležitější družice **METEOSAT** umístěné na nultém poledníku nad Guinejským zálivem. Jejich obraz zachycuje především Evropu, Afriku s přilehlými částmi Atlantského a Indického oceánu. Jejich provoz řídí organizace ESA (Evropská kosmická agentura). Zkrácený název družic provozovaných evropskou organizací **EUMETSAT** je **MSG (Meteosat Second Generation)** V praxi se setkáváme s dvojnásobným označováním těchto družic: (MSG 1 a Meteosat 8 je jedna a ta samá družice.) Družice MSG vycházejí ze stejného konceptu jako družice první generace. Oba typy družic rotují rychlostí 100 obrátok za minutu, kromě stabilizace tělesa je tato rotace družic rovněž využita i pro mechanismus snímání. Výška dráhy je přibližně 35 790 km, poloměr této dráhy je 42 168 km. Družice MSG startují ze základny ve Francouzské Guyaně pomocí raket Ariane, podle [8].

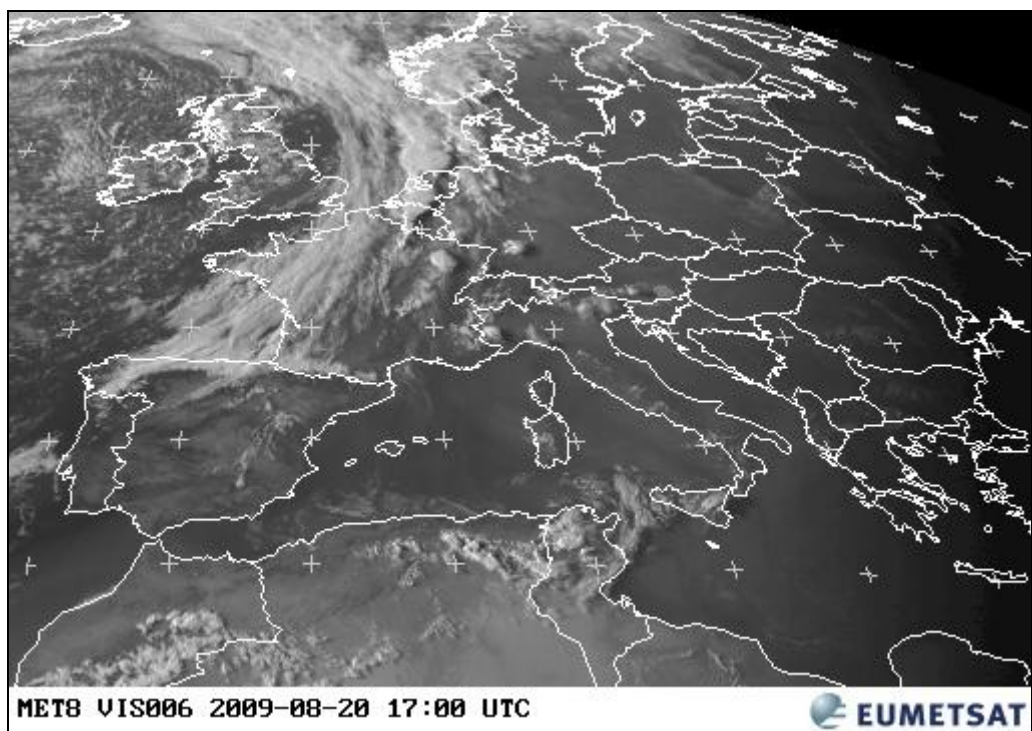
Přístrojové vybavení družic MSG:

- hlavní přístroj družice, určený pro snímání obrazových dat,
- telemetrická, komunikační a řídicí část družice,
- přístroj určený pro měření celkového záření na horní hranici atmosféry (údaje důležité především pro monitorování klimatu a klimatických změn).

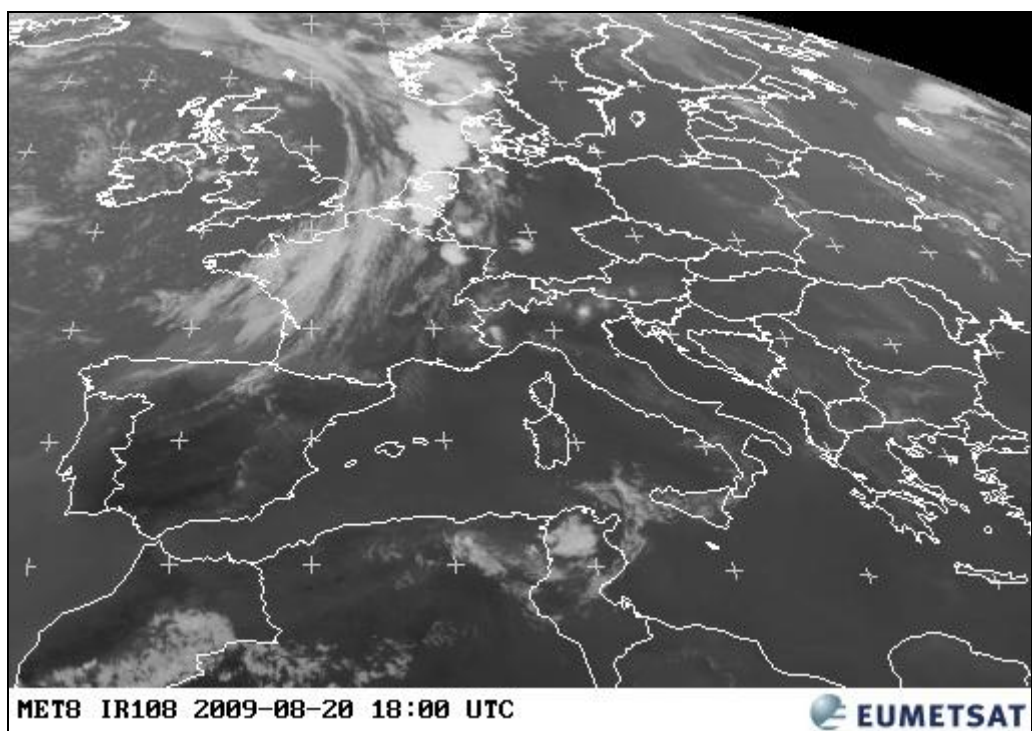
Hlavním zobrazovacím zařízením na palubě družice MSG je přístroj SEVIRI. Jeho úkolem je pořizovat snímky Země v 11 úzkopásmových spektrálních kanálech a jednom širokopásmovém s vysokým rozlišením (kanál HRV). Přístroj sleduje okolí průzorem na boku družice. Za ním je pak skenovací zrcadlo, které odráží přicházející záření dovnitř dalekohledu. Při otáčení družice kolem osy, sleduje přístroj po většinu doby volný kosmický prostor, ale na chvíli se v jeho zorném poli objeví Země a každé čidlo přístroje zaznamená jeden řádek obrazu. Poté se skenovací zrcadlo nepatrně vychýlí a při další otáčce zaznamená přístroj další řádek, podle [8].

číslo kanálu	označení kanálu	Střed intervalu v (μm)	Šířka intervalu v (μm)	poznámka
1	VIS0.6	0,635	0,56–0,71	viditelné záření
2	VIS0.8	0,81	0,74–0,88	viditelné záření
3	NIR1.6	1,64	1,50–1,78	blízké infračervené záření
4	IR3.9	3,92	3,48–4,36	atmosférické okno, infračervené záření
5	WV6.2	6,25	5,35–7,15	absorpce vodní páry, infračervené záření
6	WV7.3	7,35	6,85–7,85	
7	IR8.7	8,70	8,30–9,10	atmosférické okno, infračervené záření
8	IR9.7	9,66	9,38–9,94	absorpce ozónu, infračervené záření
9	IR10.8	10,80	9,80–11,80	atmosférické okno, infračervené záření
10	IR12.0	12,00	11, 00–13, 00	
11	IR13.4	13,40	12,40–14,40	absorpce CO ₂ , infračervené záření
12	HRV		0,5–0,9	Široké pásmo viditelného záření, vysoké rozlišení

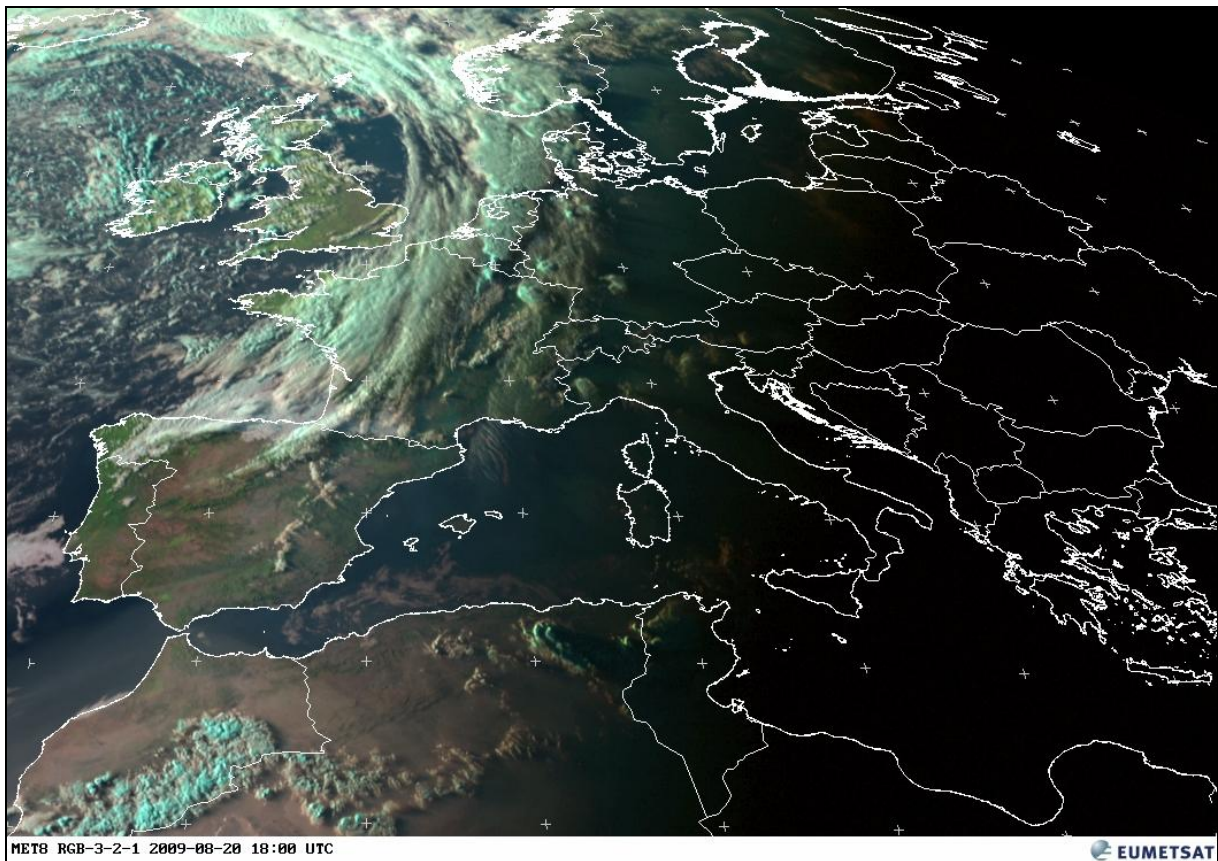
Obr. 6.2 Skenovací přístroj SEVIRI na družici METEOSAT 8 pořizuje snímky Země v 11 úzkopásmových spektrálních kanálech a jednom širokopásmovém s vysokým rozlišením (kanál HRV), zdroj [8].



Obr. 6.3 Snímek pořízený přístrojem SEVIRI na družici Meteosat 8 v kanále snímajícím záření o vlnové délce 0,56–0,71 μm , zdroj [8].



Obr. 6.4 Snímek pořízený přístrojem SEVIRI na družici Meteosat 8 v kanále snímajícím záření o vlnové délce 9,80–11,80 μm , zdroj [8].



Obr. 6.5 Snímek v přirozených barvách vzniklý syntézou RGB kanálů 3, 2, a 1. zdroj [8].
Barevně obrázek v příloze 1.

Ke geostacionárním meteorologickým družicím patří dále americké družice GOES (75° záp. délky, 135° záp. délky) japonská družice GMS 5 – Himawari, ruská družice ELEKTRO.

6.1.2 Družice se šikmou oběžnou dráhou

V šikmé oběžné dráze svírající s rovinou rovníku úhel 30° až 60° se pohybují převážně družice-kosmické lodi s lidskou posádkou. Obíhají ve výšce jenom několik stovek kilometrů nad Zemí. **Pilotované kosmické lodě** jsou využívány především pro vědecké pokusy, testování radiometrů, pořizování fotografií zemského povrchu.

MEZINÁRODNÍ VESMÍRNA STANICE ISS

Mezinárodní vesmírná stanice (International Space Station – ISS) je v současné době **jediná trvale obydlená vesmírná stanice**. První díl stanice, modul Zarja, byl vynesena na oběžnou dráhu v roce 1998. Od roku 2000 je trvale obydlena alespoň dvoučlennou posádkou, která se

každých 6 měsíců obměňuje. Stanice je umístěna na nízké oběžné dráze Země ve výšce okolo 360 km s periodou oběhu 92 minut. V mnoha ohledech ISS reprezentuje sloučení předchozích plánovaných nezávislých stanic (ruský Mir 2, americká stanice Freedom). Kromě ruských a amerických modulů se ke stanici připojí evropský laboratorní modul Columbus a japonský laboratorní modul Kibō. Mezinárodní vesmírná stanice je společným projektem pěti kosmických agentur:

- NASA (Spojené státy americké),
- Ruská kosmická agentura (Rusko),
- Japonská kosmická agentura (Japonsko),
- Kanadská kosmická agentura (Kanada),
- Evropská kosmická agentura (účastní se 10 z jejích členů; nepodílejí se: Rakousko, Velká Británie, Irsko, Portugalsko a Finsko).

Dopravu na stanici a zpět zajišťují hlavně transportní pilotované kosmické lodě Sojuz, automatické nákladní kosmické lodě Progress a raketoplány. Po havárii raketoplánu Columbie došlo k několikaletému pozastavení letů raketoplánů a výstavba stanice tak nabrala zpoždění cca 3 roky.

RAKETOPLÁNY

Space Shuttle je americký pilotovaný kosmický raketoplán provozovaný pro lety do vesmíru vládní organizací NASA. Lety jsou řízeny z řídicího střediska MCC (Mission Control Center) v Johnsonově kosmickém středisku NASA v Houstonu.

6.1.3 Družice se subpolární dráhou oběhu

Na subpolární oběžné dráze obíhá převážná část družic určená ke snímání povrchu Země. Pohybují se přibližně ve směru poledníků ve výšce 800 až 900 km. Doba oběhu závisí na výšce letu a reprezentuje nejčastěji 12 až 16 oběhů za 24 hodin. Dráhy těchto družic jsou synchronní se zdánlivým pohybem Slunce (prolétají nad stejným místem ve stejnou hodinu místního času.) Na osvětlené straně Země se družice pohybuje od severu k jihu. Družice se subpolární dráhou letu jsou schopné předávat globální obrazy v měřítku blízkém 1 : 10 000 000 stejně jako relativně podrobné obrazy v měřítku kolem 1 : 25 000, na nichž lze rozlišit získané údaje s přesností několika metrů.

NOAA

Meteorologické družice systému **NOAA** přelétá nad Zemí ve výšce kolem 800 km s dobou oběhu 102 minut (obr. 6.6). Hlavním zobrazovacím přístrojem družic NOAA je skenující radiometr, označovaný **AVHRR** (Advanced Very High Resolution Radiometer) pracující ve



viditelném a infračerveném pásmu spektra a ve třech pásmech termálních.. Prostorová rozlišovací schopnost je ve všech pásmech 1,1 km. Družice snímá nepřetržitě pás území široký přibližně 3 000 km (1 500 km na obě strany od osy pohybu), data jsou v plném rozlišení vysílána uživatelům v reálném čase.

Obr. 6.6 Družice NOAA, zdroj [9]

LANDSAT

K významným informačním pramenům o povrchu Země a jejích přírodních zdrojích získaných z DPZ náleží družice se subpolární dráhou letu **systému LANDSAT**. Program Landsat je řadou družicových misí určených k pozorování Země, řízených NASA a USGS (USA). Data jsou pořizována již od roku 1972, kdy byla na oběžnou dráhu vynesena první z těchto družic. Program LANDSAT výrazně přispěl k rozvinutí nového vědního oboru – dálkového průzkumu Země. Jeho data umožňují lidem studovat mnoho aspektů naší planety a vyhodnocovat dynamické změny způsobené přírodními procesy a lidskou činností. Na oběžnou dráhu byla uvedena první družice tohoto systému počátkem sedmdesátých let minulého století, v současnosti je funkční jako zdroj obrazových informací LANDSAT 5 a LANDSAT 7. Doba jednoho oběhu je 99 minut. Nad stejným místem přelétá jednou za 16 dní. V pořadí již sedmá družice z řady Landsat byla úspěšně vypuštěna 15. 4. 1999 ve 20.32 hod letního středoevropského času jako zatím poslední z dlouhé řady družic nejstaršího programu v historii civilního družicového dálkového průzkumu. Nosná raketa Delta 2 vynesla družici Landsat 7 z kalifornské letecké základny Vandenberg a umístila ji na dráhu ve výšce 705 km.

Data v programu Landsat zajišťuje družice Landsat 5, která svým patnáctiletým působením mnohonásobně přesáhla plánovanou životnost. Většina jejích zásob je již vyčerpána, takže může přestat pracovat každým dnem. Obě družice pracují současně a přes dané území budou přelétávat s odstupem 8 dní. Provoz družice zajišťovalo do 1. 10. 2000 Goddardovo středisko kosmických letů NASA, a pak se této funkce ujal Geologický průzkum

(USGS). Nový satelit má několik vylepšení proti předešlým družicím této řady, avšak zachovává kontinuitu v datové řadě Thematic Mapperu™ zahájenou Landsatem 4 v roce 1984. Hlavním vybavením družice Landsat 7 je multispektrální skener Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Provoz skeneru ETM+ je plánován dopředu, data se tedy nepožizují nepřetržitě. Snímají se území všech pevnin Země, pokud jsou v době přeletu bez oblačnosti. Během jednoho 16-ti denního cyklu je nasnímána jen asi jedna čtvrtina plochy kontinentu. Tím se zefektivňuje předzpracování dat. Podle [18].

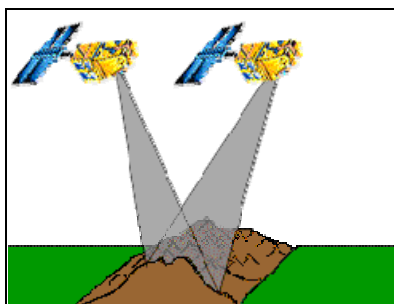
Ke snímání obrazu slouží speciální televizní systém a multispektrální skener pracující v sedmi intervalech vlnových délek spektra (od 0,45 μm do 12,50 μm). (modrém, zeleném, červeném, blízkém infračerveném, dvou středněinfračervených a termálním.) Družice snímá pruh území široký 185 km. Kombinace informací získaných z jednotlivých pásem umožňuje dobrou identifikaci a rozlišení prvků a jevů jako je síť vodních toků a jejich uspořádání, identifikace a vlastnosti vodních objektů, obsah sedimentů ve vodě, hranice vody a vegetace, druhy vegetace, lesní plochy, zemědělská půda, půdní poměry, plochy bez vegetace, půdní vlhkost, sněhová pokrývka, zastavěné plochy, průběh komunikací.

Údaje se dají použít pro tvorbu tematických map až do měřítka 1 : 25 000. Velkou předností je možnost vytváření barevných syntéz pro snadnější identifikaci vybraných jevů. Snímky družice LANDSAT pokrývají celou pevninu a jsou k dispozici na internetu na adrese <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>. Snímky z tohoto prohlížeče byly použity v kapitole 7.2.

SPOT

Jako první z řady satelitů SPOT (francouzské družice) byl r. 1986 vynesena na dráhu **SPOT 1** a v operačním nasazení vydržel celých sedm let. Pohyboval se stejně jako jeho následovníci po heliosynchronní dráze s periodou 26 dní. Na palubě měl dva totožné exempláře elektronického skeneru HRV (High resolution Visible). **Dva skenery fungují zároveň** a umožňují pokrýt šířku území 117 km a získávat **dvojice stereosnímků**. V roce 1990 následoval SPOT 1 shodně vybavený **SPOT 2**, který je na oběžné dráze do současnosti. **SPOT 3**, vynesena na dráhu se v roce 1994, však o dva roky později přestal fungovat. Radikální změny přinesla družice **SPOT 4**, která byla vypuštěna v roce 1998. Skener HRV byl u této družice nahrazen skenerem HRVIR (High-Resolution Visible and Infrared). Důležitým rozšířením přístrojového vybavení SPOT 4 je skener **VEGETATION**. Pořízená data mají v nadiru prostorové rozlišení 1,15 km a šířku záběru 2 250 kilometrů. Družice pokryje během 14-ti obletů v průběhu jednoho dne povrch celé zeměkoule. Družice **SPOT 5**

byla vynesena na oběžnou dráhu 4. května 2002 a stala se poslední v řadě družic tohoto jména. Úkolem SPOT 5 je především zachovat kontinuitu v dlouholeté řadě měření s vysokou rozlišovací schopností a konkurenceschopnost na trhu družicových dat. Skener HRG (High resolution Geometry) má prostorové rozlišení 5 m v panchromatickém režimu a 10 m v režimu multispektrálním. Uvnitř senzoru HRG jsou 2 detektory s prostorovým rozlišením 5 m, které pořizují obrazový záznam území současně. Kombinací těchto dvou záznamů, které jsou vůči sobě posunuty o 2,5 m, je vytvořen obraz s výsledným prostorovým rozlišením 2,5 m. Tvorba digitálního modelu reliéfu (DMT) z dat družice SPOT je velmi kvalitní. Stereosnímky z přístroje HRS (High Resolution Stereoscopic) jsou pořizeny v průběhu jednoho přeletu. Nejprve je nasnímáno území šikmo před družicí a vzápětí to samé území šikmo za družicí, pořídí se tak data z území 120×600 km pro tvorbu DMT. Během pěti let má být vytvořen DMT, který by měl pokrývat 2/3 zemského povrchu s prostorovým rozlišením i výškovou přesností 10 metrů. Další informace jsou dostupné např. na <http://www.spotimage.com>. Geometrické vlastnosti jednotlivých družic SPOT umožňují použití dat k tvorbě map v měřítku 1 : 100 000 až 1 : 10 000, tvorbě 3D modelů měst, preciznímu zemědělství, kontrole zemědělských aktivit, plánování a projektování liniových staveb, mapování dopravních sítí, mapování rozptýlené vegetace, monitorování povrchových dolů, skládek a rekultivace, mapování půdní eroze, tvorba digitálního modelu terénu.

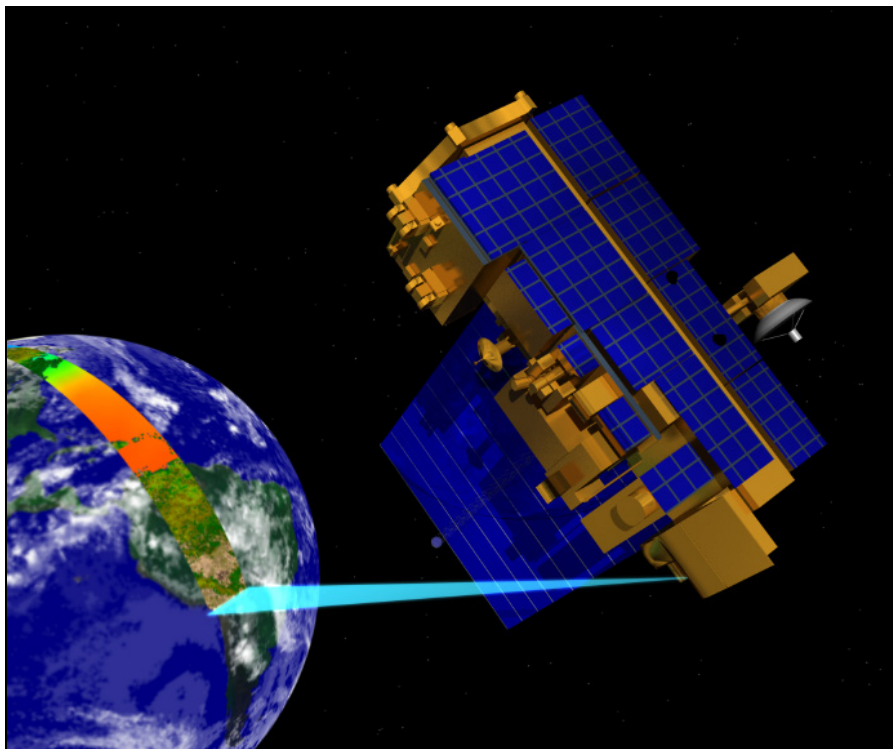


Obr. 6.7 Princip vytváření stereoskopické dvojice snímků družicí SPOT, zdroj [19].

TERRA

Terra (obr. 6.8) je první komplexně přístrojově vybavenou družicí patřící do „**Systému pozorování Země**“ (Earth Observation System – EOS, podrobněji viz <http://eospsa.gsfc.nasa.gov/>), který buduje NASA. Terra je družice o velikosti malého autobusu. Nese pět moderních senzorů, které studují interakce mezi atmosférou, zemí, oceány, živočichy a rostlinami, a radiční energií v tepelné a nebo světelné podobě, aparaturu na měření záření mraků a zemského povrchu a zařízení na měření znečištění v troposféře.

Terra se pohybuje na slunečně-synchronní oběžné dráze 30 minut za družicí Landsat 7. Rovník přechází asi v 10.30 místního slunečního času, kdy je minimální zakrytí povrchu oblačností. Naměřené údaje z pásů jednotlivých přeletů mohou být sestaveny do celkového globálního obrazu. Plánovaná životnost družice je šest let.



Obr. 6.8 Družice TERRA, zdroj [14].

ERS

Dvě družice ERS Evropská kosmická agentura (ESA). Obě družice ERS se pohybují na heliosynchronní dráze s inklinací $98^{\circ} 52'$ a výškou mezi 782 až 785 kilometry. Dráha obou družic je stabilní s odchylkou nejvíce 1km od určené trasy, což umožňuje pořizování stereo dvojic snímků. Družice byly vybaveny téměř **shodným přístrojovým vybavením**, které je určeno především **pro vědecké účely**. Jedná se především o výkonný radar. Silné radarové pulsy vysílané družicí jsou nutné, aby vyprodukovaly odezvové signály, k jejichž zachycení slouží desetimetrová anténa. V důsledku toho jsou satelity dosti těžké – každý z nich má hmotnost zhruba 2,3 tuny. Dále byl na palubě umístěn radarový altimetr **pro přesné měření výšky hladiny oceánů**, podélně skenující radiometr **pro měření teploty svrchní vrstvy mraků a vodní hladiny** a u družice ERS-2 navíc přístroj pro měření **obsahu ozonu a dalších plynů a aerosolů** ve stratosféře a troposféře. Získání dat přes mlhu, oblaka i mírný déšť poskytuje velké množství aplikací těchto dat. Radarové vlny také více pronikají porostem, do půdy nebo do sněhové pokrývky, takže dovolují získat informace i o podpovrchové vrstvě.

Typickými aplikacemi pro tento typ dat je geomorfologické mapování, mapování seismických pohybů, sedání a sesuvů půdy, mapování a monitorování vývoje ledovců nebo tvorba digitálního modelu terénu.

ENVISAT

Družice ENVISAT je projektem Evropské kosmické agentury (ESA). Je to velká družice, která je následníkem družic ERS-1 a ERS-2, vypuštěná na polární dráhu v roce 2002. Je zaměřena na **monitorování životního prostředí v regionálním a globálním měřítku**. Pohybuje se **na subpolární oběžné dráze ve výšce 800 km**, vykoná 14 oběhů za den a navrací se do stejné polohy po 35 dnech. Snímkuje v pásu 1 150 km širokém **s velikostí pixelu 300 m či 1 km**. Envisat je primárně určena **pro oceánografické účely**, studium změn v chemickém složení svrchní části oceánu, druhotně pro studium oblačnosti a též pro **monitorování vegetace v globálním měřítku**.

RADARSAT

RADARSAT se pohybuje **ve výšce 800 km** a přelet stejného místa na Zemi uskuteční jednou za 24 dní. Družice RADARSAT-1 je vybavena radarem, modernější vybavení nese RADARSAT-2. Družice snímají území v několika režimech, které se od sebe liší jak rozlišením, tak velikostí zobrazené plochy či úhlem, pod kterým je zemský povrch ozařován. Nastavitelná anténa může měnit úhel dopadu radarového paprsku na zemský povrch od 10° do 60°, rozlišení se pro různé režimy mění od 10 m do 100 m a šířka záběru se pohybuje mezi 50 km až 500 km.

QUICKBIRD

Družice QuickBird byla úspěšně vynesena na oběžnou dráhu dne 18. října 2001 (poté, co start jejích dvou předchůdkyň skončil nezdarem) a začala poskytovat už měsíc po startu své první snímky. Od té doby je spolehlivě poskytuje stále. Družici QuickBird, která je schopna snímat zemský povrch s donedávna nejvyšším prostorovým rozlišením mezi komerčními družicemi, vyvinula a uvedla do provozu společnost DigitalGlobe (Colorado, USA). Společnost DigitalGlobe (dříve EarthWatch) je významným poskytovatelem digitálních geografických dat obecně, licenci na provozování **družicového skeneru s rozlišením vyšším než 0,5 m** získala v prosinci roku 2000. Snížením výšky letu na 450 km bylo dosaženo maximálního rozlišení 60 cm pro černobílé snímky a kolem 2,5 m pro multispektrální snímky. Družicová data s uvedeným rozlišením jsou na trhu s geoinformacemi velmi oblíbená jako vysoce kvalitní

zdroj informací o území. Tato data jsou využívána v celé řadě komerčních i vládních aplikací jako podrobné mapování (až do měřítka 1 : 5 000), 3D modely měst, řízení přírodních zdrojů, urbanismus, telekomunikace, precizní zemědělství, kontrolu zemědělských aktivit, inventarizaci lesních porostů, mapování rozptýlené vegetace, monitorování skládek, rekultivace, mapování dopravních sítí, pojišťovnictví, tvorbu digitálního modelu terénu, telekomunikace a komunální služby, ropný průmysl a mnohé další.

IKONOS

Družice s vysokým rozlišením IKONOS, která byla vynesena na oběžnou dráhu 24.9.1999, se pohybuje ve výšce 680 km nad Zemí. Její hlavní snímací aparatura pořizuje současně **data ve dvou režimech: v panchromatickém (černobílém) s rozlišením 1 m a v multispektrálním (barevném) s rozlišením 4 m.**

Snímky pořízené družicí IKONOS mají **možnosti využití v různých aplikacích** v zemědělství, lesnictví, kartografii, civilní ochraně, službách, životním prostředí, telekomunikacích, v obchodu s nemovitostmi, bezpečnosti, dopravě, pojišťovnictví, geologii. Vzhledem k rozlišení jsou data využitelná zejména při topografickém i tématickém mapování ve velkých měřítkách. Zemědělci mohou mnohem přesněji sledovat zdravotní stav úrody a odhadovat výnosy, přírodovědci získávají přesnější informace o ekologicky citlivých oblastech, které jim pomohou lépe plánovat ochranná opatření, atd.

Na subpolární dráhu letu je naváděno mnoho dalších družic (USA, Rusko, Indie, Japonsko, Kanada). Jsou konstruovány speciálně pro kartografické účely, pro monitorování stavu atmosféry, ozonu, úrovně radiace, stavu tíhového a magnetického pole Země. Řada družic je účelově zaměřena na sledování geologických a geomorfologických změn na pevninách, na hodnocení stavu vegetace, poušti, změny mořských pobřeží stejně jako na monitorování ledovců, moří a oceánů a na řadu dalších oblastí. Velká část těchto družic slouží **vojenskému využití.**

Družice mají stále kvalitnější technické parametry pro snímání a přenos informací. Patří sem např. **hyperspektrální skenery** s možností rozlišit až stovky různých kanálů spektra (např. hyperspektrální skener Hyperion na družici EO 1 snímá ve 220 intervalech spektra, podrobněji viz. <http://eo1.gsfc.nasa.gov/>). Výrazně roste i **rozlišovací schopnost** záznamových zařízení (např. družice GeoEye a WorldView – 0,5 m, družice Quick Bird – 0,6 m, IKONOS 1 m, atd.)

V orbitálních družicích se stále více uplatňuje sledování Země v **mikrovlnné části spektra** aktivními metodami pomocí radaru.

Pojmy:

Oběžná dráha, rovníková dráha, šikmá dráha, subpolární dráha, geostacionární dráha, dráha se sluncem synchronní, družice

Otázky:

1. Popište základní parametry:

- a. rovníkové dráhy,**
- b. šikmé dráhy,**
- c. subpolární dráhy.**

2. Vysvětlete vztah mezi úhlovou rychlostí otáčení Země a družice na geostacionární dráze.

3. Připomeňte si princip pasivní metody snímkování. Jakou výhodou pro snímkování povrchu touto metodou je pohyb družice po dráze se Sluncem synchronní?

4. Charakterizujte družice:

- a. METEOSAT,**
- b. LANDSAT,**
- c. NOAA.**

5. Zjistěte poskytovatele družicových dat pro Google Earth. Které družice poskytují obrazová data pro např. Evropu? Která pro Českou republiku? Detailní snímky území České republiky pocházejí z leteckého snímkování. V jakých barvách jsou tyto snímky?

7. PŘÍKLADY A METODICKÉ POSTUPY INTERPRETACE INFORMACÍ DPZ Z RŮZNÝCH OBORŮ NA KONKRÉTNÍCH SNÍMCÍCH

7.1 Využití snímků DPZ v jednotlivých oborech

Mimořádný význam má interpretace informací DPZ v **kartografii při tvorbě a obnově map**. Tradiční je interpretace obrazových informací DPZ v **lesnictví**. Obraz vegetace a zejména lesů představuje rozhodující a nejrozsáhlejší náplň těchto snímků a obrazů. Bez interpretace lesů a ostatních porostů není možno studovat a hodnotit krajinu jako systém v regionálním ani globálním měřítku. Lesům je v celosvětovém měřítku věnována mimořádná pozornost především proto, že patří k obnovitelným zemským zdrojům, jsou přirozeným regulátorem vodního režimu, klimatu, na lesy je vázána existence mnoha živočišných druhů.

Pro interpretaci z leteckých snímků se používají kromě panchromatických materiálů černobílé a barevné materiály citlivé na infračervené záření. Stále častější je využívání multispektrálních snímků umožňujících barevně rozlišit a zvýraznit určité druhy porostů a spolehlivou identifikaci stáří porostů, hustoty zakmenění i podílu jednotlivých dřevin.

Družicové snímky dávají informace o zdravotním stavu porostů a jejich ohrožení exhalacemi a škůdci a odumírání stromů. Projevuje se to změnou barvy koruny a lze rozeznat zdravé části porostů od postižených. Dobře jsou identifikovatelné změny způsobené devastací, těžbou, polomy a požáry. Interpretace snímků souvisí bezprostředně s otázkami ochrany životního prostředí a umožňuje přijímání preventivních opatření.

Letecké a družicové snímky patří dnes k rozhodujícím informačním zdrojům pro posuzování pozitivních i negativních vlivů **zemědělské výroby** na funkci krajiny jako součásti životního prostředí. Snímky přinášejí jedinečné informace nutné pro optimalizaci **využití půdy** a posuzování zemědělské výroby. Umožňují identifikovat hranice zemědělsky intenzivně obdělávaných areálů od přirozených kultur, zatrávněných pozemků, pastvin, ladem ležící nebo neplodné půdy. Družicové snímky umožňují určit **hustotu rostlinného krytu, množství biomasy, předpovídat velikost úrody, sledovat průběh sklizně**, stejně jako odhalovat **odumírání porostů vlivem škůdců nebo exhalací**, případně sucha či záplav. Nenahraditelné jsou **letecké snímky** stejného území pořízené v několika **více časových horizontech**, ze kterých lze interpretovat změny zemědělské krajiny, změny ve způsobu

obdělávání půdy, rozdíly ve velikosti elementárních ploch polí a s tím související vlastnické vztahy k půdě apod.

V **hydrologii** dává interpretace materiálů DPZ velmi širokou a obsahově různorodou škálu informací o vodních poměrech a působení vody v krajině. Jde např. o údaje týkající se výšky sněhové pokrývky a rychlosti její změny při tání, změn rozsahu horských ledovců vlivem globálního oteplování Země a důsledky, které to má pro odtok vody a vodní režim toků.

Snímky umožňují identifikovat velikost a tvar povodí, rozlišit jednotlivé typy říčních sítí, změny meandrujících toků, erozní rýhy na svazích, stejně jako ostře viditelné strže vzniklé silnou erozí. Jsou na nich vidět místa odnosu a nánosů v důsledku půdní eroze. Přesně lze posuzovat velikost, tvar a konfiguraci jezer, rybníků a přehradních nádrží. Snímky pořizované opakovaně v předem zvolených časových intervalech jsou nezbytné při sledování záplav, odhalování stupně znečištění vnitrozemských vod i moří. Dají se z nich rozpoznat změny tepelného režimu velkých vodních nádrží, mořské proudy, růst delt, změny pobřežní čáry a další speciální charakteristiky. Cenné jsou pro ochranu a rekonstrukci krajiny obrazy mokřin, močálů, blat, bažin a obecně oblastí s velkou vlhkostí půdy (vysokou hladinou spodní vody).

Z televize je snad nejvíce známé využívání snímků v **meteorologii** pro sledování dynamiky oblačnosti, předpovědi počasí (geostacionární družice METEOSAT i družice se subpolární dráhou letu NOAA).

Na podrobné interpretaci jevů zachycených družicemi je dnes do značné míry odkázáno **zjišťování stavu životního prostředí**. Jde zejména o sledování vlivu velkých technických děl na životní prostředí, monitorování území devastovaných povrchovou těžbou, problémy rozsáhlých skládek odpadků, rozšiřování areálů velkých měst a s tím související stále rozsáhlejší zabírání půdy pro sklady, hypermarkety, továrny, podniky služeb. Rozhodující je využití družicových informací při **měření znečištění ovzduší** průmyslovými exhalacemi.

Radarové snímky nalézají uplatnění především v oblasti životního prostředí. Díky schopnosti pronikat oblačností je lze využít v případě kalamitních situací, především v průběhu záplav, pro mapování aktuálního stavu zaplavených oblastí i pro mapování jeho vývoje. Radarové snímky jsou citlivé nejen na přítomnost povrchové vody, ale i na obsah vody v půdě i několik cm pod povrchem, a proto je na nich možné rozeznat například zavlažované plochy od nezavlažovaných. Další možnosti uplatnění radarových snímků jsou v oblasti monitorování hospodaření v lesích či v oblasti zjišťování typu vegetace při použití

časové řady snímků z různých vegetačních období, pro geomorfologické či geologické aplikace, sledování pobřeží, ledovců a pro mnohé jiné.

Obrazové i radarové záznamy slouží jako základní faktografické podklady pro preventivní opatření k **zachování přírodního** prostředí, rekultivaci devastovaných území a obnově rovnováhy ekosystémů.

Stále širší uplatnění mají speciální družice určené pro potřeby **geologie**. Opakované pravidelné monitorování umožňuje sledovat změny na zemském povrchu zapříčiněné vulkanickou činností, erozní činností a sedimentací, rozšiřování pouští, následky ničivých zemětřesení a řadu dalších jevů. Družice pomohly odhalit průběh riftových zón na pevninách, na styku tektonických desek, zpřesnit znalosti o proudových a kerných sesuvech, průběžích zlomů. Letecké snímky opakované po více letech dokáže odhalit i velmi pomalé sesuvné pohyby interpretací zdánlivě neodůvodněných zákrutů a změn v průběhu cest, vodních toků, posunů vegetace apod. Na území České republiky a Slovenské republiky bylo tak odhaleno více než 3000 lokalit sesuvných terénů.

Rozdíly v barevných odstínech družicových záznamů reagují na zbarvení půdy v oblastech **výskytu surovin**, umožňují vyhledávat prostory s velmi pravděpodobným **výskytem ložisek uhlí, ropy, zemního plynu, chemických surovin, rud a stavebních materiálů**. Jsou dnes důležitým informačním zdrojem pro tvorbu nejruznější geologických, geomorfologických a půdních tematických map.

Letecké snímky a z nich odvozené ortofotomapy se staly zcela nezastupitelným podkladem pro **územní plánování, urbanismus** (obr. 7.1). Jsou na nich řešeny všechny projekty velkých dopravních staveb a **záměry územních plánů obcí**.

Velmi široké uplatnění mají letecké a družicové snímky **v archeologii**. Interpretace jejich obsahu dovoluje rozeznat díky rozdílnému zbarvení půdy a vegetace i změnám v tvářnosti reliéfu lokality a objekty dávné minulosti, které jsou přímo v terénu prakticky nerozeznatelné (např. původní rozdělení pozemků, pravěká sídliště a pohřebiště, nejnověji např. nález ruin starého města Lactapata v džungli blízko Machu Picchu v Peru). Pomáhají tomu i vržené stíny na snímcích pořízených časně ráno nebo v pozdních odpoledních hodinách.



Obr. 7.1 3D modelování a vizualizace – na digitální model terénu se „položí“ letecký nebo družicový snímek, do krajiny lze přidat trojrozměrné budovy, stromy apod., zdroj [7].

7.2 Příklady metodických postupů interpretace leteckých snímků a družicových snímků LANDSAT

7.2.1 Příklad interpretace leteckých snímků

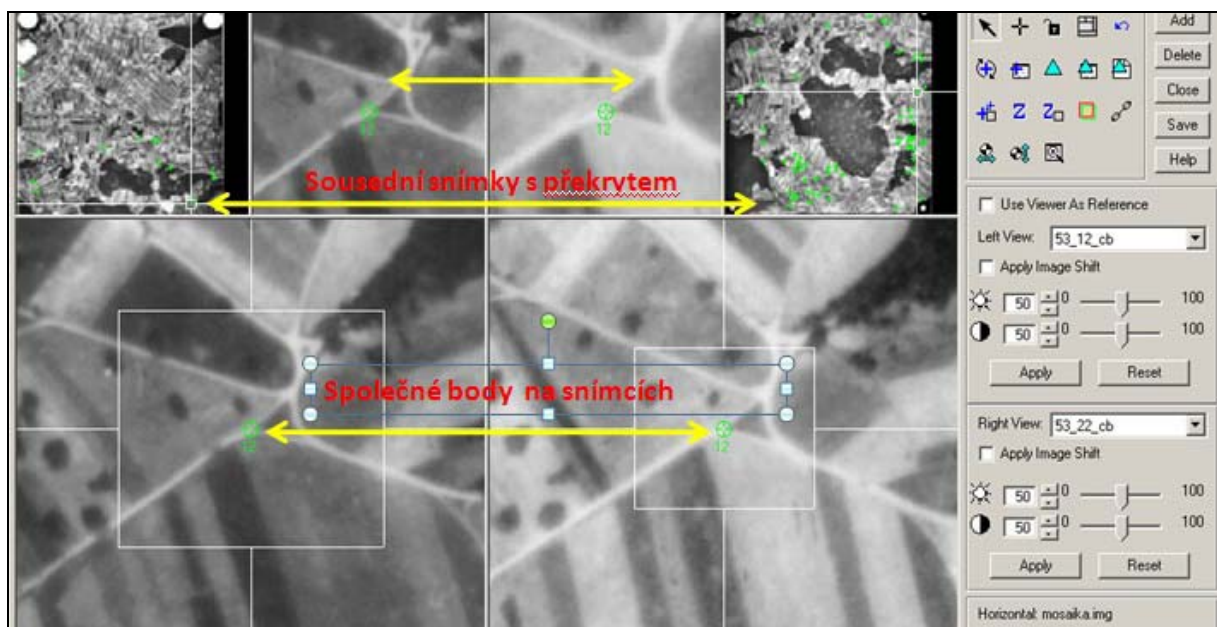
Identifikace a lokalizace objektů zobrazených na leteckých snímcích lze řešit **pozorováním snímků se současným kartografickým obrazem** daného území v mapách odpovídajícího měřítka. **Informační bohatost snímků** lze vyhodnocovat jednak nezávisle vždy pro konkrétní rok snímkování, jednak vzájemným srovnáním změn v krajině, ke kterým došlo v průběhu let. Variantní může být také **práce s mapou**. Lze ji použít buď jenom pro přiřazení vlastních jmen geografických objektů zobrazených na snímcích nebo k bližší identifikaci obsahových prvků, případně ke komplexnímu provázání leteckých a kartografických informací o daném území v jednotlivých letech i v celém období od prvního do posledního snímkování.

Jako příklad zpracování interpretace leteckých snímků byly pro vybraný region povodí říčky Harasky. Území se nachází na jižní Moravě, ve vzdálenosti cca 35 km jihovýchodně od Brna mezi obcemi Borkovany, Klobouky, Brumovice. Střed povodí leží na 49° 00' s.š. a 16°50' v.d. Pro získání obrazu krajiny před scelením pozemků a studium změny krajinných procesů na rozloze cca 50 km² byly zpracovány analogové historické letecké měřičské snímky z roku 1953 s 30 % překryvem, bez kalibračních protokolů, tj. bez prvků vnější a vnitřní orientace. (Obdobné informace by mohly přinášet např. snímky pořízené z balónu, rojala pořízené amatérským fotoaparátem). **Geometrická korekce archivních leteckých snímků** byla provedena jejich porovnáním se souborem aktuálních ortofotosnímků povodí Harasky z roku

2000 pořízených firmou Geodis Brno, s. r. o. Ty byly použity jako referenční plocha při zpracování archivních leteckých snímků.)

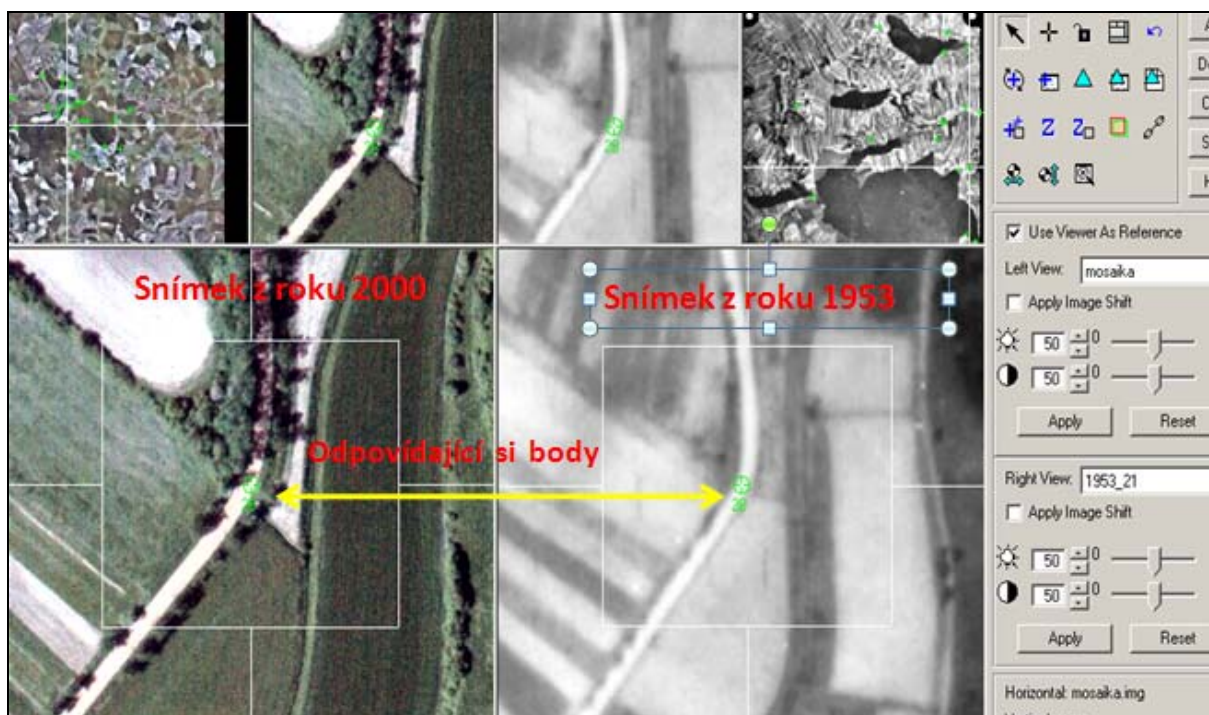
Stručný postup zpracování analogových leteckých měřičských snímků do mozaiky ortofotosnímků sestával z následujících kroků:

1. převedení **analogových snímků do digitální podoby** (skenování),
2. **vytvoření referenční plochy** pro x, y souřadnice vlíčovacích bodů mozaikováním ortofotosnímků z roku 2000,
3. **zpracování referenční plochy pro z-souřadnice** vlíčovacích bodů – **digitálního modelu reliéfu**,
4. **vyhledání společných bodů** na překrývajících se částech snímků,
5. **vyhledání společných vlíčovacích bodů** se souřadnicemi na leteckém snímku z roku 1953 a odpovídajících bodů na mozaice snímků z r. 2000. (např. pata věže kostela má stejné souřadnice jako na své nové fotografii, proto je možné tyto „nové“ souřadnice přiřadit i poloze věže v roce 1953). V zemědělské krajině, která se v průběhu padesáti let velmi změnila, však může být hledání takových bodů dost obtížné.
6. **triangulace snímků** – výpočet většího počtu bodů z původních vlíčovacích bodů,
7. **ortorektifikace snímků**,
8. vytvoření scelené mozaiky z ortofotosnímků z roku 1953.



Obr. 7.2 Prostředí software Leica Photosuit – ruční vyhledávání odpovídajících si bodů na překryvu dvou susedních snímků z roku 1953. Snímky jsou zobrazeny ve třech výřezech. První ukazuje celý snímek, susední je pak již přiblížením do prostoru, kde se snímky

překrývají. Detailní výřez slouží k přesnému zadání bodu. Pravá strana okna obsahuje ikony nástrojů pro práci se snímky.



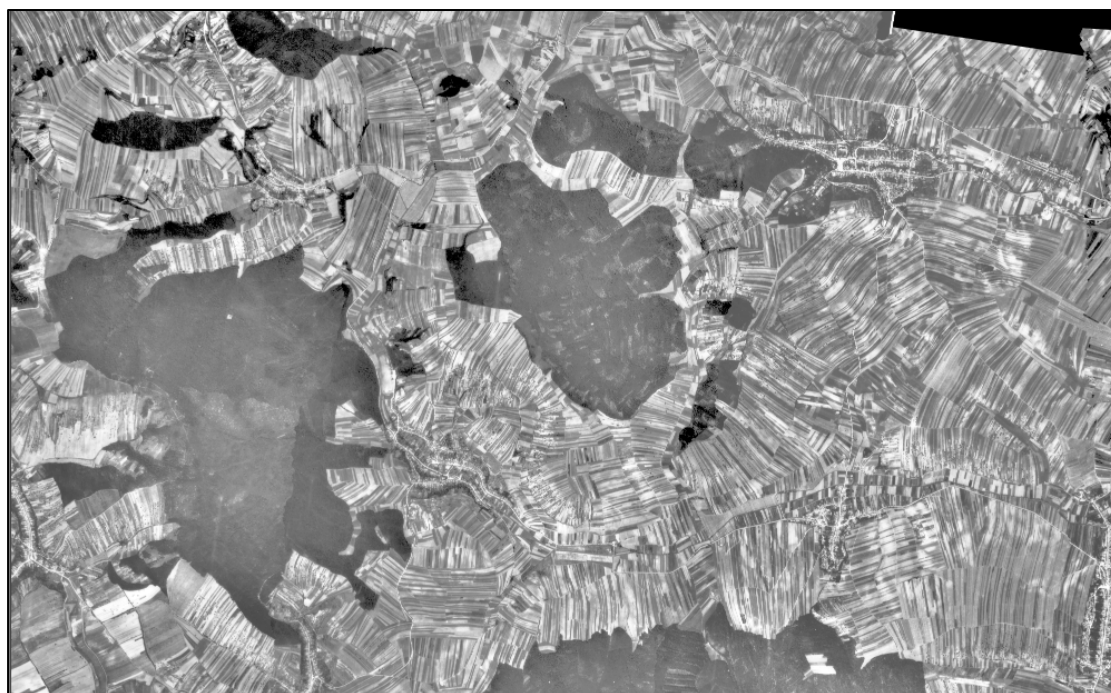
Obr. 7.3 Ruční vyhledávání vřícovacích bodů. V levém okně je ortorektifikovaná mozaika snímků z roku 2000, v pravém okně snímek z roku 1953. Mozaika vlevo slouží jako referenční plocha pro odečítání horizontálních souřadnic. Z obrázku je patrná obtížnost vyhledávání vhodných bodů v krajině po padesáti letech a po scelení pozemků při kolektivizaci zemědělství. Osvědčilo se hledat vřícovací body ve středech vesnic, dále na některých křižovatkách cest. V nouzi při nutnosti zachování rovnoměrného rozprostření bodů na snímcích, byly vyhledávány body např. na okrajích lesů, jejichž tvar se v některých případech po padesáti letech příliš nezměnil.

Při **ortorektifikaci** se zpracovávají polohově nezkreslené snímky. Vlastní ortorektifikace **odstraňuje rozdíl v poloze obrazu objektu při středovém promítání a kolmém promítání.**

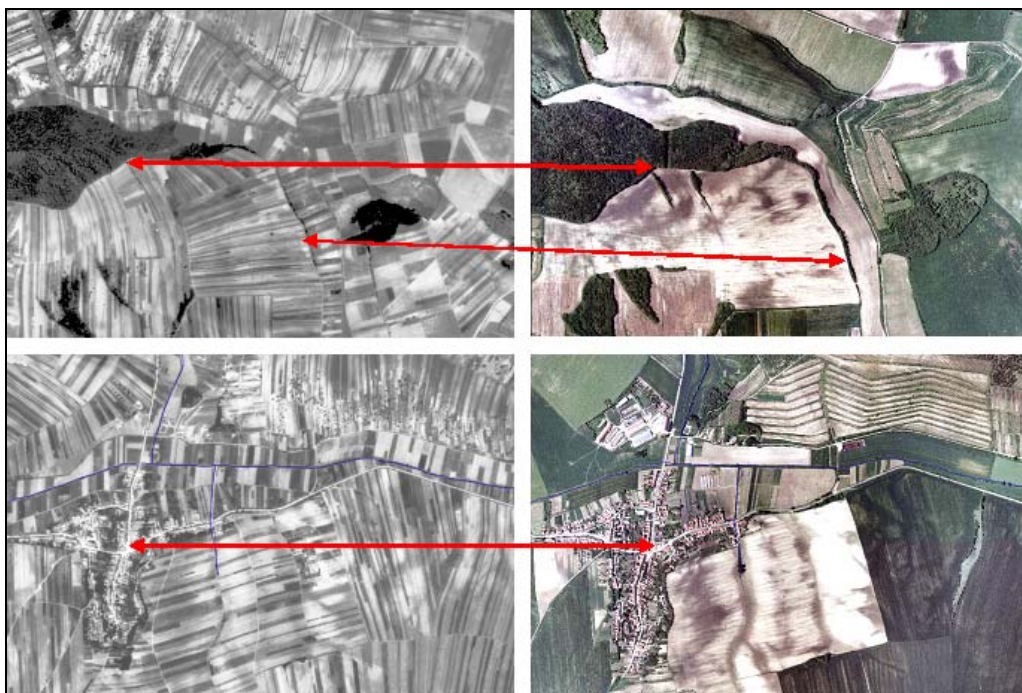
Posledním důležitým krokem je **vytvoření mozaiky** z ortorektifikovaných snímků, kdy zvažujeme odstranění okrajových částí snímků z mozaiky a její barevné vyrovnání (obr. 7.5).



Obr. 7.4 Lícování (např. návaznost silnice) ortorektifikovaných snímků je velmi dobré, ale patrný velký rozdíl jasu barvy na obou snímcích



Obr. 7.5 Náhled na výslednou mozaiku ortorektifikovaných leteckých snímků z roku 1953 po použití automatického řezání linií a barevném vyrovnání



Obr. 7.6 Obrázek dokumentuje změnu krajiny jižní Moravy po padesáti letech. Černobílé snímky vlevo zachycují krajinu v létě roku 1953. Barevné snímky vpravo stejné území v roce 2000. Na konci padesátých let bylo provedeno scelení pozemků, patrné je i rozrůstání lesa (horní dvojice), mírné zvětšení sídelní zástavby a terasování svahů (dolní dvojice snímku). Barevně v příloze 1.



Obr. 7.7 Kombinace mozaiky zpracovaných archivních snímků s vektorovou vrstvou aktuálního využití krajiny. Z kombinace těchto dvou vrstev je patrné např. terasování svahů nebo výstavba výrobních zemědělských areálů.

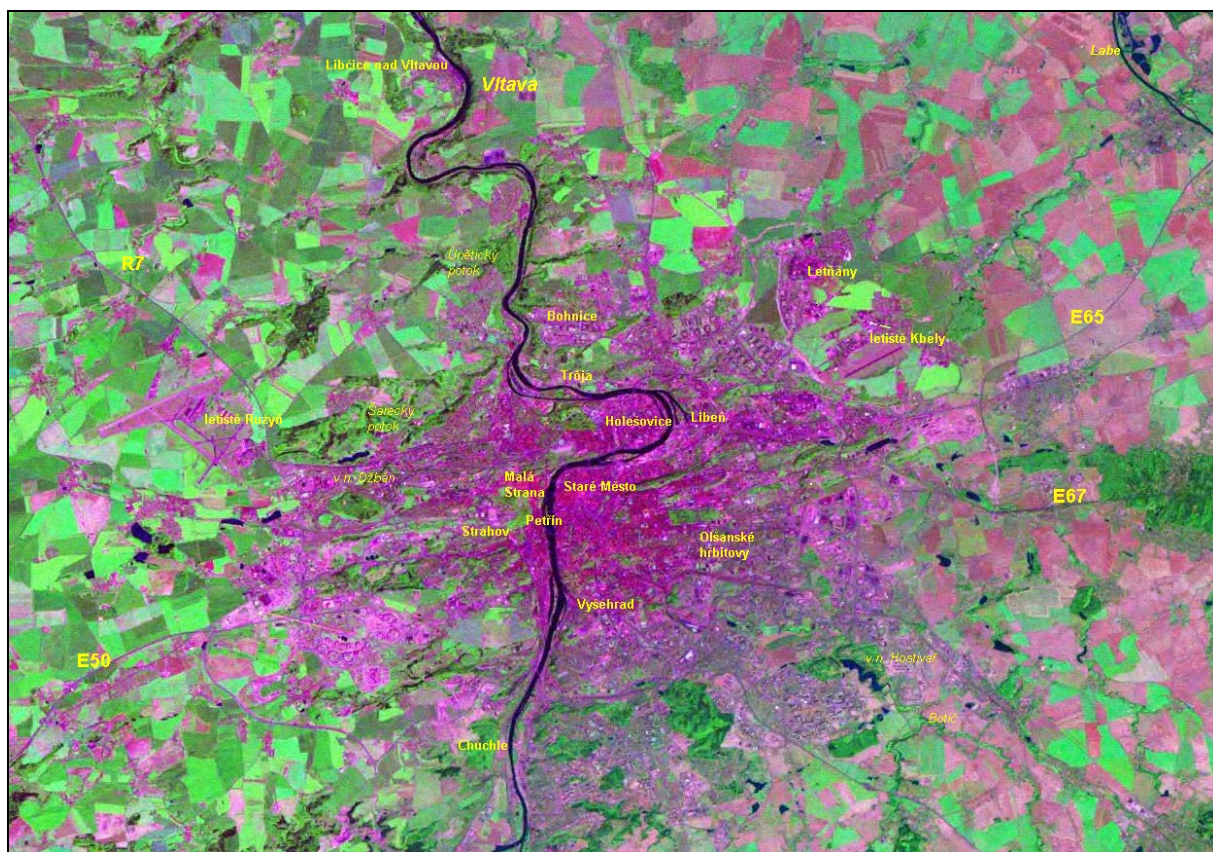
7.2.2 Interpretace snímků družice LANDSAT

Jiný, globálnější (geografický) obraz zemského povrchu v menším měřítku poskytují multispektrální snímky družice LANDSAT (v nepravých barvách). Pro snadnější orientaci jsou na snímcích doplněna vlastní jména nejmarkantnějších geografických objektů. U každého družicového snímku je v jeho popisu naznačen základní postup interpretace hlavních obsahových prvků snímku. Ten může být dále rozvíjen a prohlubován při konkrétní pedagogické činnosti a při samostatné práci se snímky a s materiály DPZ. Použité snímky v dalších ukázkách jsou částí mozaiky snímků LANDSAT z roku 2000 (ze serveru NASA <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>) vzniklé RGB syntézou: snímek ze 7. kanálu (střední infračervené záření) zobrazený v červeném barvě + snímek ze 4. kanálu (blízké infračervené záření) zobrazený jako zelený + snímek 2. kanálu zobrazený jako modrý. Výsledná mozaika je tedy v nepravých barvách. Velikost pixelu je 14,25 m.

Při práci se všemi snímky družice LANDSAT bude účelné **vyhledat vhodnou obecně geografickou případně tematickou mapu** dané oblasti podle které bude možno **lokalizovat i identifikovat geografické objekty** (města, řeky, porosty apod.) a **určit přibližně měřítko snímku**. To dále umožní posoudit, s jakou podrobností jsou objekty na snímku znázorněny, porovnávat kartografický a družicový obraz dané oblasti a hodnotit tak informační bohatost snímku. Práce s těmito ukázkami DPZ umožní získat i zajímavá srovnání vlastního regionu se vzdálenějšími oblastmi světa, které jsou na školních mapách a atlasech prezentovány velmi zjednodušeně.

Jako příklad interpretace obsahu snímků z družice LANDSAT byly vybrány a v základních rysech popsány:

- z území České republiky: Praha (obr. 7.8), Pardubicko (obr. 7.9), Severozápadní Čechy (obr. 7.10), Ústí nad Labem – Děčín (obr. 7.11)
- z geograficky zajímavých oblastí Země: Střední Evropa (obr. 7.12), Alpy (obr. 7.13), Delta Nilu (obr. 7.14), Jihovýchodní Středomoří (obr. 7.15), Dolní tok a ústí Mississippi (obr. 7.16), jezero Titicaca (obr. 7.17)



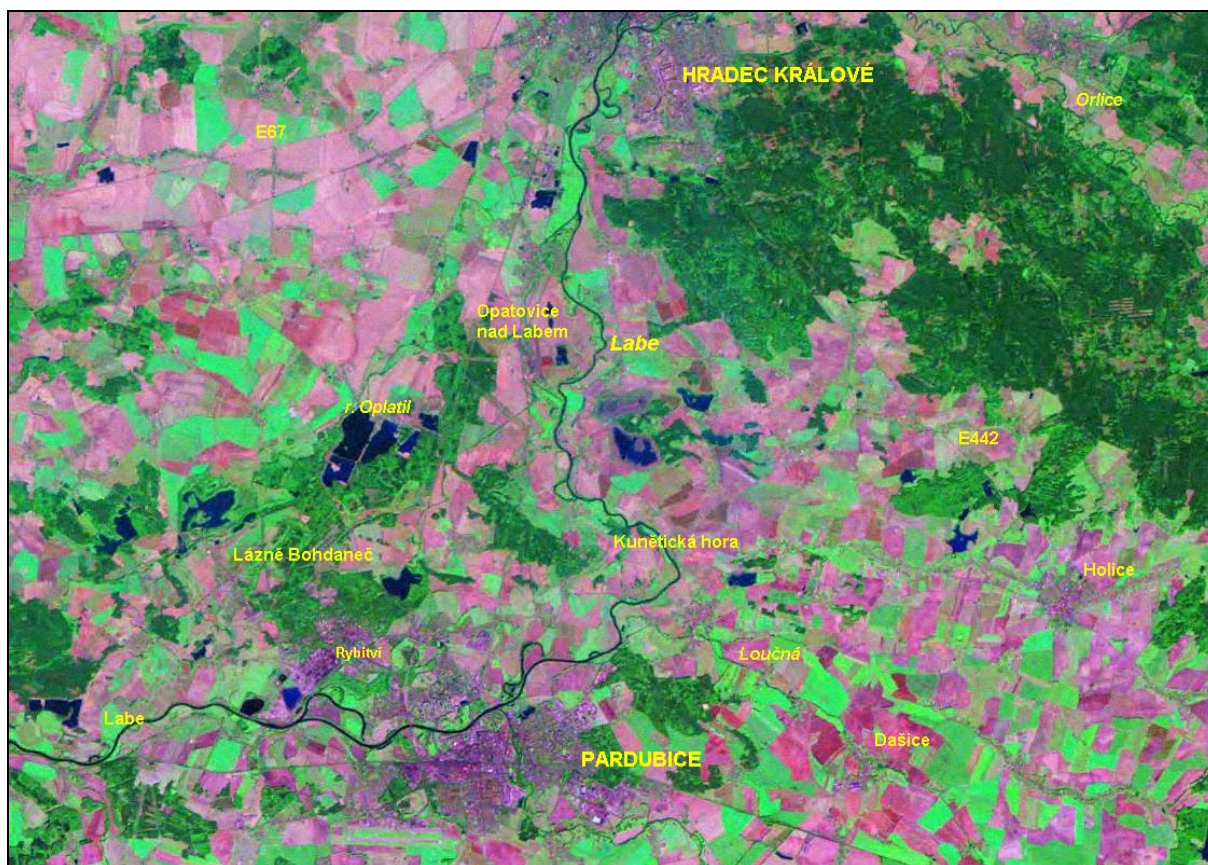
Obr. 7.8 Praha. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Na snímku je zobrazeno území Pražské plošiny s dobře patrným tokem Vltavy i vltavskými ostrovy, přístavy a plavebními kanály (např. Holešovice). Barevnými tóny lze odlišit historické centrum od novějších čtvrtí, sídliště 20. století a příměstské zástavby rodinných domků s větším zastoupením zeleně.

Na snímku lze identifikovat:

- Stromovku,
- Petřín,
- Olšanské hřbitovy,
- Strahovský stadion,
- letiště Ruzyně,
- letiště Kbely,
- údolí Divoké Šárky,
- dálniční přivaděče.



Obr. 7.9 Pardubicko. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Snímek zahrnuje prostor Východolabské tabule a částečně na východě Orlické tabule a na jihu Svitavské tabule. Území je na jihu ohraničeno městem Pardubice, na severu Hradcem Králové. Z hlediska výškové členitosti převládají roviny a ploché pahorkatiny. Osou území je tok řeky Labe se zřetelnými opuštěnými meandry a slepými rameny. V severovýchodní části snímku je dobře viditelný mendrující tok řeky Orlice včetně soutoku s řekou Labe v Hradci Králové. Řeka Chrudimka se vlévá do Labe v Pardubicích (jižní část snímku). SV od Pardubic je patrný průběh toku řeky Loučné. Z umělých vodních toků je na snímku patrný světlý Opatovický kanál a přilehlé umělé nádrže znázorněné tmavě modrou barvou (největší Bohdanečský rybník v levé části), z vodních ploch je severně od Pardubic vidět Pohránovský rybník, dále rybník Oplatil, západně Bohdanečský rybník členitého tvaru a menší rybníky Trhoňka, Rozhrna a Skříň. Na levém břehu jsou vodní nádrže mezi Bukovinou a Dřítečí a rybník Ředický severozápadně od Holic. Při podrobném vyhodnocení (např. s lupou) lze najít umělé vodní kanály mezi rybníky. Velice výrazně lze rozlišit plochy lesů od zemědělsky využívaných ploch a zástavby, v SV části snímku vyniká komplex lesů Orlické tabule, podle barevných odstínů zelené lze odlišit borové (tmavě zelené) a smrkové (světle zelené) lesy,

menší lesní celky severně od Pardubic mají obdobnou charakteristiku. Zemědělské plochy tvoří barevnou (zeleno-růžovou) mozaiku díky různé odrazivosti pěstovaných plodin, podle barev lze zřetelně odlišit hranice ploch se stejnou kulturou. Na snímku lze dobře identifikovat základní půdorys Pardubic a Hradce Králové, rozlišitelné jsou i větší městské části a sídliště (např. Polabiny, Rosice, Bílé Předměstí, Pardubičky, Semtín), lze určit obce Rybitví, Lázně Bohdaneč, Holice, Dašice, Sezemice. Komunikace (železnice a silnice) lze identifikovat především podle průběhu tras, výrazná je přímá linie železniční tratě mezi Pardubicemi a Hradcem Králové a z Hradce Králové směr Chlumeck nad Cidlinou, hůř je rozlišitelná spojka obou tratí mezi Březihradem a Plačicemi, velice výrazná a nezaměnitelná je trasa železniční tratě Kolín – Pardubice – Česká Třebová. Na toku Orlice je dobře vidět půdorys města Třebechovice pod Orebem. Ze snímku lze celkem dobře identifikovat silniční komunikace: – silnice 1. tř. č. 2 zcela na jižní části snímku z Pardubic do Přelouče, – silnice č. 36 z Pardubic na Holice, – silnice č. 35 z Holic na Hradec Králové, – silnice č. 37 z Pardubic na Holice, silnice nižších tříd jsou vzhledem k malému měřítku snímku identifikovatelné jen v určitých úsecích. Dobře je patrný prostor elektrárny Opatovice včetně odkalovacích nádrží.

Snímek charakterizuje krajinu intenzivně zemědělsky využívanou. Dominanta Východolabské tabule je vytlačena čedičové kupa Kunětické hory, která donutila původní tok Labe k oblouku na východ.



Obr. 7.10 Severozápadní Čechy. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Snímek zahrnuje velkou část subprovincie Krušné hory s geomorfologickými celky Mostecká pánev, Doupovské hory, Karlovarská vrchovina, Sokolovská pánev, České středohoří a Děčínská vrchovina. Dále zobrazuje část subprovincie České tabule s celkem Dolnooharské tabule a část Poberounské subprovincie s celky Džbán, Rakovnická pahorkatina a Pražská plošina. V pravé části snímku jsou zřetelné toky Vltavy a Labe. Hydrografickou osu tvoří již méně zřetelný tok Ohře s výraznou vodní nádrží Nechranice. Z dalších vodních nádrží v Krušných horách jsou zřetelné vodní nádrže Přísečnice a Fláje. Vynikají značné rozdíly západních a středních částí Krušných hor, kde je vidět nahrazení původních (na snímku tmavých) porostů novou výsadbou odolnějších dřevin (světleji zelená barva). Světle zeleně zbarvení Doupovských hor je dáno převážně travnatým porostem, ve střední části je výrazná mozaika ploch obdělávaných různými plodinami. Nejvýraznějším prvkem ve střední části snímku jsou velmi rozsáhlá devastovaná území povrchové těžby hnědého uhlí především v Mostecké a Sokolovské pánvi. Při detailnějším čtení snímku lze odlišit i menší rekultivované plochy. Na snímku vynikají větší i menší půdorysy měst, vesměs s velkou průmyslovou výrobou, vesnická sídla lze odlišit obtížně.

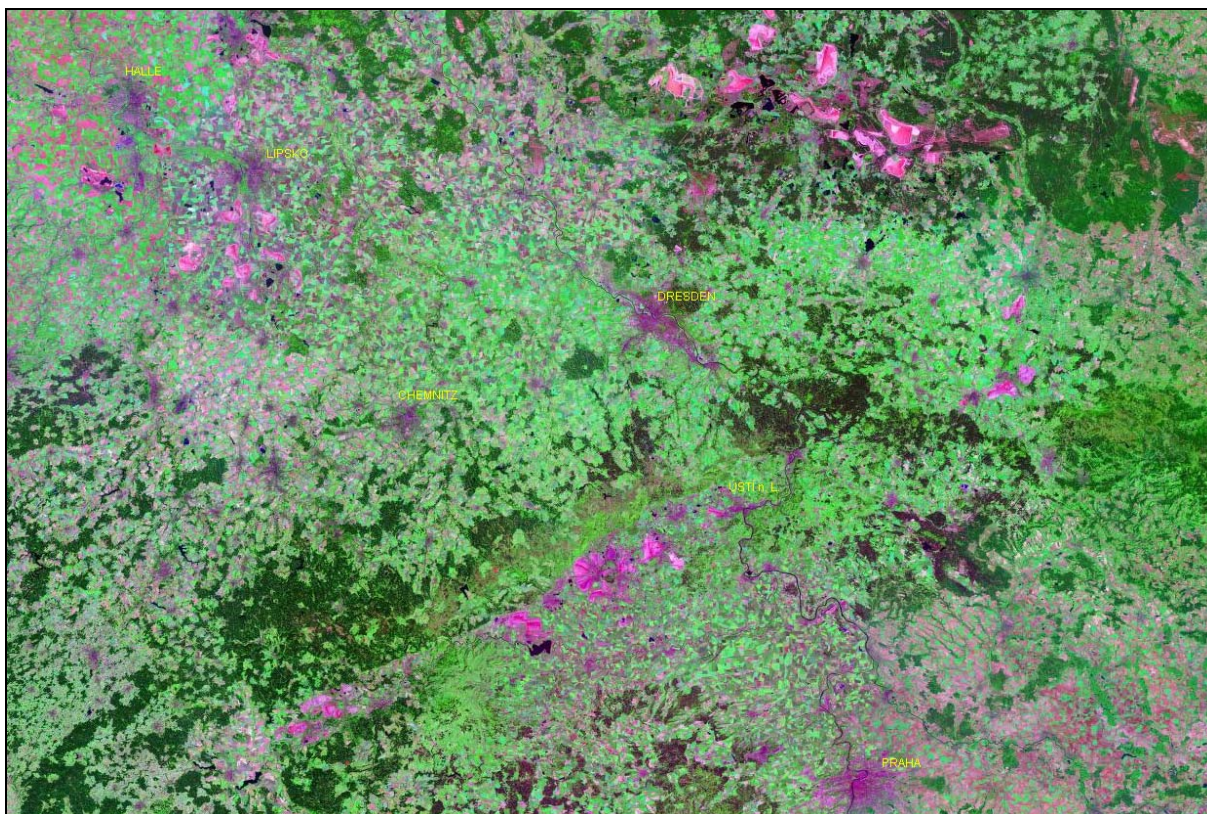


Obr. 7.11 Ústí nad Labem – Děčín. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Zobrazené území náleží k severní části Krušnohorské subprovincie s celky Děčínská vrchovina (sever) a severní část Českého Středohoří. Ze západu do snímku zasahují výběžky Krušných hor a Mostecké pánve. Na území jsou vidět tvary vytlačených kup sopečného původu (např. Výrovka, další čtyři směrem k Děčínu). Osu celého území tvoří tok řeky Labe, který vytvořil průlomové údolí přes České Středohoří. V údolí jsou místy zřetelné náplavové terasy (světle zelená barva při toku). Dobře patrný je dolní tok řeky Bíliny v Ústí nad Labem i tok řeky Ploučnice s četnými meandry sledovaný místní komunikací Děčín – Česká Kamenice. Severně od Ústí jsou na snímku viditelné tmavě zbarvené vodní plochy vzniklé v důsledku důlní činnosti, především poklesů terénu (např. plaviště popílku, usazovací nádrže...). Drobnější říčky a potoky malé šířky jsou těžko identifikovatelné, souvislé lesní komplexy převážně jehličnatých lesů jsou zřetelné v Děčínské vrchovině (tmavě zelená barva), v západní části jsou zřetelné plochy, kde došlo k narušení původních lesních porostů exhalacemi. Světlejší barvou lze rozlišit areály mladých, nově vysazovaných porostů příp. holin (např. kolem Děčínského Sněžníku). Souvislejší lesní komplexy jsou podél údolí Labe a relativně menší celky areálů lesů především na svazích sopečných kup Českého Středohoří. Strmé svahy kuželových tvarů s lesními porosty zvýrazňují vulkanický charakter

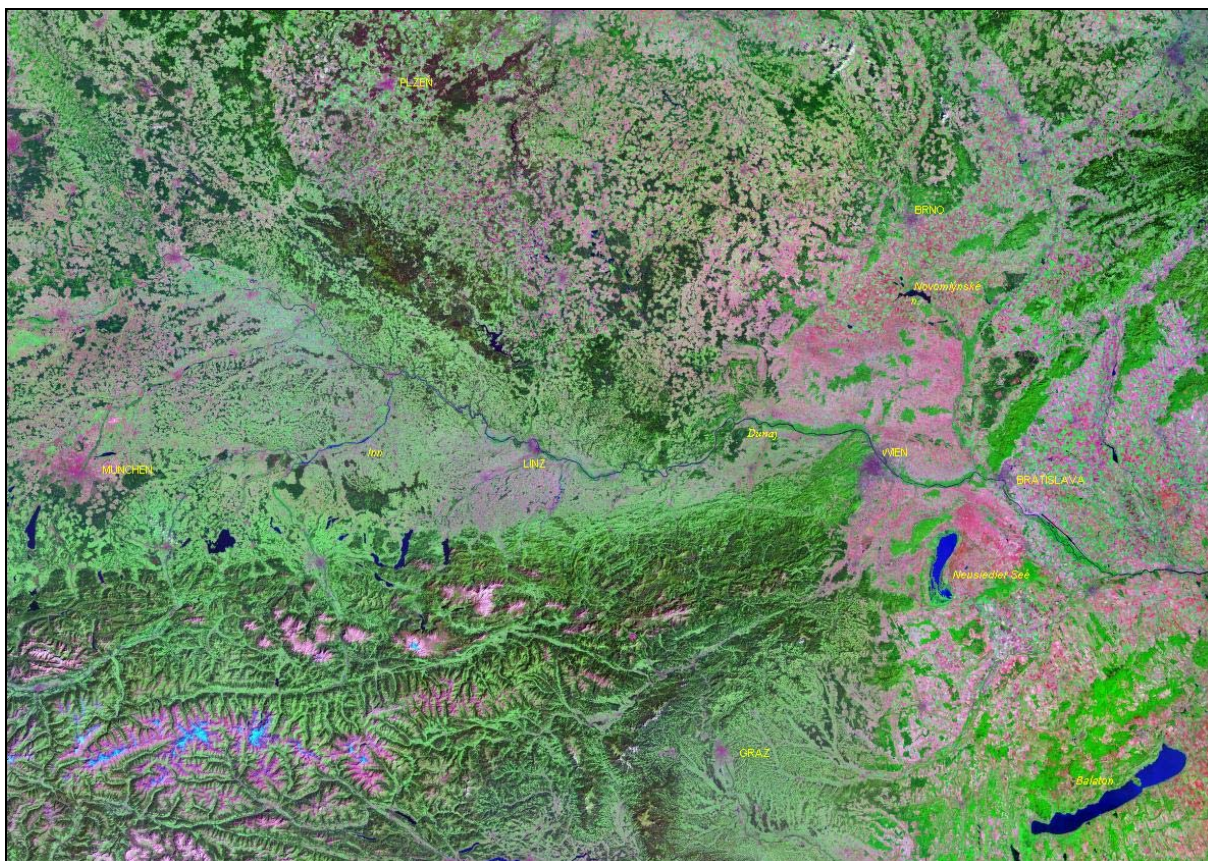
Českého Středoohoří (např. Výrovka, Rozmezí, Dvorský kopec). Další oblasti na obou stranách řeky Labe zahrnují zemědělskou půdu obdělanou nebo trvale zatravněnou. Z fialově vyjádřených půdorysů měst dobře vynikají sídelní komplexy Ústí nad Labem a Děčína a další přilehlé areály výrazně změněné těžební činností (bývalé doly). V celém území lze identifikovat menší sídla městského typu např. Benešov nad Ploučnicí, Jílové, Česká Kamenice, Horní Police apod. Z celkového pohledu je patrná relativně malá hustota sídel. Hlavní komunikace jsou v daném prostoru soustředěny převážně v údolí vodních toků a jsou proto identifikovatelné jen v některých úsecích; např. železnice i silnice po obou březích Labe od Ústí nad Labem do Děčína, železnice a silnice podél Ploučnice, železnice z Benešova nad Ploučnicí do České Kamenice, železnice z Děčína na Jílové pod zlomovým svahem Děčínské vrchoviny. Ostatní komunikace lze identifikovat podle detailního srovnání s mapou sledované oblasti (např. turistická mapa, autoatlas v měřítku 1 : 150 000 a větším).



Obr. 7.12 Střední Evropa. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Snímek zachycuje souborný pohled na Severní Čechy, Sasko, Durynsko a část Polska. Velmi zřetelně jsou vidět rozsáhlé devastované oblasti povrchové těžby hnědého uhlí v České republice, v Německu a Polsku. Tento pomyslný trojúhelník průmyslových oblastí Mostecka, okolí Lipska a Cotbusu je největším znečišťovatelem ovzduší střední Evropy v důsledku spalování nekvalitního hnědého uhlí a znečištění produkovaného navazujícím energetickým průmyslem a chemickým průmyslem. Na snímku naopak vyniká nenarušená příroda v západní části Krušných hor, Durynska či NP Českosaské Švýcarsko. Zřetelné jsou i exhalaci zničené odlesněné části SV Krušných hor a Jizerských hor.



Obr. 7.13 Alpy. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

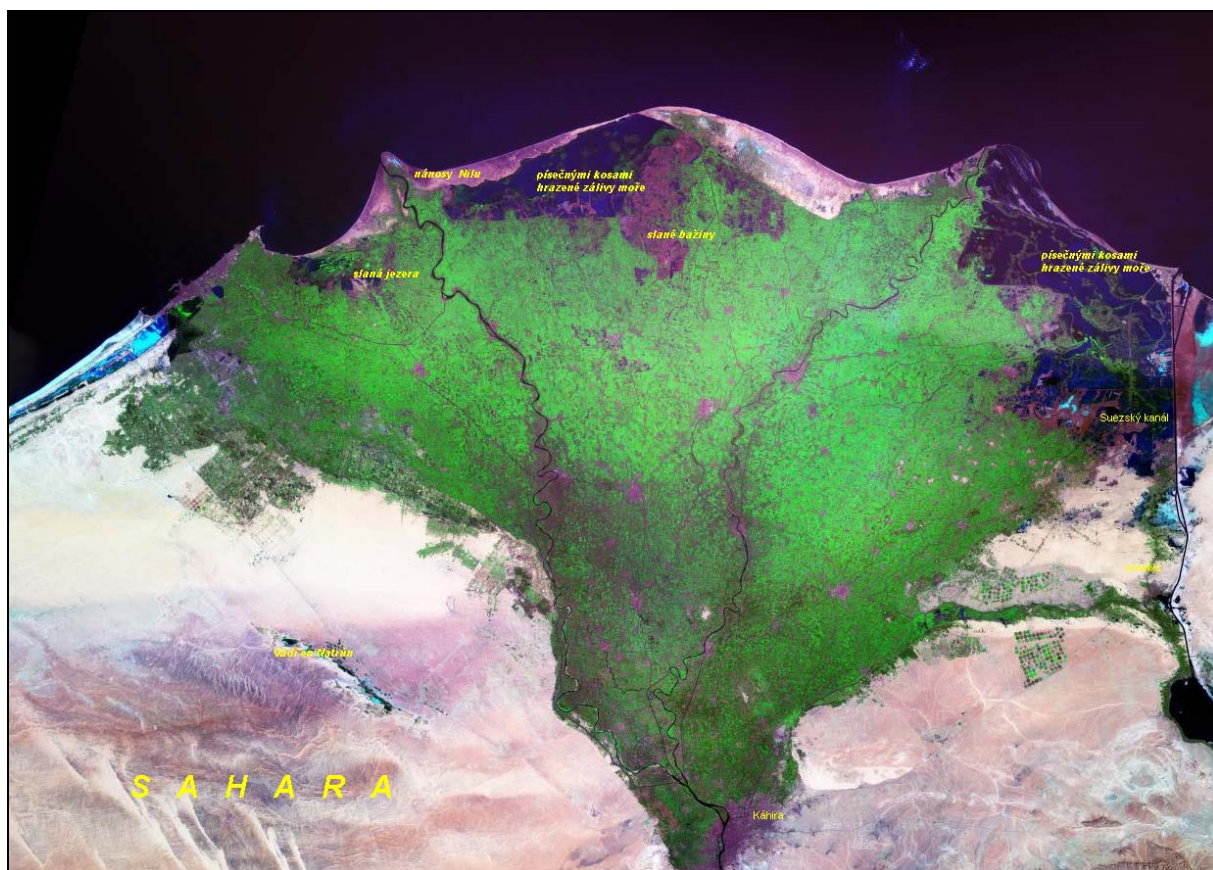
Zobrazená oblast zachycuje východní Alpy, část České vysočiny, Karpat a Panonské pánve. Dominantou jižní části snímku jsou Alpy s alpskými ledovci a údolími alpských toků. V severním předhůří Alp lze identifikovat četná jezera ledovcového původu. Severně od Dunaje velmi zřetelně vystupují zalesněná pásma Bavorského lesa, Šumavy a Novohradských hor a za Všerubským průsmykem jižní část Českého lesa.

Na velkých plochách jezer Neusiedler See a Balaton lze rozlišit relativní hloubku.

Identifikovatelné objekty na snímku:

Vltava, Lipno, Orlická přehrada, Novomlýnské nádrže, Balaton, Neusiedler See, Dunaj, Váh, Vážská kaskáda přehrad, Morava, Dyje, Odra.

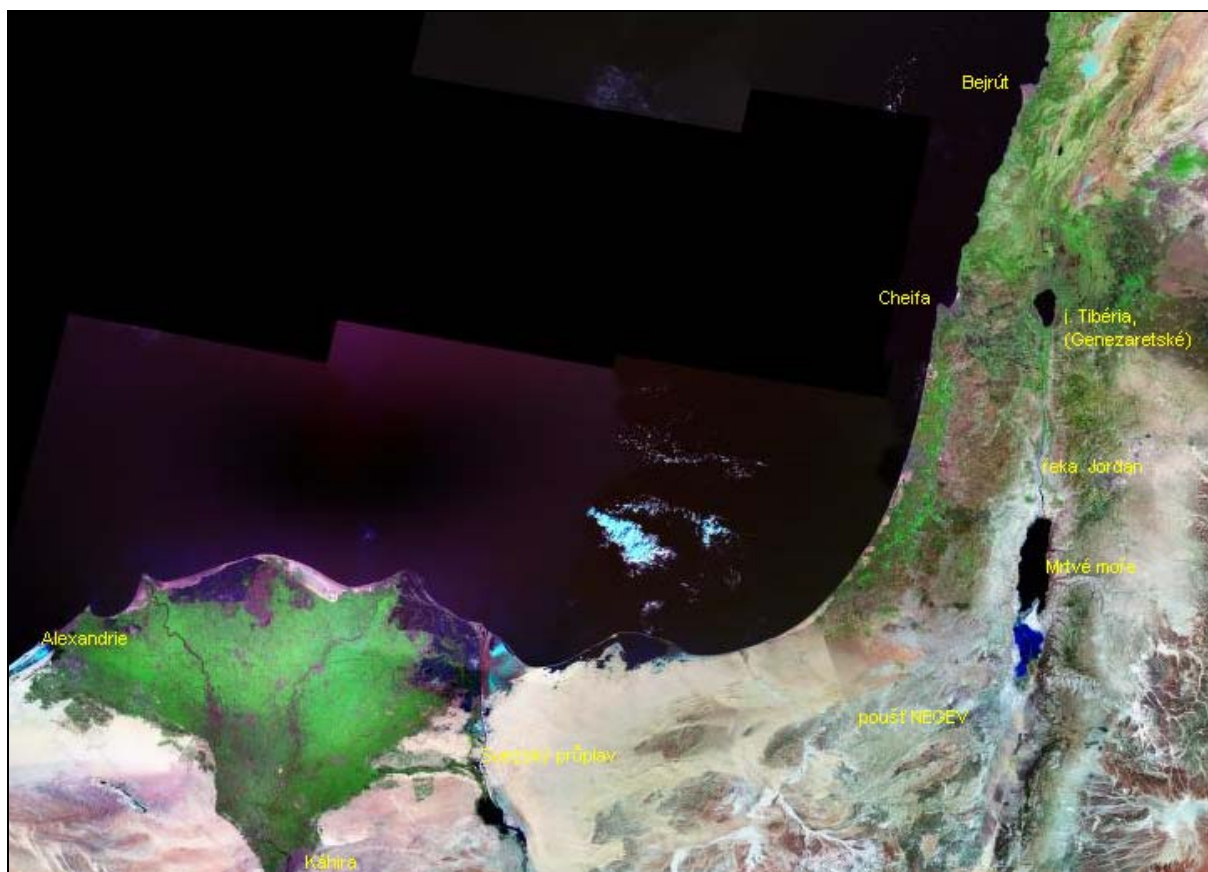
Porovnáním rozlohy polí a luk v České republice a v Rakousku lze sledovat přibližný průběh státní hranice.



Obr. 7.14 Delta Nilu. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Podrobný snímek delty Nilu velmi názorně ukazuje ostrou hranici mezi dříve zaplavovaným, úrodným a zemědělsky využívaným územím vlastní delty a Libyjskou pouští na západě a Arabskou pouští na východě. V Libyjské poušti je dobře patrná proláklina Vadi en Natrun s plochami jezer. Na východě je zřetelný úzký pás úrodného území podél vodního kanálu do Ismailie, stejně jako Suezský průplav, železnice a silnice vedoucí podél průplavu do Port Saidu. Na styku moře a delty jsou dobře vidět nánosy Nilu, kterými řeka posouvala pevninu do moře před výstavbou Asuánské přehrady (větší část říčních nánosů se nyní usazuje na dně přehrady).



Obr. 7.15 Jihovýchodní Středomoří. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

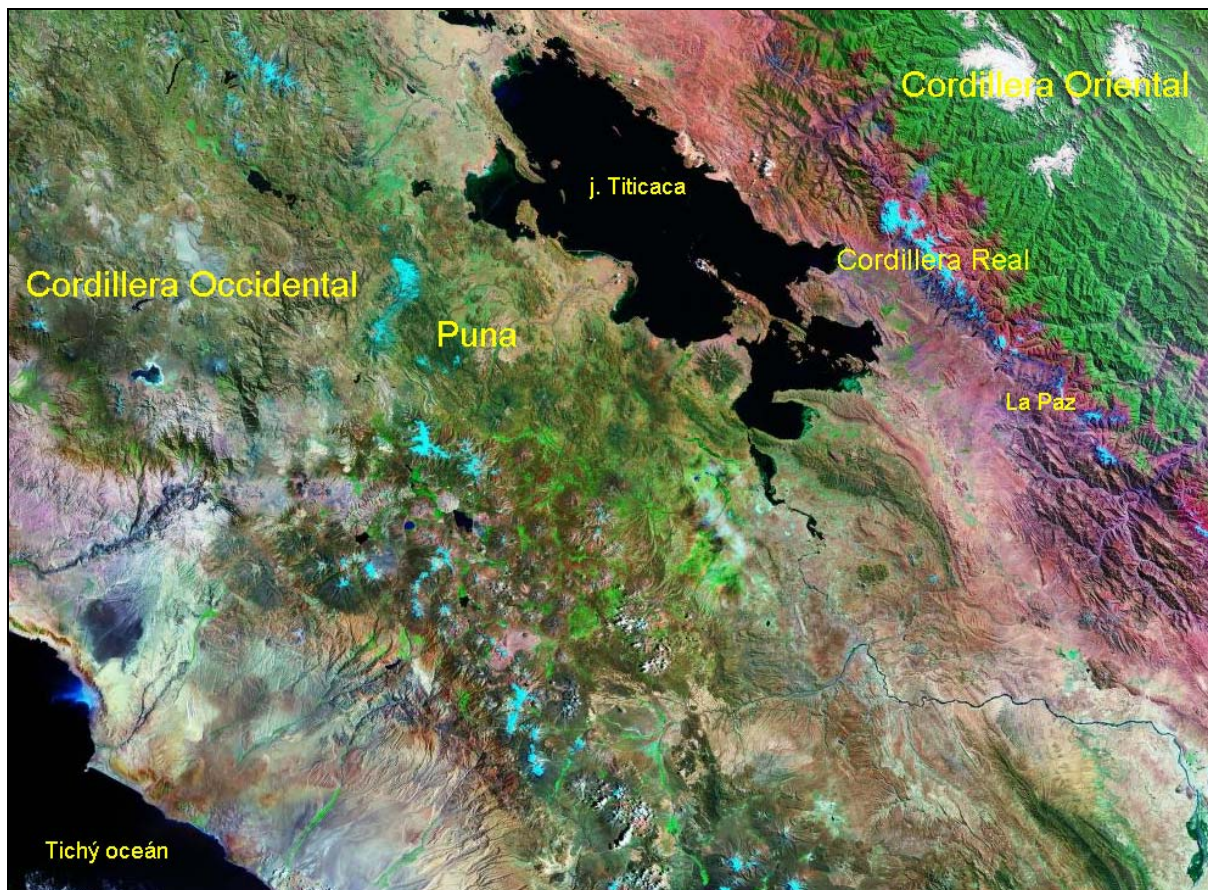
Snímek zobrazuje oblast delty Nilu, Suezského průplavu, severní části Sinajského poloostrova a příkopovou propadlinu s proláklinou Mrtvého moře, s údolím Jordánu a Tiberiádkým (Genezaretským) jezerem. Zahrnuje větší část území Izraele a Libanonu a východní oblasti Jordánska a Sýrie. Výrazně lze odlišit úrodnou oblast řeky Nilu a dostatečně zavlažované a středomořskou vegetací pokryté části Izraele od pouštních oblastí Sinajského poloostrova a pouště Negev.



Obr. 7.16 Dolní tok a ústí Mississippi. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Snímek zobrazuje část pobřeží Mexického zálivu s dolním tokem řeky Mississippi. Na břehu jezera Lake Pontchartrain leží město New Orleans, které, přestože neleží na břehu moře, je velkým námořním přístavem. V západní a severní části snímku je intenzivně zemědělsky obděláná krajina s četnými drobnějšími sídly. Zřetelné jsou meandry řeky Mississippi včetně opuštěných ramen. Je možné rozeznat i dávný průběh toku řeky a jeho postupné časové změny. Světlejší barva jezera a moří svědčí o malé hloubce, která je při pobřeží jen několik metrů.



Obr. 7.17 Jezero Titicaca. Barevně obrázek v příloze 1.

Popis snímku:

Snímek zobrazuje část území Peru a Bolívie s jezerem Titicaca. V pravé části snímku je zřetelné pásemné uspořádání Východních Kordilier. V levé části snímku je typická náhorní plošina Puna ve výšce kolem 4 000 metrů nad mořem. V horách je řada vyhaslých i aktivních sopek, nejvyšší vrcholy hor jsou zaledněny (tyrkysová barva). Různorodost hornin se projevuje v nepravé barevné syntéze. Kordilery uzavírají četné bezodtokové pánve. V jedné z nejmohutnějších leží jezero Lago de Titicaca v nadmořské výšce 3 810 m s velmi členitou břehovou čarou. Rozloha jezera kolísá mezi 6 900 až 8 300 km², hloubka jezera dosahuje 300 m. Na náhorních plošinách a na západním pobřeží převažuje suchomilná vegetace. Z jezera Titicaca vytéká směrem k jihu řeka Desaguadero k solnému jezero Lago de Poopo, jehož část je patrná v jihovýchodní části snímku.

Otázky:

1. Charakterizujte využití snímků DPZ v jednotlivých oborech.
2. Zpracujte vlastní popis družicového snímku z LANDSAT či jiné družice.

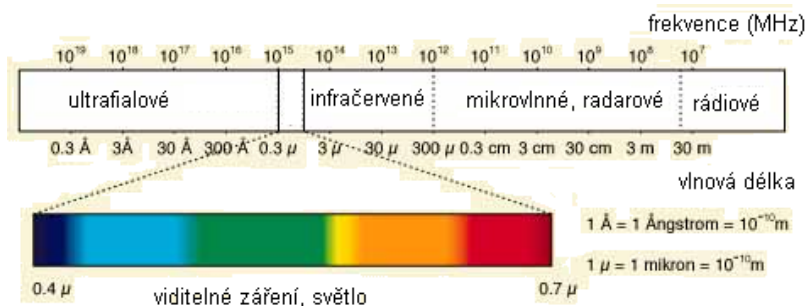
Použitá a doporučená literatura:

1. ČAPEK, R. *Dálkový průzkum Země*. Ministerstvo školství ČSR, Praha, 1988. s. 244.
2. DOBROVOLNÝ, P. *Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu*. Vydavatelství Masarykovy univerzity. Brno. 1998. s. 210.
3. KOLÁŘ, J., HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. *Dálkový průzkum Země*. Vydavatelství ČVUT, Praha. 1997. s. 164.
4. Kolektiv autorů. *Vojenská topografie – část letecké snímky*, MNO, Praha, 1987. s. 294.
5. Sborníky a neprodejně publikace Geografické služby Armády České republiky s tematikou DPZ, Praha 1993–2002.
6. Informační materiály Vojenského topografického ústavu týkající se DPZ, Dobruška 2001.

Internetové zdroje a odkazy

7. <http://www.geodis.cz/>
8. <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>
9. <http://www.nasa.gov/>
10. <http://landsat.gsfc.nasa.gov>
11. <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>
12. <http://images.google.cz/images>
13. <http://www.sci.muni.cz/~dobro>
14. <http://terra.nasa.gov/>
15. http://www.sci.muni.cz/dobro/zemsky_povrch_vegetace.html
16. <http://cs.wikipedia.org>
17. <http://vademecum.hvezdarna.cz/new/pdf/03-2-10.pdf>
18. <http://www.gisat.cz/>

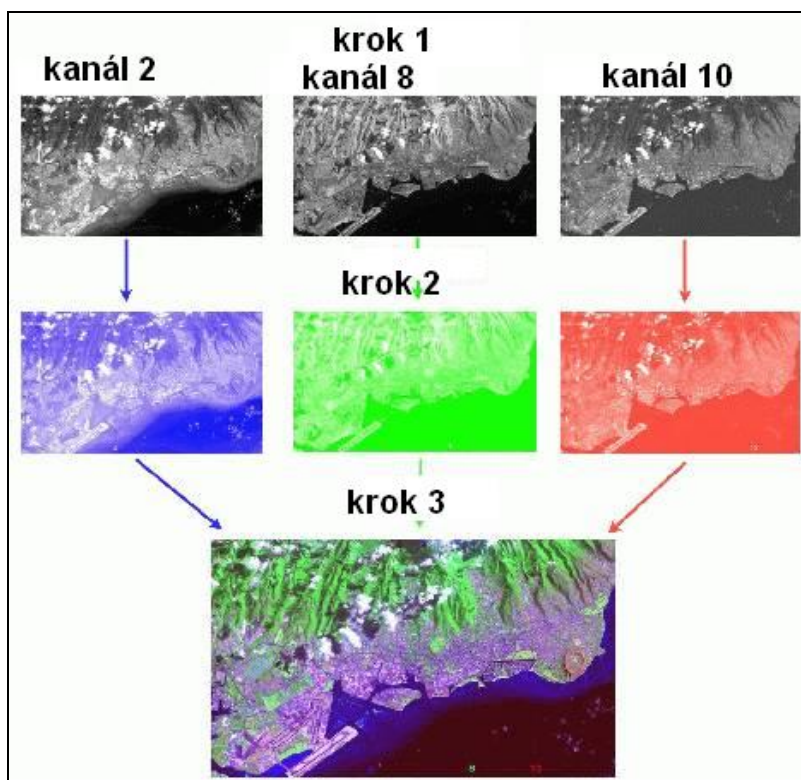
Příloha 1



Obr. 2.2 Základní oblasti dělení elektromagnetického spektra.

Barva	Vlnová délka
červená	~ 625 až 740 nm
oranžová	~ 590 až 625 nm
žlutá	~ 565 až 590 nm
zelená	~ 520 až 565 nm
azurová	~ 500 až 520 nm
modrá	~ 430 až 500 nm
fialová	~ 380 až 430 nm

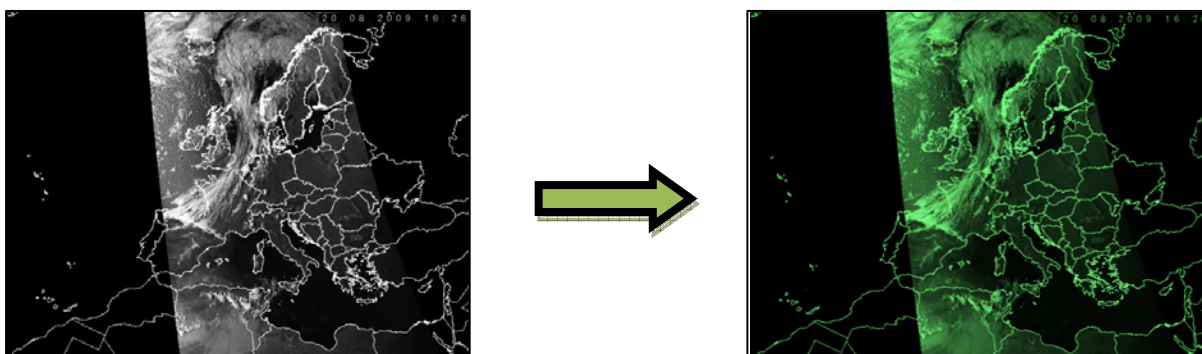
Obr. 2.4 Barvy a vlnová délka, zdroj [16].



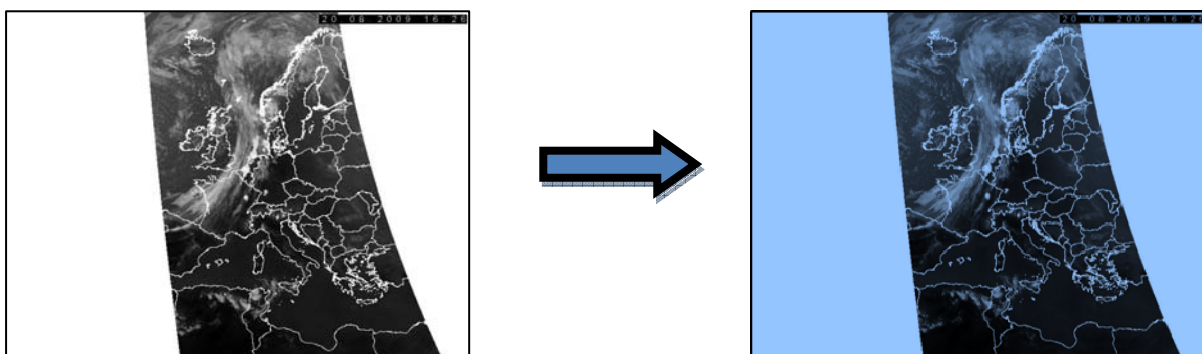
Obr. 4.18 Obecný postup vytváření barevné syntézy RGB po jednotlivých krocích, podle [13].



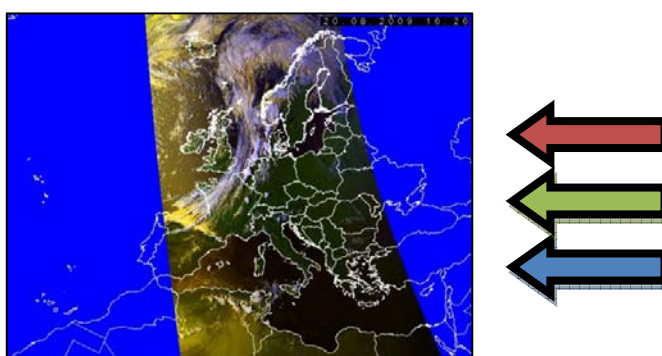
Obr. 4.19 Snímky prvního kanálu z družice NOAA 16, černobílý snímek a snímek v odstínech červené, s využitím [8].



Obr. 4.20 Snímky druhého kanálu z družice NOAA 16, černobílý a snímek v odstínech zelené, s využitím [8].



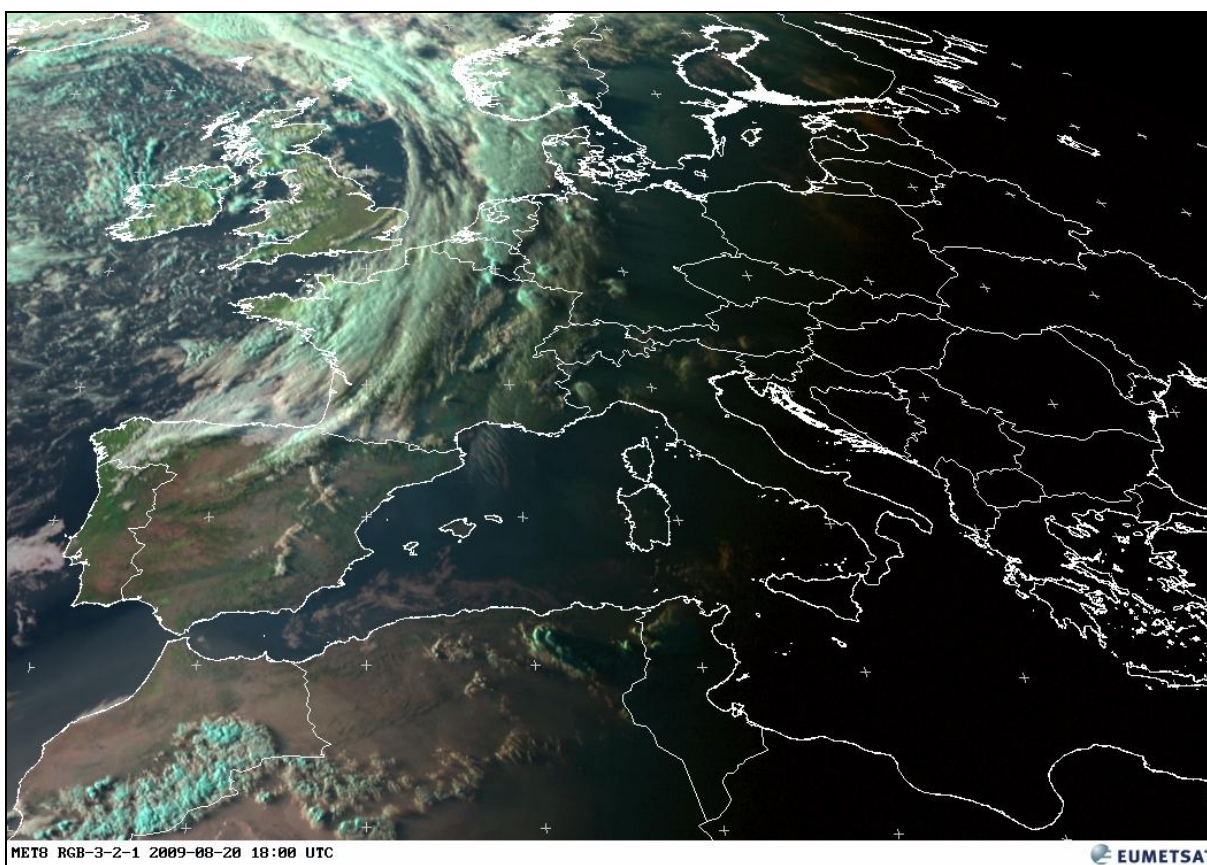
Obr. 4.21 Snímek čtvrtého kanálu z družice NOAA 16, černobílý snímek a snímek v odstínech modré, s využitím [8].



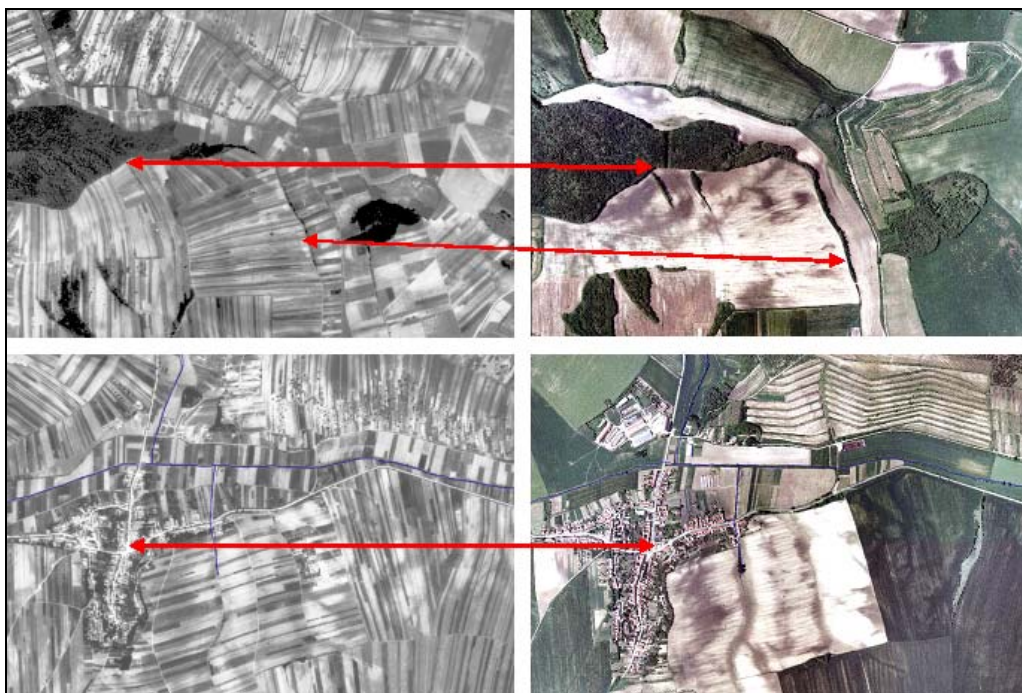
Obr. 4.22 Snímek z družice NOAA 16 v nepravých barvách syntézou RGB 124 (první, druhý a čtvrtý kanál v barvách červená, zelená, modrá), s využitím [8]. Barevně obrázek příloze 1.



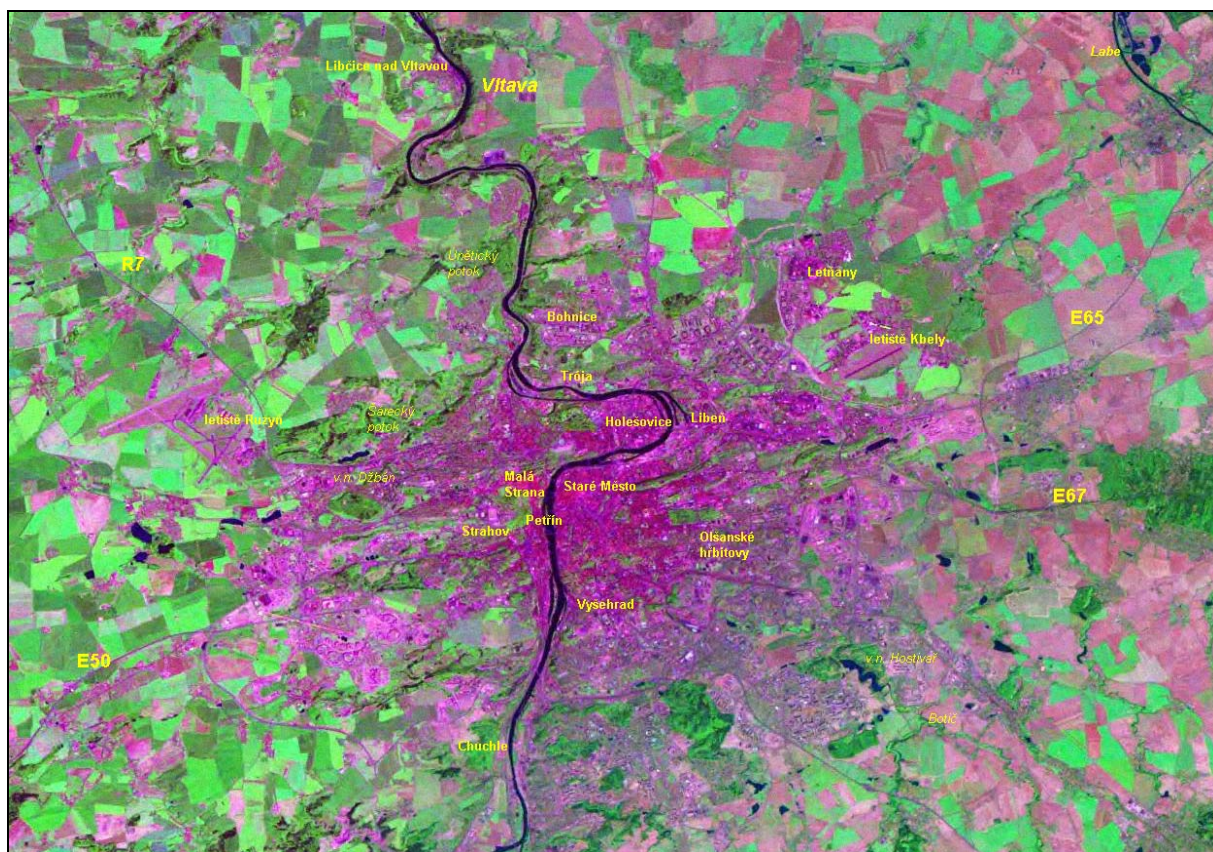
Obr. 4.7 a) Svislý (kolmý) snímek Brna.



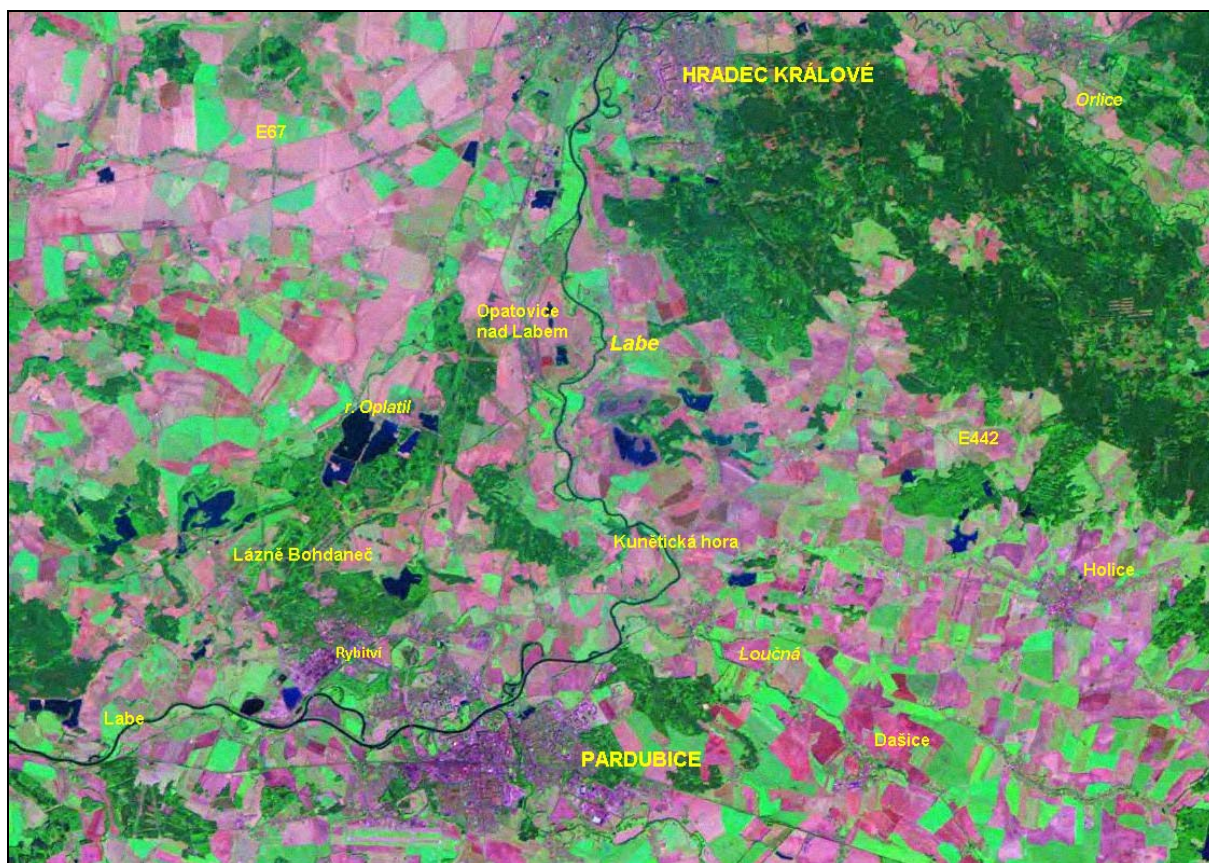
Obr. 6.5 Snímek v přirozených barvách vzniklý syntézou RGB kanálů 3, 2, a 1. zdroj [8].



Obr. 7.6 Obrázek dokumentuje změnu krajiny jižní Moravy po padesáti letech. Černobílé snímky vlevo zachycují krajinu v létě roku 1953. Barevné snímky vpravo stejné území v roce 2000. Na konci padesátých let bylo provedeno scelení pozemků, patrné je i rozrůstání lesa (horní dvojice), mírné zvětšení sídelní zástavby a terasování svahů (dolní dvojice snímků).



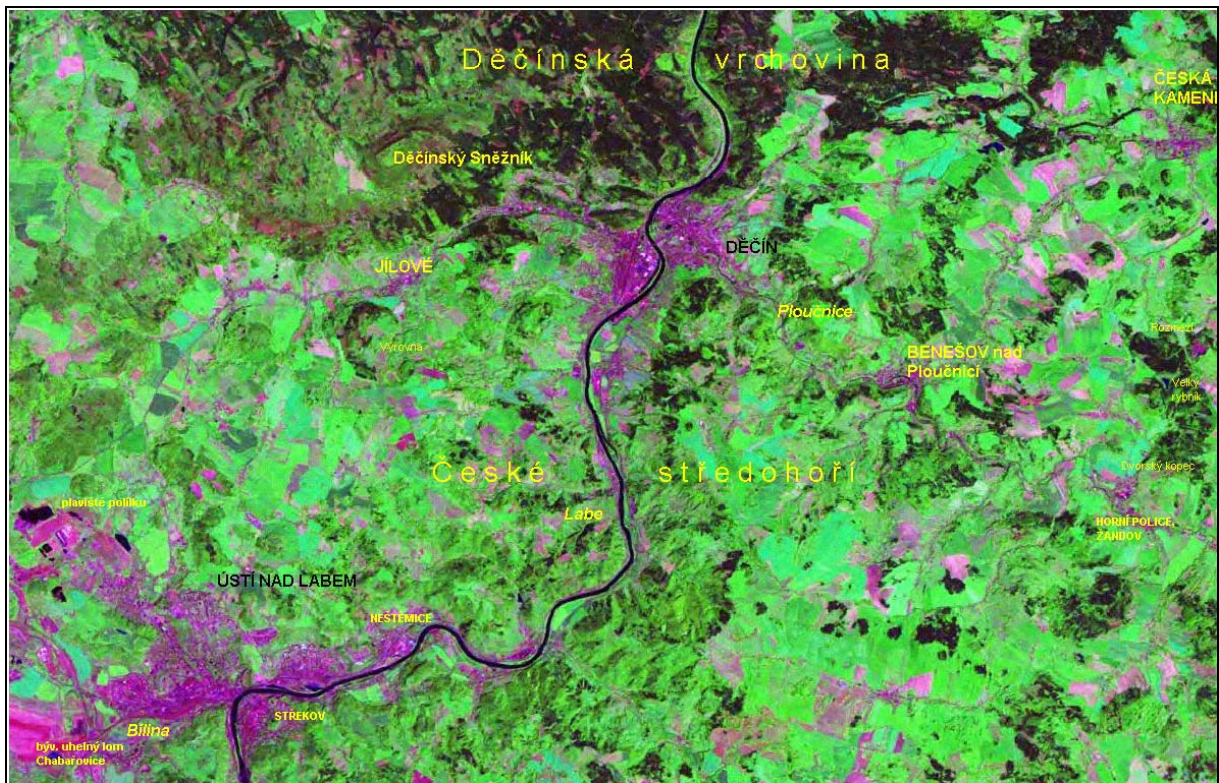
Obr. 7.8 Praha



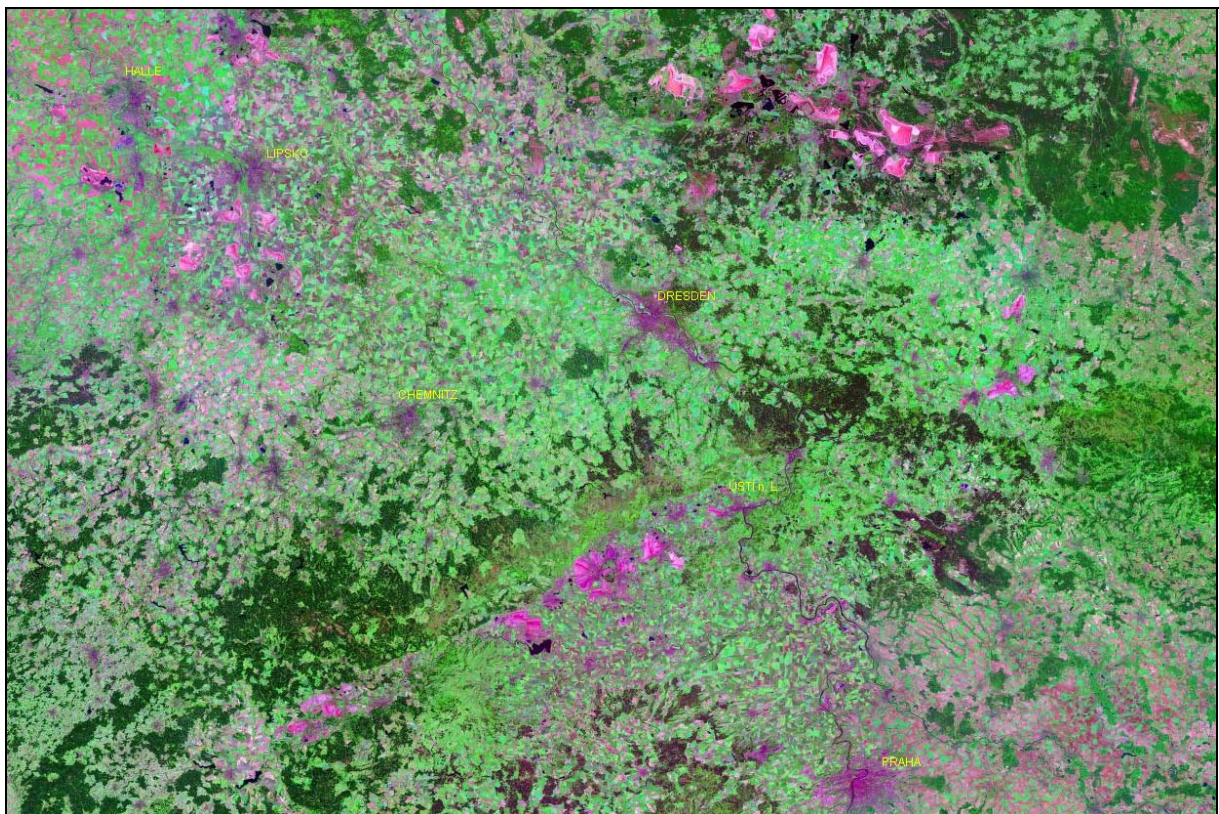
Obr. 7.9 Pardubicko



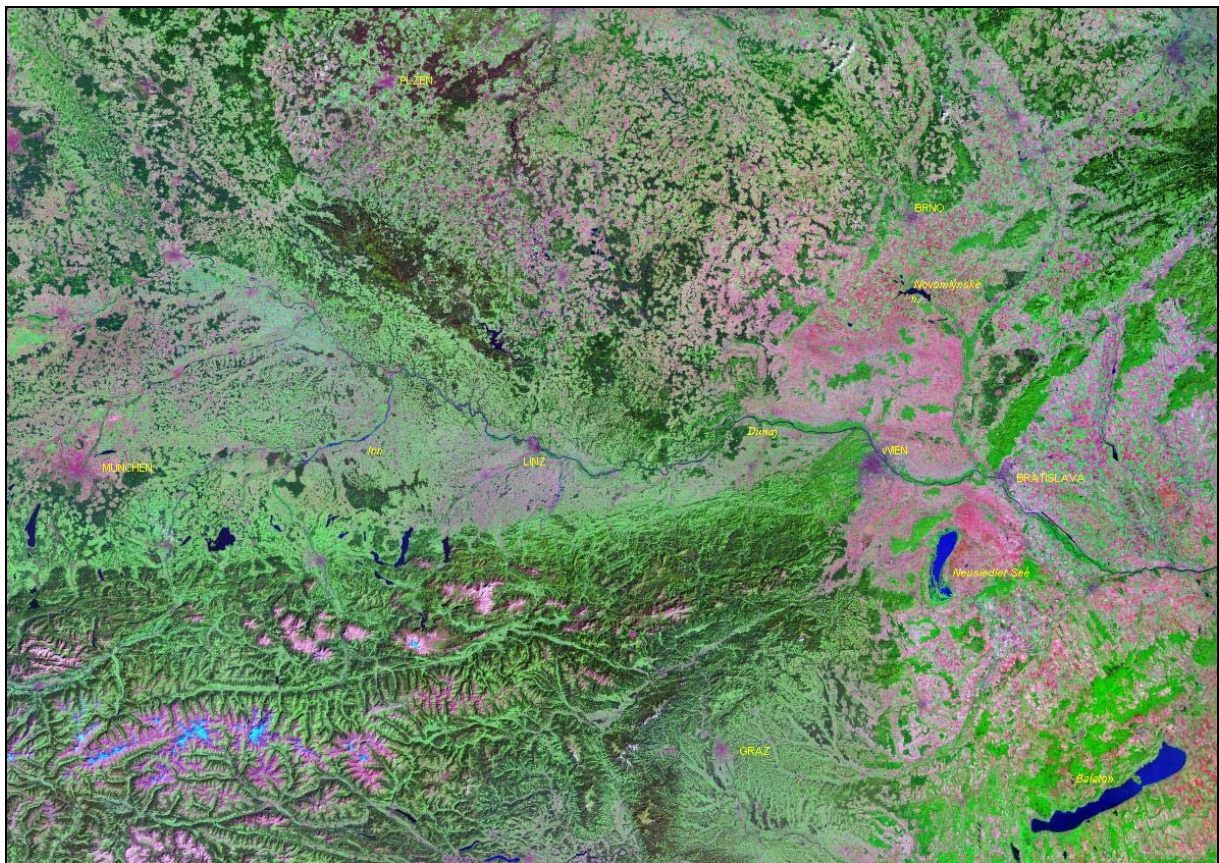
Obr. 7.10 Severozápadní Čechy



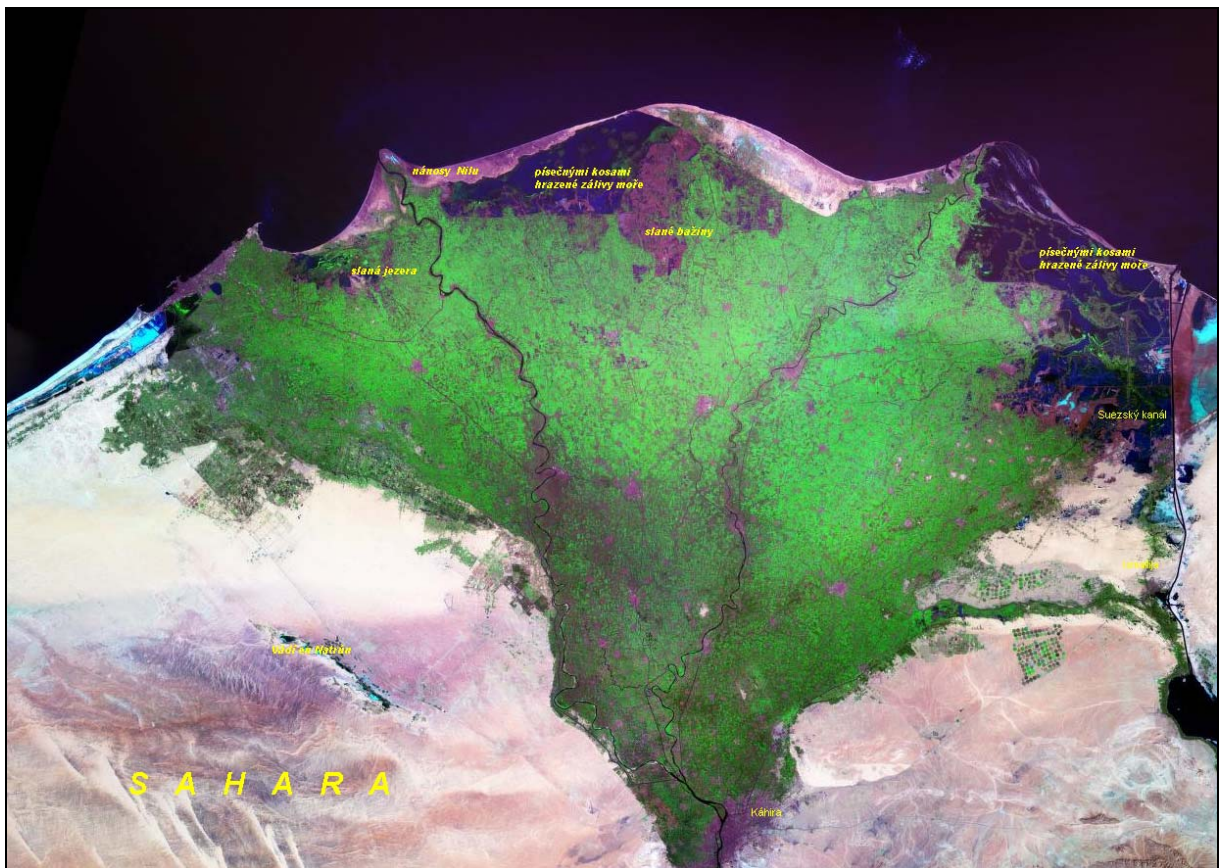
Obr. 7.11 Ústí nad Labem – Děčín



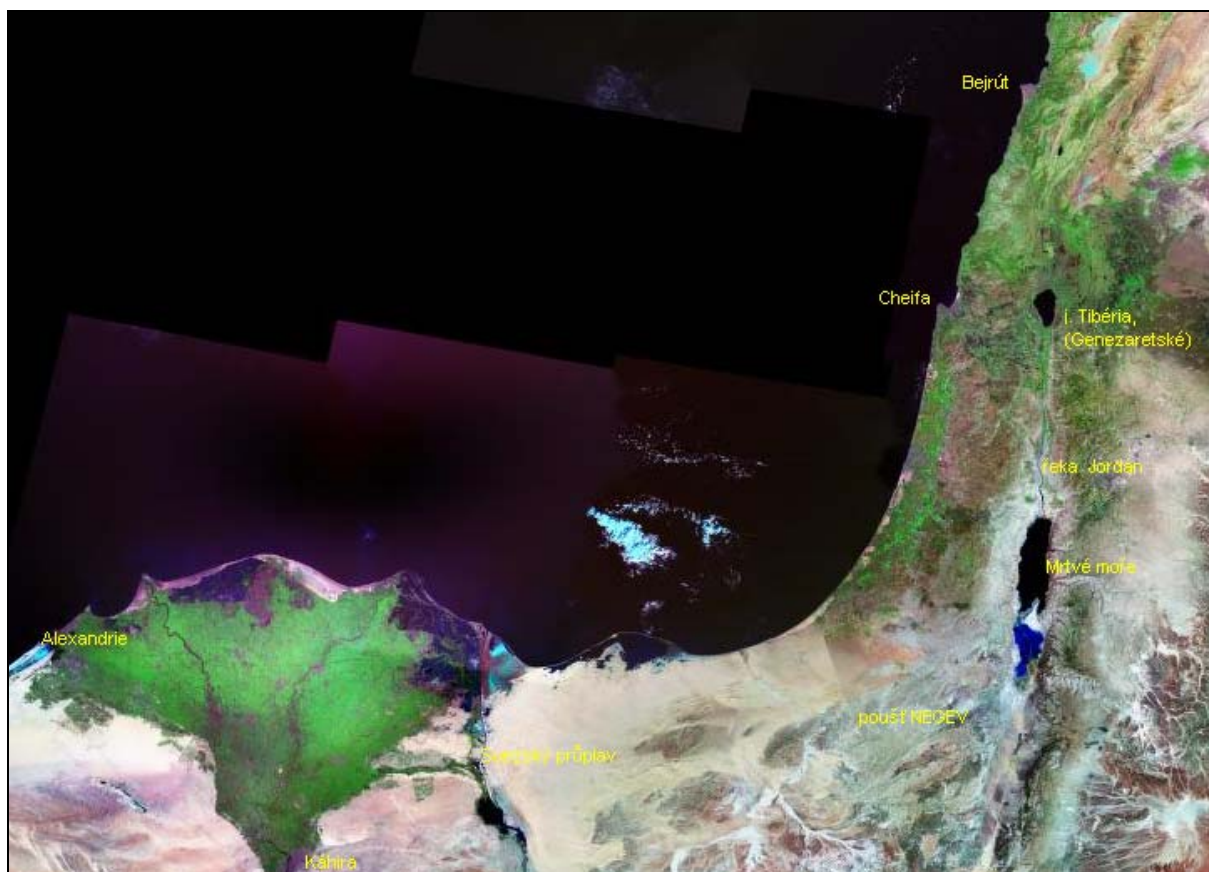
Obr. 7.12 Střední Evropa



Obr. 7.13 Alpy



Obr. 7.14 Delta Nilu



Obr. 7.15 Jihovýchodní Středomoří