

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Posouzení dostupnosti leteckých snímků pro zhodnocení
současného stavu degradace půd erozí**

Bakalářská práce

Autor práce: Ondřej Borufka

Vedoucí práce: Ing. Vít Penížek Ph.D.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Posouzení dostupnosti leteckých snímků pro zhodnocení současného stavu degradace půd erozí" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2013

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Vítu Penížkovi Ph.D. za jeho pomoc a cenné rady při vypracování práce, dále také Českému úřadu zeměměřičskému a katastrálnímu a Vojenskému geografickému a hydrometeorologickému úřadu Dobruška za poskytnutí leteckých snímků sledovaných území.

Posouzení dostupnosti leteckých snímků pro zhodnocení současného stavu degradace půd erozí

Assessment of aerial images availability for soil erosion delineation

Souhrn

Bakalářská práce s názvem Posouzení dostupnosti leteckých snímků pro zhodnocení současného stavu degradace půd erozí je rozdělena na část teoretickou, která se zabývá historií leteckého snímkování a jeho využití pro hodnocení eroze.

Praktická část práce, přináší hodnocení dostupnosti leteckých snímků a jejich použitelnost pro sledování změn půdního pokryvu erozí v období od roku 1938 do současnosti.

Výsledky práce ze dvou zájmových území jižní Moravy a Lounska ukazují, že existuje relativně vysoký počet leteckých snímků monitorující dané období. Na druhé straně kvalita snímků a fáze vegetačního období, kdy byly snímky pořizovány, počet použitelných snímků výrazně snižuje. Plochy, pro které existují snímky s holou půdou s velkým časovým odstupem jejich vzniku, pak tvoří jen relativně malou plochu sledovaných území.

Klíčová slova: dálkový průzkum Země, letecké snímky, půdní eroze, degradace půd

Summary

The bachelor thesis „Assessment of aerial images availability for soil erosion delineation“ is divided into two parts. First theoretical part describes history of aerial images and remote sensing as a tool for erosion detection.

Second, practical part is about assessment of availability of aerial photograph on the interest areas for soil erosion monitored from 1938 till now.

Relatively high number of aerial photographs is available for the two study areas in south Moravia and Louny district. Stage of vegetation development and quality of the images decrease the number of images suitable for the erosion delineation. A relative small area exists with available suitable images with long period that can describe the erosion process within longer time period.

Keywords: Remote sensing, aerial images, soil erosion, soil degradation

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Letecké snímkování.....	9
3.1.1	Historie.....	9
3.1.2	Letecké snímkování v České republice	11
3.2	Degradace půdy	14
3.2.1	Eroze	14
3.3	Možnosti mapování eroze půdy pomocí leteckých snímků	16
3.3.1	Sledování projevů eroze díky změnám tvaru reliéfu	16
3.3.2	Sledování eroze díky morfologickým změnám povrchu půdy	18
3.3.3	Vyhodnocení leteckých snímků.....	20
3.3.4	Ukazatele a vzory vegetačního pokryvu	21
3.3.5	Zkoumání následků eroze	22
4	Metodika zpracování	23
4.1	Charakteristika sledovaných území	23
4.1.1	Území „Jižní Morava“	23
4.1.2	Území „Lounsko“	25
4.2	Letecké snímky	28
4.3	Zpracování dat v prostředí GIS.....	31
5	Výsledky	33
5.1	Zvolené letecké snímky	33
5.2	Výsledky analýzy v prostředí Gis	34
5.2.1	Výsledky sledovaného území „Jižní Morava“	34
5.2.2	Výsledky sledovaného území „Lounsko“	39
6	Diskuse	43
7	Závěr.....	44
8	Seznam použitých zdrojů	45
	Seznam použitých zkratk	
	Seznam obrázků	
	Seznam tabulek a grafů	
9	Samostatné přílohy	

1. Úvod

Bakalářská práce Posouzení dostupnosti leteckých snímků pro zhodnocení současného stavu degradace půd erozí se zabývá potenciální dostupností historických a současných leteckých snímků dvou pedologicky odlišných zemědělských území na jižní Moravě v okolí obce Morkůvky a v severních Čechách u města Louny od vybraných státních institucí a následné analýze dat pro zhodnocení současného stavu eroze půdy v daných lokalitách.

Toto téma jsem zvolil z důvodu zájmu o letecké snímkování, jeho vývoj a nástroje, které se využívají pro sledování půdních pochodů. Dále mě zajímalo, jak student získá přístup k leteckým snímkům a co všechno proto musí udělat. Aktuálnost dané problematiky je zřejmá, lidská populace neustále roste a je potřeba sledovat vývoj půd, jejich strukturu a pohyb půdních částic a snažit se o zachování půdní úrodnosti a maximalizaci výnosů ve všech zemědělských oblastech.

2. Cíl práce

Hlavní cíle mé práce jsou dva:

- 1) popsat dostupnost aktuálních a historických leteckých snímků z různých datových zdrojů, v tomto případě Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK) a Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMúř.) v Dobrušce.

- 2) analyzovat vhodnost těchto snímků pro sledování půdních změn s ohledem na erozní jevy, tedy především vymezit velikost ploch, kde je možné tyto jevy sledovat.

Součástí této práce je i popis historie leteckého snímkování a nástroje na území nynější České republiky, které je potencionálně možné využít pro sledování změn půdního pokryvu.

3. Literární rešerše

1.1 Letecké snímkování

1.1.1 Historie

První dokumentace pomocí leteckého snímkování byla vytvořena pomocí francouzských létajících balonů a fotografa Gasparda - Felixe Toumachouna známého pod jménem Nadar v roce 1858, který pořídil snímky některých částí Paříže. Letecké snímkování bylo také využíváno v řadě válek. V americké občanské válce vytvořil Abraham Lincoln letku balonů, která měla za úkol monitorovat pohyb vojsk ze vzduchu (Hawkes, 2003).

Další badatelé 19. století, kteří se postarali o zviditelnění snímkování ze vzduchu jsou například: E. D. Archibald, britský meteorolog, který v roce 1882 se za pomoci draků a k nim připevněným fotoaparátům snažil zachytit okolní krajinu. Ve Francii se podobným směrem ubírali bratři Tissandierovi. Dalším, kdo rozvinul tzv. kite aerial photography byl A. Batut, který sestrojil fotoaparát využívající skleněnou destičku 9x12 cm. V roce 1890 Batut publikoval první knihu o leteckém snímkování pomocí draků (Aber et al., 2010). V roce 1920 začala letecké snímky využívat univerzita v Cambridge jako nástroj archeologického zkoumání. Dnes je to neocenitelná metoda pro archeologický výzkum po celém světě (Hawkes, 2003).

Ve 20. a 30. letech 20. století expandovalo letecké snímkování k civilnímu a komerčnímu využití pro kartografii, lesnictví, inženýrství, půdní studie a do mnoha dalších vědeckých disciplín. Důsledkem bylo zdokonalení leteckých i fotografických prvků (počátek barevného snímkování, kvalitnější fotoaparáty, letecké prostředky atd.) Po roce 1930 se začal německý geograf Karl Troll zabývat sledováním krajiny jako prostorové a vizuální jednotky a důrazně obhajoval vědeckou důležitost leteckého snímkování. Řada amerických úřadů zahrнула letecké snímkování mezi své běžné činnosti. Např. ministerstvo zemědělství, lesní správa, geologická služba, loďstvo, stejně tak i lokální organizace (Aber et al., 2010).

Příchod druhé světové války urychlil výzkum, testování a vývoj lepší fotografické techniky. Fotoaparáty, objektivy, filmy a jejich zpracování bylo dokonalejší a především rychlejší (Hawkes, 2003). Významnou inovací, byla infračervená fotografie. Globální rozsah války vedl k dokumentaci různých druhů terénů, vegetace, sídel a vojenských zařízení. Od Finska k jižnímu Pacifiku bylo letecké snímkování využíváno pro monitorování nepřátelských cílů na moři i na souši (Aber et al., 2010).

Bezprostředně po válce se ve Spojených státech a dalších zemích zapojených do konfliktu vrátilo umění a věda leteckého snímkování zpět do civilního života. Přebytečné vybavení bylo prodáno, pracovníci jako fotografové nebo tlumočníci se vrátili do soukromého sektoru (Hawkes, 2003). Letecké fotografie se v poválečných letech značně rozšířily pro nevojenská, obchodní, vládní a vědecká činnosti (Aber et al., 2010).

Příchodem studené války se vojenské snímkování posunulo do vyšších sfér a rychlejších strojů jako je Lockheed U - 2 nebo Lockheed SR - 71 (pozn. strategické průzkumné letouny americké armády). Dále se využívalo satelitních fotografických systémů, například americká Corona nebo sovětský Zenit operovaly z oběžné dráhy v 60. a 70. letech. Nevojenské využití leteckého snímkování se rozvíjelo rychlým tempem kupředu. Třeba americké mise „Skylab“ z počátku roku 1970 otevřely možnost fotografovat Zemi z oběžné dráhy. Nejúspěšnější byla „Skylab 4“, která pořídila 2000 fotografií malého formátu a bylo objeveno přes 850 vlastností a jevů. Tyto snímky od astronautů a dřívější satelitní snímky nabídly nový pohled na zemskou krásu z velké výšky. Zkušeností nabytých během těchto misí později využíval americký vesmírný program raketoplánu v 80. a 90. letech. Tento program vyvrcholil počátkem 21. století fotografiemi Země z mezinárodní vesmírné stanice pro vědecké a ekologické účely (Aber et al., 2010).

Po 2. světové válce se obnovil zájem o dokumentace blíže k zemi za pomoci padáků, draků, rogal a dalších leteckých prostředků. Například Flexi - Kite navržen a postaven bratry Rogally na konci 40. let 20. století, byl inspirací pro mnoho moderních draků, rogal a ultralehkých letadel. Malý formát leteckého snímkování se pomalu vracel během 70. a 80. let zejména ve Spojených státech, Japonsku a západní Evropě. Bezpilotní účelové stroje nesoucí kamery byly využívány pro archeologii, studie kulturních dědictví, v lesnictví, zemědělství, geoekologie a studia různých druhů vegetace (Aber et al., 2010).

Kolem roku 1990 se SFAP (small format aerial photography) stal velmi široce využívanou metodou po celém světě. Koncem 20. Století se značně urychlil vývoj metod pro netradiční letecké prostředky jako horkovzdušné balony, kluzáky nebo ultralehká letadla. Všechny tyto prostředky jsou dodnes využívány pro maloformátové letecké snímkování. Vývoj v oblasti počítačového hardwaru a softwaru podporuje využití malého formátu, non-metrické fotografie, velkoformátové kamery, fotogrammetrického snímkování a GIS techniky. SFAP se rozšířila z převážně vědeckých studií do sektoru služeb. Pořízení, vylepšení a sdílení leteckých snímků je nyní možné způsoby, které byly před několika lety nemožné a rychlý technický pokrok umožňuje řadu dalších inovací a vývoj SFAP v blízké budoucnosti (Aber et al., 2010).

1.1.2 Letecké snímkování v České republice

První měřický letecký snímek byl pořízen armádou roku 1935. Celý proces získávání, výrobu a distribuci odvozených leteckých snímků měl na starosti Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce. V letech 1936, 1938 a 1946 byly letecké snímky pořizovány v malém rozsahu a pro různé účely. Většinou sloužily jako kontrolní podklad při mapové tvorbě. Během 40. a 50. let 20. století, bylo poprvé využito leteckých měřických snímků k tvorbě mapového díla v měřítku 1 : 25 000. V tomto období bylo nasnímováno téměř celé území České republiky (Struha, 2013).

Na základě historických dat z let 1949 - 1956 poskytnutých VGHMÚř. Dobruška byl v letech 2009 - 2012 českou informační agenturou životního prostředí (CENIA) zhotoven projekt Národní inventarizace kontaminovaných půd, který je zaměřen na metodiku plošné inventarizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst a na kategorizaci priorit na území České republiky (CENIA, 2012a).

Od roku 1957 do 1968 vzrůstal rozsah podrobnějšího mapování, a tím i množství požadavků na snímky velkých měřítek. V těchto letech se snímkovalo v měřítkách 1 : 12 000 až 1 : 30 000 (Struha, 2013).

Území Československa bylo od roku 1964 kompletně zdokumentováno celkem 4x, v měřítkách 1 : 25 000 až 1 : 27 000. Souběžně vznikala mapa o měřítku 1 : 10 000 pro tvorbu lesních, důlních map a plánů, pro zjišťování odtěžených hmot v povrchových dolech, pro tvorbu železniční mapy a pro další speciální účely (Struha, 2013).

Většina archivovaných snímků jsou černobílé negativy, menší množství snímků je barevných nebo infračervených. Nejstarší snímky jsou převedeny na novější filmové materiály nebo do digitální podoby, protože staré snímky podléhaly vnějším vlivům (plíseň atd.) Do roku 1989 byly snímky poskytovány výhradně státním podnikům a institucím (Struha, 2013).

Po roce 1990 bylo v této oblasti zrušeno výsadní postavení armády a snímky pořizují specializované soukromé společnosti. Veškeré historické snímky České republiky jsou archivovány ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadu v Dobrušce, kde je uskladněno asi 800 000 originálních leteckých snímků a souvisejících archiválií (Struha, 2013).

V současnosti se dokumentace území České republiky zabývá především Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK) ve spolupráci s Vojenským a hydrometeorologickým úřadem (VGHMÚř.) na základě dohody ČÚZK s Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem

obranu. Od roku 2003 až 2011 se každoročně pomocí ortofoto dat snímkovala 1/3 území České republiky. Po poledníkových pásech byla ČR rozdělena na Západ, Střed a Východ. Od roku 2012 se přešlo na letecké snímkování a tvorbu ortofotomap ve dvouleté periodě, kdy každý rok snímkuje 1/2 území. Pro potřeby soukromých osob, lze vytvořit objednávku v internetovém obchodě a získat snímky potřebného území (ČÚZK, 2010). Další variantou zisku leteckých snímků jsou soukromé společnosti, které na základě objednávky zhotoví dokumentaci předem určeného území.

Geografická služba armády České republiky

GeoSL AČR (2007) na svých webových stránkách uvádí, že je Geografická služba Armády České republiky součástí ministerstva obrany České republiky a slouží ke geografickému zabezpečení ozbrojených sil České republiky, Severoatlantické aliance a ozbrojených sil EU. GeoSL AČR sbírá informace nezbytné pro řízení a velení jednotlivých složek armády.

Součástí Geografické služby AČR je vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, který má za úkol sbírat informace, tvořit a spravovat kartografické, geografické a geodetické podklady, mapy a speciální databáze určené pro zabezpečení obrany České republiky. Dále plní úkoly přímé geodetické, geografické a hydrometeorologické podpory velitelů a štábů vojsk při výcviku a řešení humanitárních operací zejména při ohrožení bezpečnosti České republiky (GeoSL AČR, 2007).

VGHMÚř. je jedinou státní službou u nás, kde se dají získat historické snímky území České republiky z počátků leteckého snímkování (1938 - 39) až do současnosti (GeoSL AČR, 2007).

Fotografovací technika AČR

VGHMÚř. Provádí letecké snímkování pomocí letounu Let L- 410FG Turbolet, který působí na vojenské základně Praha-Kbely. L- 410FG je dvoumotorový turbovrtulový hornoplošný dopravní letoun, který je speciálně upraven pro plnění pozorovacích úkolů a fotogrammetrické účely. Má prosklenou před trupu a je vybaven řadou fotografických a měřicích přístrojů (Ministerstvo obrany, 2012).

Základní technické údaje L- 410FG podle státní letecké inspekce (1967):

Taktický dolet (s maximální zásobou paliva): 1 380 km

Maximální rychlost: 357 km/h

Cestovní rychlost (ve výšce 4 200 m): 380 km/h

Praktický dostup: 6 320 m
Maximální vzletová hmotnost: 6 400 kg
Hmotnost prázdného letounu: 3 985 kg
Maximální užitečné zatížení: 1 650 kg
Typ motorů: 2 x Walter M601E
Maximální tah motorů: 2 x 559 kW
Rozpětí křídel (včetně palivových nádrží): 19, 98 m
Délka: 14, 42 m
Výška: 5, 83 m
Osádka: 3

Geoportál ČÚZK

Geoportál ČÚZK je webová stránka pro přístup k prostorovým datům pořizovaným a aktualizovaným v resortu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK).

Rovněž umožňuje vyhledat informace (metadata) o prostorových datech, dále umožňuje tato data prohlédnout, případně objednat ve formě souborů či služeb.

Geoportál také poskytuje sdílení dat jako souborů prostorových dat odpovídajících tématům, zpřístupnění služeb založených na prostorových datech, služby elektronického obchodu, sdílení souborů prostorových dat ve veřejné správě nebo informování o využívání infrastruktury (ČÚZK, 2010).

CENIA

Česká informační agentura životního prostředí (CENIA) je příspěvkovou organizací ministerstva životního prostředí. Úkolem CENIA je shromažďování, vyhodnocování, interpretace a distribuce informací o životním prostředí. Tato organizace spravuje mapové služby Portálu veřejné správy <http://geoportal.gov.cz>, které představují aplikaci dat o životním prostředí. Dále spolupracuje se všemi poskytovateli datových zdrojů v resortu životního prostředí a s řadou vědeckých institucí i universitních pracovišť. V rámci České republiky je CENIA kontaktním místem Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) a je zapojena do Evropské informační a pozorovací sítě pro životní prostředí Eionet (CENIA, 2012b)

1.2 Degradace půdy

Degradace půdy je proces, při kterém dochází ke znehodnocování půdy omezováním jejich základních funkcí. Degradaci způsobují dva základní faktory: přírodní faktory a antropogenní vlivy (Vácha a Borůvka, 2009).

Mezi přírodní faktory degradace půd řadíme klimatické vlivy jako sucho, nízké teploty nebo nadměrné srážky či záplavy. Dalším přírodními faktory jsou půdotvorné procesy (např. acidifikace, zasolení půd, podzolizace), seismické vlivy (zemětřesení, sesuvy půd) nebo vulkanická činnost (znehodnocení dopadem hornin, překrytí lávou, vznik kyselin).

Antropogenní faktory jsou spojeny s počátkem hospodaření člověka, především s rozvojem zemědělské činnosti a dalších odvětví hospodářství. Nejvýznamnějším činitelem degradace půdy je eroze. Poničení zemědělské půdy erozními pochody činí asi 3 miliony hektarů za rok (Vácha a Borůvka, 2009).

1.2.1 Eroze

Zjednodušeně je eroze proces, který transportuje půdní materiál pomocí působení povětrnostních podmínek (srážky, vzdušné proudění, atd.) nebo gravitace, což způsobuje degradaci půd. Tyto procesy pak mohou způsobit rozsáhlé ekologické škody v půdním pokryvu. Nadměrné působení půdní eroze může mít negativní vliv na kvalitu zemědělské půdy, vodních ploch, narušení ekosystémů, vegetace a mnoho dalších aspektů krajiny (Vrieling, 2006). Jak už jsem bylo zmíněno, erozi způsobují srážky nebo vzdušné proudění-vítr. Proto se rozděluje na erozi vodní a větrnou (Kutílek, 2012).

Vodní eroze

Ohrožuje víc než polovinu zemědělských ploch na území České republiky, odhadem asi 1,4 milionu hektarů (Vácha a Borůvka, 2009). Vzniká především při přívalových deštích a při tání sněhové pokrývky. V případě, že se voda nestačí vsakovat, zůstává na povrchu půdy a odtéká po svahu. Vodní kapky, dopadající na povrch půdy, vymršťují uvolněné půdní částice, tím se vytvoří malé krátery na povrchu půdy a dochází k jeho narušení. Jak kapky narážejí do Země, zakalují tekoucí vodu a ucpávají povrchové půdní póry. Tento proces snižuje infiltraci vody a zvyšuje povrchový odtok, čímž dochází k většímu transportu půdních částic, tedy vodní erozi. Rostoucí síla deště zvyšuje velikost vodních kapek a účinnost přenosu částic. Záleží i na kvalitě půdní struktury, čím jsou půdní agregáty pevnější, tím je transport půdních částic menší (Kutílek, 2012).

Rozlišujeme 4 druhy vodní eroze: plošná, rýhová, výmolová a proudová (Vácha a Borůvka, 2009).

Počátek plošné vodní eroze je způsobován zmenšováním mocnosti povrchového A horizontu půd v prostoru každého i mírného svahu. V některých případech se projevuje odplavením jílových a prachových půdních částic, hrubší písčité částice zůstávají na místě. Jemné částice se poté usazují na patě svahu (Kutílek, 2012).

Rýhová eroze vzniká při proměně povrchového odtoku, kdy vodu usměřují drobné nerovnosti do silnějších proudů. Po skončení deště jsou na svahu viditelné drobné rýhy, které se ve směru svahu spojují, zvyšuje se rychlost proudění vody a rýhy se prohlubují. Tím se zvyšuje i účinnost transportu půdních částic (Kutílek, 2012). Vyšší stupeň rýhové eroze se označuje jako eroze výmolová, která se v extrémních případech může změnit na erozi stržovou, ta má devastující účinky. Proudová eroze probíhá působením vodního proudu ve vodních tocích (Krása, 2010).

Větrná eroze

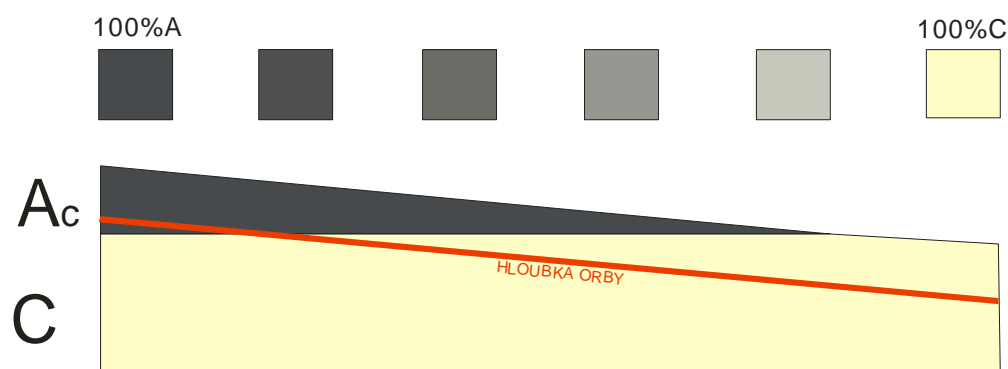
Potencionálně ohrožuje kolem 7,5 % zemědělské půdy v České republice, zejména se vyskytuje v sušších a teplejších regionech, například v Polabí nebo na Jižní Moravě (Vácha a Borůvka, 2009) Větrnou erozi způsobuje vzdušné proudění, ale aby mohl vítr unášet prachové částice, musí být narušena kompaktnost půdy (Kutílek, 2012). Dochází, k rozrušování půdního povrchu a uvolňování půdních částic, které jsou přenášeny na různou vzdálenost, kde se po snížení síly větru opět ukládají. Tyto pohyby přenášených částic mohou probíhat ve třech formách: 1) transport nejmenších půdních částic ve formě suspenze, které jsou přemísťovány na velké vzdálenosti. Při extrémních silách větru může docházet i k prašným bouřím. 2) pohyb půdních částic skokem, kdy dochází k přemísťování největšího množství půdního materiálu. 3) sunutí půdních částic po povrchu, kde dochází k přenosu větších a těžších fragmentů půdní hmoty (Janeček et al., 2007)

Procesy činnosti větru se dají rozdělit do dvou skupin - korazi, kdy dochází k obrusu hornin unášenými prachovými či písčítými zrny, které naráží do skály nebo k deflaci, větrnému odnosu sypkého materiálu z povrchu. Oba procesy závisí na síle větru a na množství či hrubosti unášeného materiálu (Kutílek, 2012).

1.3 Možnosti mapování eroze půdy pomocí leteckých snímků

Využití snímků dálkového průzkumu Země, ať v podobě leteckých snímků, nebo snímků z družic je v současné době často rozšířený postup pro sledování mnohých jevů týkajících se změn v oblasti přírodních zdrojů (Vrieling, 2006). Mezi takové jevy patří i vodní eroze půdy, která je v současné době nejvýraznější formou degradace půd v České republice (Šarapatka a Netopil, 2009).

Sledování projevů vodní eroze lze rozdělit do dvou základních okruhů. Jedním z přístupů je sledování výrazných erozních jevů, při kterých dochází k změnám tvarů reliéfu. Charakteristický je vznik strží nebo výrazných rýh v terénu. Druhou z možností sledování eroze, je sledování barevných změn na povrchu holé (tj. vegetací neporostlé, nebo jen slabě porostlé) půdy. Barevné změny se odehrávají v důsledku smyvu humusového horizontu a obnažení níže ležících půdních horizontů, nebo půdotvorného substrátu (Viscarra Rossel et al., 2006). Změnu barvy půdního horizontu popisuje obrázek 1.



Obrázek 1: Schéma změny barvy orničního půdního horizontu z důvodu eroze humusového horizontu. Zdroj: Kvantitativní popis vlivu obsahu humusu na barvy půdy pro sledování půdní eroze (Penížek, 2009).

1.3.1 Sledování projevů eroze díky změnám tvaru reliéfu

Z časového hlediska je tradiční metodou pro pořizování tvarů reliéfu fotogrammetrie. Jde o hojně rozšířenou metodu pro sběr informací k modelování terénu. Na základě dvou vhodně pořízených snímků je schopna zrekonstruovat tvar a velikost trojrozměrných objektů. Pro tyto účely se používají měřičské komory umístěné na palubě letadla v závěsu, který minimalizuje vibrace a urovnává komoru do vodorovné polohy. Pro pořízení snímků se využívají různé objektivy od širokoúhlých až po normální. Kvalitní objektivy zajišťují vysoké rozlišení, přesnost a podrobnost fotografie. Lze pořizovat digitální nebo klasické fotografické snímky.

Pro tvorbu digitálního modelu terénu pomocí stereofotogrammetrie, kdy snímky zaznamenává speciální fotogrammetrická komora. Vytvoří se vždy dva snímky, které jsou pořízeny z odlišného místa, ale zobrazují stejné území překrývající se nejméně 60%. Tak se docílí toho, že území je zobrazeno na alespoň dvou fotografiích. Hodnocení snímků neprobíhá pouze manuálně identifikací bodů, ale může být využito digitálních fotogrammetrických stanic pomocí korelační analýzy obrazu. Při analýze se pomocí korelace identifikují stejné body na obou snímcích a dochází k automatické tvorbě digitálního modelu terénu (DMT).

I přes určité nevýhody je fotogrammetrie jedna z nejpoužívanějších metod pro sběr dat a následné vytvoření DTM. Nejvhodnější využití je pro mapování rozsáhlejších území (Oršulák a Pacina, 2010) Na našem území je fotogrammetrie podkladem pro výškový model v rámci dat ZABAGED (ČÚZK, 2010).

Kromě fotogrammetrie se široce rozvinuly metody snímání povrchu Země, které využívají satelitní nosiče a umožňují tak snímání větších území, ale často za cenu snížení prostorového rozlišení a tím zachycení potřebných detailů.

Příkladem takto rozsáhlých digitálních modelů reliéfu je SRTM - Shuttle Radar Topography Mission) a GDEM. Skoro globálního pokrytí mezi 60° severní šířky a 56° jižní šířky bylo dosaženo misí SRTM - Shuttle Radar Topography Mission. Nevýhodou tohoto produktu je horší prostorové rozlišení (90, respektive 30 metrů horizontálně), ale na rozdíl od bývalého, SRTM jsou údaje snadno přístupné a dokonce zdarma. V nedávné době byl vytvořen globální výškový model ASTER GDEM a snímky z něj jsou k dispozici také zdarma. ASTER GDEM má prostorové rozlišení 15 metrů a přibližuje se ke globálnímu pokrytí povrchu Země. Skvělé rozlišení (2,5 m) DEM se využívá ke generování s ALOS/PRISM- panchromatický nástroj dálkového průzkumu Země, speciálně rekonstruován pro stereo mapování (Mulder et al., 2010).

V poslední době se také začíná hojně využívat technologie Light Detection and Ranging (LIDAR), SAR a stereo-korelace snímků. Závisí na senzoru letové výšky, LIDAR umožňuje velmi přesné a husté výškové body. Zpracovávání LIDAR dat zahrnuje filtrování nepravidelně rozmístěných bodů k získání výšky terénu promítaného na pravidelné mřížce. Údaje SAR jsou obvykle zpracovány pomocí interferometrických technik. SAR data mohou být letecká nebo vesmírná (Mulder et al., 2010). Tato technologie je podkladem při tvorbě nových modelů DEM, které připravuje ČÚZK. V současné době postupně vzniká tzv. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu (ČÚZK, 2013). Stále trvající využívání leteckých snímků v oblasti monitoringu eroze půdy, oproti využití satelitních

snímků je dáno jejich lepší rozlišením, které je důležité z toho důvodu, že erozní prvky nenabývají obvykle velkého plošného rozsahu a rozlišení satelitních dat je proto nedostačující (Vrieling, 2006). Satelitní snímky, ale mohou sloužit k identifikaci erozně zasažených oblastí, kde je pak možné identifikovat jednotlivé erozní prvky a kvantifikovat je pomocí detailnějších dat (Marzloff a Poesen, 2009). Důležitým aspektem je v tomto případě i dostupnost časové řady pořízených snímků, tak aby mohlo být provedeno porovnání současných terénních/geomorfologických prvků a jejich stav/tvar v minulosti. Série leteckých snímků využili ve své studii Betts a DeRose (1999), která sledovala vývoj erozních strží na Novém Zélandu na snímcích pořízených v časovém odstupu 14 až 32 let. Podobně byly využity letecké snímky s odstupem 31 let pro sledování vývoje erozních strží v zájmovém území Etiopii, kde byl zároveň porovnáván vliv rozlišení dat pro rastr o velikosti 20 a 2 metrů (Daba et al., 2003). Sledování vývoje strží se týká především oblastí, které jsou jen omezeně zemědělsky využívané, nebo v místech, kde se mohou vytvořit erozní strže velmi rychle. Jedná se především o oblasti s omezenou vegetací. V Evropě se takové oblasti vyskytují především ve Středomoří (Aber et al., 2010), často je tato problematika studována například ve Španělsku (Martinez, 2003). V našich podmínkách je výskyt a vývoj strží spíše ojedinělý. Eroze se neprojevuje takto výraznými erozními znaky, ale jde o pomalejší proces. V případě, že dochází k vývoji erozních rýh, jsou tyto rýhy obvykle zahlazeny při zpracování půdy orbou a jejich rozsah je jak velikostně, tak i časově omezený. I v tomto případě dochází k přesunu značného množství půdního materiálu vedoucího k snížení a naopak zvýšení některých částí reliéfu (Zádorová et al., 2011). Tento proces je ale spíše plíživý, a přestože dochází k výškovým změnám v měřítku decimetrů a metrů, je pozorovatelný spíše přes změny povrchu půdy (viz další kapitola), než tyto terénní změny.

1.3.2 Sledování eroze díky morfologickým změnám povrchu půdy

Naší planetu obíhá velký počet satelitů sledujících Zemi a poskytují aktuální snímky jejího povrchu. Z těchto satelitů může mnoho z nich poskytnout řadu užitečných informací pro posouzení erozních pochodů. Na palubách mnoha družic se vyskytují čidla, která se využívají ke studiím erozních pochodů. Senzory mohou být rozděleny na ty, které měří pomocí odrazu slunečního světla ve viditelné a infračervené části elektromagnetického spektra a na tepelné infračervené záření (optické systémy) a ty aktivně vysílající mikrovlnné záření a nahrávající přijímaný signál (zobrazovací radary). Pro výzkum eroze jsou nejčastěji využívány optické satelitní systémy. Tyto senzory pokrývají části elektromagnetického

spektra zahrnující viditelné a infračervené (VNIR), krátkovlnné infračervené (SWIR) a tepelné infračervené (TIR) záření. LANDSAT je nejrozšířenější v použití údajů, protože má nejdelší řadu sledovaných dat o aktuálně dostupných satelitech. První družice byly vybaveny multispektrálním scannerem (MMS), který má čtyři pásma na 80 - m rozlišení. Pozdější satelity byly vybaveny tematickým mapovačem (TM) a zesílenými TM (ETM) senzory na s lepším rozlišením ve více spektrálních pásmech. SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre) začal získávat data v roce 1986 pomocí HRV-senzoru s panchromatickým režimem a třípásmovým 20ti metrovým rozlišením v multispektrálním režimu. SPOT-4 vzlétl s vylepšeným HRVIR (High Resolution Visible Infrared) senzorem na který bylo přidáno SWIR pásmo. Dalšími satelity se senzory pro zkoumání eroze jsou The Indian Remote Sensing Satellites (IRS), satelit TERRA, IKONOS a QuickBird. Pro erozní studie byly využity i krátkodobé lety raketoplánů MOMS-2 a SIR-C/X-SAR. MOMS-2 (Modular Optoelectronic Multispectral Scanner) je optický senzor, který má čtyři multispektrální pásma ve VNIR rozsahu na 13,5 - m a vzlétl v roce 1993. SIR-C/X-SAR je nástrojem skládajícím se z SIR-C (Shuttle Imaging Radar-C) a X-SAR, který vzlétnul dvakrát v roce 1994 (Vrieling, 2006).

Ke stanovení erozních následků nebo k přímému detekování eroze mohou být využity, satelitní, ale i letecké snímky. Přímá detekce eroze se určuje prostřednictvím identifikace jednotlivých velkých erozních rysů ochuzených erodovaných území a posouzení erozní míry na základě změn v krajině (Vrieling, 2006). K detekci se využívá také korelace spektrální odrazivosti obsahu humusových látek v půdě a barvy půdy. Pro tyto účely se častěji využívají letecké snímky, protože jsou podrobnější. Na leteckých snímcích se identifikují erozní plochy na základě barevných odlišností mezi vrchní a spodní vrstvou půdy. Pokud na sledovaném území dochází k erozi, jsou odplaveny či odneseny tmavé půdní horizonty A a B s vysokým obsahem humusových látek a je odkryt světlejší horizont C. Na snímcích, jsou poté pomocí vizuální interpretace viditelné světlejší a tmavší části sledovaného území. Kontrast světlé a tmavé barvy rovněž závisí na skladbě půdní struktury (Fulajtár, 1994). Největším problémem tohoto způsobu detekce eroze je pokryv vegetace na sledované lokalitě. Letecké snímkování se většinou provádí v letních měsících, proto je obtížné získat vhodné snímky. Problému lze však předejít použitím časové řady fotografií, či focením snímků v době vegetačního klidu (Fulajtár, 1994). Sledování erodovaných oblastí v určitém časovém období slouží k posouzení pohybu půdy na určitém území. Přestože jsou nalezeny jasné známky eroze krajiny na satelitních snímcích, letecké snímky umožňují jejich podrobnější a čitelnější zkoumání. Změny stavu povrchu mohou poskytnout přímé informace o výskytu eroze (Vrieling, 2006).

Dalším problémem v interpretaci snímků jsou světlejší místa sledovaného území, které ovšem nijak nesouvisí s erozí. Jedná se o písčité struktury chudého obsahu humusových látek, které mylně označujeme jako erodované území. Můžeme je identifikovat pomocí stereoskopického pozorování snímků nebo je ověřit v terénním pozorování (Fulajtár, 1994). Letecké snímky se pro mapování půd využívali mnohem dříve, rozvoj počítačů a geografických informačních systémů (GIS), ovšem umožňuje provádět rychlé a přesné zkoumání dat dálkového průzkumu Země (Šarapatka a Netopil, 2009).

1.3.3 Vyhodnocení leteckých snímků

Nejčastěji se data hodnotí za pomoci počítačových programů, díky čemu lze použít řadu dalších digitálních mapových nebo obrazových podkladů. Využívá se vhodného softwaru, který obsahuje nástroje pro interaktivní práci s obrazovými daty. Těchto nástrojů se používá široké množství: obrazové filtry, zoom, úprava jasu nebo kontrastu a mnoho dalších. Výsledky interpretace, můžeme použít do databáze GIS, dále mohou být využity v rámci dalších analýz a modelů nebo pro tvorbu tematických map.

Standardní interpretační postupy, založené na tištěných podkladech nacházejí uplatnění v případě, že práce na počítači není možná např. při práci v terénu (Gisat, 2001).

Pro hodnocení leteckých snímků používáme několik základních prvků:

Vzor

Prostorové uspořádání jednotlivých objektů může vytvořit určitý vzor. Nejvíce je to patrné pro kulturní prvky např. ulice měst, dráhy letišť nebo zemědělská pole. Různé přírodní vzory jsou důležité pro určování půdních podloží, pohybu živin, odvodňovacích sítí a mnoho dalších pohybů v přírodě (Aber et al., 2010).

Textura

Textura se týká seskupených objektů v krajině, které jsou příliš malé nebo seskupené k sobě. To se týká stromů, jednotlivých rostlin v krajině, zemědělských polí, vln na povrchové vodě nebo odlišné struktury dna řek a dalších vodních ploch. Rozdíl mezi strukturou a vzorem je do značné míry určen měřítkem fotografie (Aber et al., 2010).

Tón nebo barva

Pomocí různých tónů a barev rozlišujeme různé předměty. Tón nebo barva pomáhá oddělit předměty odlišných funkcí scény, zejména prvky s vysokým kontrastem. Barva může

být důležitým vodítkem k identifikaci objektu jako např. voda, půda, vegetace, skály atd. (Aber et al., 2010).

Barevné prostorové modely v pedologii

Barva je tří-dimenzionálním psychofyzickým jevem a existuje mnoho způsobů, jak jí měřit. V tomto případě se budeme zabývat pouze těmi, které vytváří rovnoměrné rozdíly barev (např. Munsellův barevný systém) a těmi, které spojují spektrální profil barev do základních jednotek barevného vnímání tzv. tříbarevná kolorimetrie (RGB, CIE XYZ systémy a jejich deriváty) (Viscarra Rossel et al., 2010).

Kontext

Sdružení a místo objektů jsou často důležité pro pomoc při výkladu fotografií. Záznam o pokrytí nebo využití půdy pomáhá identifikovat jednotlivé části scény na snímku (Aber et al., 2010).

Všechny z těchto skupin jsou často propojovány a dochází k jejich kombinování, což umožňuje výklad vizuálních prvků fotografie. Jednotlivé prvky jsou pak zkoumány podrobněji pomocí fotografií malého formátu (Aber et al., 2010).

1.3.4 Ukazatele a vzory vegetačního pokryvu

Časové změny vegetačního pokryvu jsou spojeny s převládajícím klimatem, ekosystémem, terénem a fyzikálními vlastnostmi půdy. C. J. Tucker představil NDVI (The Normalized Difference Vegetation index) v roce 1979. NDVI je normalizovaný rozdílový vegetační index a je jedním z nejčastějších ukazatelů vlastností růstu rostlin. Slouží k určení hustoty vegetace na zemském povrchu pomocí dálkového průzkumu. Později byl vytvořen GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) - globální soupis dat, který poskytuje časové řady údajů NDVI. Problém NDVI však nastává v částečně zarostlých oblastech, kde se hodnoty zkreslují. Proto bylo vyvinuto několik variant NDVI s upraveným vegetačním indexem. Příklady, které jsou využitím časových snímků NDVI získávány v lokálním měřítku jsou kořenová zóna, vlhkost, barva a struktura půdy, zadržování vodní kapacity a uhlíku, obsah dusíku v půdě. Dále se časové řady NDVI k odvození půdních modelů na základě analýzy NDVI hodnot v průběhu vegetačního období. Dále se NDVI využívá v kombinaci s DEM (Discrete element method) k získání půdních vzorů srovnatelných s již existujícími regionálními měřítky půdy a terénními údaji. V regionálních

studíách se NDVI data využívají spíše k určení půdního typu než k určení konkrétních půdních vlastností (Mulder et al., 2011).

Využití biogeografických gradientů kombinuje informace studií vegetace a dálkového průzkumu Země. Tento přístup analyzuje vývoj a souvislosti mezi vegetací a zbylou přírodou a popisuje vzájemné propojení mezi nimi. Hodnoty odrazivosti souvisí s ordinačními osami pomocí PLSR (Partial Least Squares Regression) pozn. Dílčí regrese malých čtverců (Mulder et al., 2011).

1.3.5 Zkoumání následků eroze

Geomorfologické procesy jsou velmi často ovlivněny vodou a drenáží, zejména na prostorových územích jsou zachyceny pomocí SFAP (malo-formátových fotografií). Vysoké rozlišení těchto snímků umožňuje sledovat jednotlivé pochody půdy. Na hladkém homogenním povrchu lze vidět počátky eroze a praskání povrchu půdy, sítě souběžných rýh a zbytků kamenů na povrchu. To vše může být důsledkem silných procesů omílání pomocí vody nebo větru (Aber et al., 2010).

Odolnost půd vůči erozi se liší dle půdní skladby jako je textura, vlhkost, hrubost nebo obsah organické hmoty. Půdní klasifikace je často používána k určení náchylnosti půdy k erozním vlastnostem. Důležité faktory, podle kterých mohou být půdy rozřazeny, zahrnují půdní vlastnosti, klima, vegetaci, topografii a litologii. Tyto faktory mohou být mapovány pomocí satelitních snímků. Pro vymezení půdních vzorů se využívá optického satelitního snímání. Při použití této techniky je ovšem nezbytné podrobných znalostí terénních vlastností a výskytu jednotlivých půdních jednotek. Půdní klasifikace vizuální interpretace z optických satelitních snímků se využívá pro posouzení dopadů eroze na různé třídy půd (Vrieling, 2006)

4. Metodika zpracování

Praktickou část bakalářské práce rozdělíme do následujících bodů:

- Charakteristika sledovaných, geologicky odlišných území
- Získání snímků z vybraných institucí
- Zvolení vhodných snímků, jejich „geoprocessing“ pro použití v mapách a následné zakreslení sledovatelných ploch za pomoci interpretace v programu ArcMap 10.1
- Vytvoření „šablony“ pomocí LPIS na stanovení jednotlivých erozních tříd.

1.4 Charakteristika sledovaných území

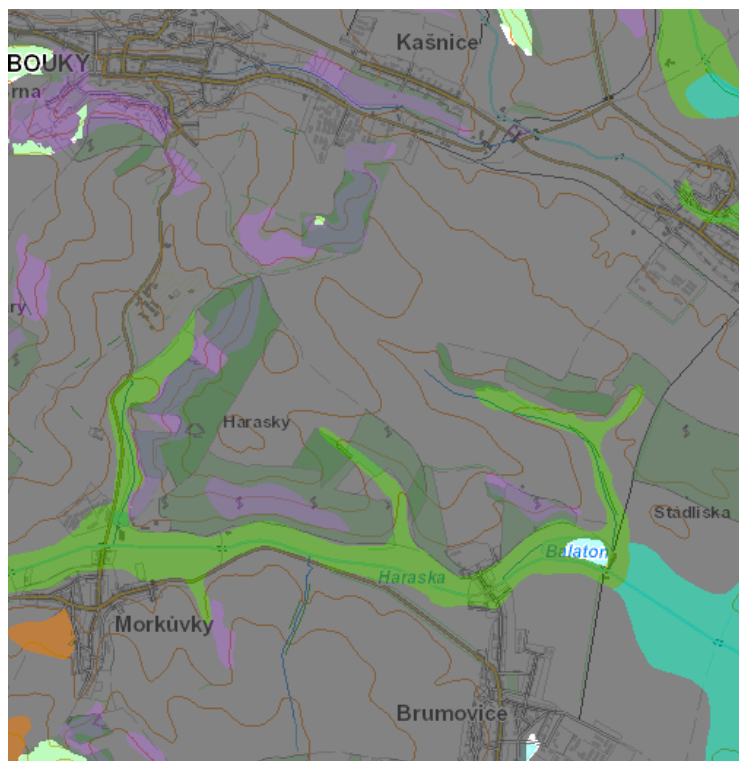
1.4.1 Území „jižní Morava“

Sledované území se nachází jihovýchodně od Brna v katastru obcí Klobouky u Brna, Morkůvky, Brumovice a Krumvív (Obrázek 2). Západní stranu čtverce o rozloze 4,5 x 4,5 km obklopuje les, severně leží obec Klobouky u Brna, východně pak Krumvív a do jižní části zasahují obce Morkůvky a Brumovice. Nejvyšší bodem jsou Harasky s výškou 278 m nad mořem.



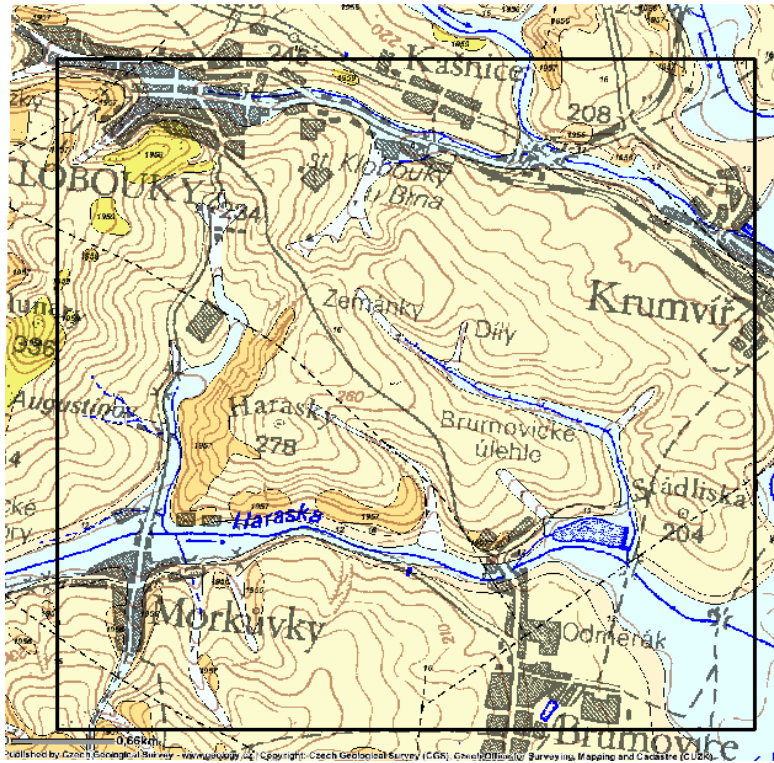
Obrázek 2. Letecký snímek označeného území „jižní Morava“. Zdroj: © 2012 ČÚZK.

Podle taxonomického klasifikačního systému půd (TKSP) se na sledované lokalitě vyskytují nejčastěji půdní typy černozemě (šedá barva), fluvizemě (zelená barva) a místy černice (barva aqua). Silně svažitě půdy, které se zde rovněž vyskytují, označuje barva fialová.



Obrázek 3. Skupiny půdních typů sledované oblasti „jižní Morava“ v měřítku 1 : 25 000. Zdroj: Mapa skupiny půdních typů, SOWAC GIS (2008)

Dle geologické mapy České republiky v měřítku 1 : 50 000, se na sledovaném území vyskytují především hlíny, spraše a štěrky, doplňující horninami jsou pak pískovce, jílovce a písky.



- písek, štěrky
Horniny: písek, štěrky
- spraš a sprašová hlína
Horniny: spraš, sprašová hlína,
- jílovec, pískovec
Horniny: jílovec, pískovec
- jíly, písčité jíly
Horniny: jíl, jíl písčité

Obrázek 4. Geologická mapa v měřítku 1 : 50 000 území „jižní Morava“. Zdroj: Česká geologická služba (2003).

Zvolené území je ohrožováno zejména vodní erozí, kterou způsobují, jak půdní a geologické poměry, tak i intenzivní zemědělské využívání orné půdy. Průměrná roční teplota za období 1961 - 1990 se podle Českého hydrometeorologického ústavu pohybovala kolem 8 - 9 °C. Průměrný roční úhrn srážek ze stejného období je 500 - 600 mm.

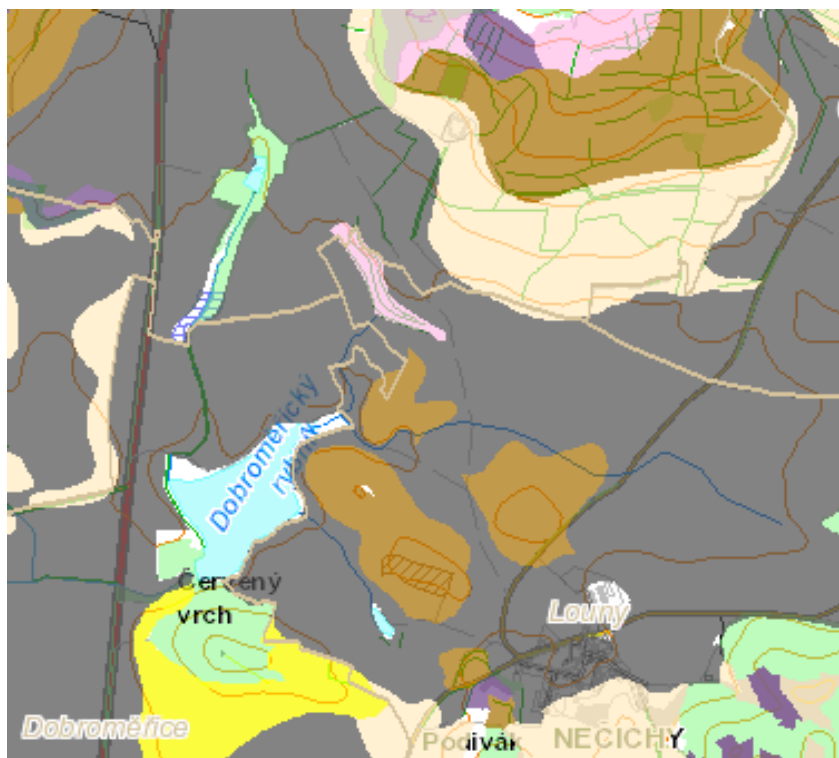
1.4.2 Území „Lounsko“

Sledované území je situováno severně města Louny v blízkosti se nachází příměstská část Dobroměřice. V jihovýchodním rohu obdélníku o rozloze 3 x 3,3 km, leží obec Nečichy a na severu sledovaného území obec Raná. Nejvyšší bod ve sledované oblasti je položen 301 m nad mořem ležící východně Nečich.



Obrázek 5. Letecký snímek zvoleného území „Lounsko“. Snímek poskytnutý © 2012 ČÚZK.

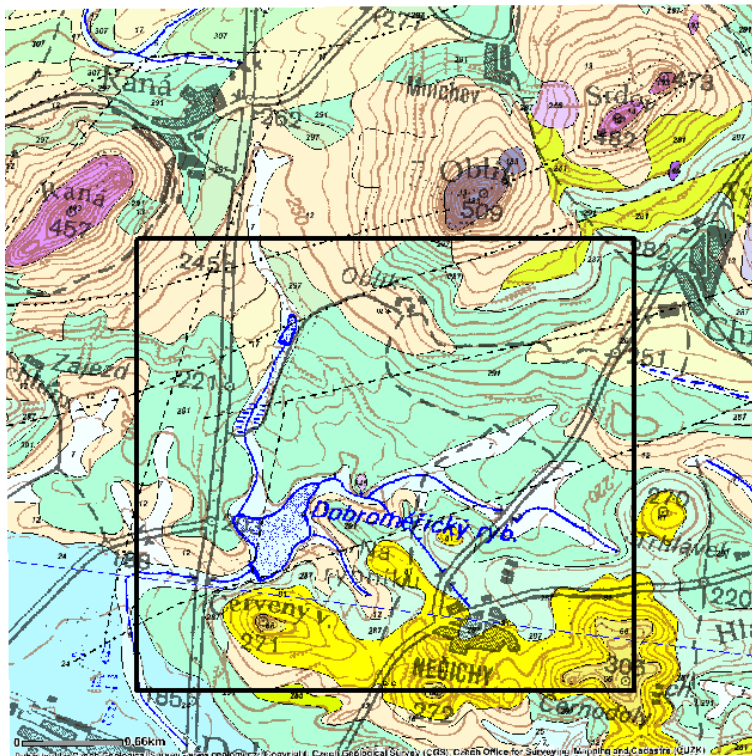
Podle taxonomického klasifikačního systému půd (TKSP), se na sledované lokalitě vyskytují půdní typy černozemě (tmavě šedá barva), která pokrývá většinu území, dále kambizemě (hnědá barva), regozemě (žlutá barva) a další.









Obrázek 6. Půdní typy v zájmové lokalitě „Lounsko“, mapa v měřítku 1 : 25 000. Zdroj: SOWAC GIS (2008)

Geologická mapa České republiky v měřítku 1: 50 000 znázorňuje výskyt písků a štěrků (barva aqua), které převažují. Dalšími horninami jsou jíly (žlutá barva), které se vyskytují v okolí Nečichů.



-  **spraš a sprašová hlína**
Horniny: spraš, sprašová hlína,
-  **jíly, písčité jíly**
Horniny: jíl, jíl písčitý
-  **písek, štěrk**
Horniny: písek, štěrk
-  **smíšený sediment**
Horniny: sediment smíšený,

Obrázek 7. Geologická mapa území v měřítku 1 : 50 000. Zdroj: Mapa půd ČR, Zdroj: Česká geologická služba (2003).

Orná půda je stejně jako u území „jižní Morava“ ohrožována především vodní erozí a intenzivním zemědělským využíváním. Podle ČHMÚ průměrné roční teploty na Lounsku v letech 1961 - 1990 dosáhly 8 - 9°C a průměrný roční úhrn srážek činil 300 – 500 mm.

Z výše uvedených informací je zřejmé, že se geologické podloží sledovaných území liší. Zatímco na jižní Moravě tvoří podloží většinou hlíny, spraše a šterky, na Lounsku převládají písky a jíly. Shodně pak dle TKSP převažuje na obou územích černozem.

1.5 Letecké snímky

Leteckým snímkováním se v České republice zabývá několik soukromých i státních institucí. Nejznámější a největší je Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK), který ovšem poskytuje pouze snímky aktuální. Jedinou institucí v ČR, která se zabývá archivací historických leteckých snímků a jejich prodejem je Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (VGHMÚř.) v Dobrušce spadající pod Armádu České republiky. Obě tyto státní instituce poskytují své snímky na základě objednávky přes internet nebo přímo ve svých pracovištích. ČÚZK má webové stránky www.geoportal.cuzk.cz, které obsahují mapové produkty, internetový obchod a další služby tohoto resortu. Po registraci a vybrání vhodné mapy, lze přejít k vyhledávání jednotlivých kladů mapových listů, které zobrazují zvolené území. Vybrané klady mapových listů se označí a vyhotoví se kompletní objednávka. V našem případě se jednalo o 16 snímků každého území. Po zaplacení objednávky, jsou jednotlivé klady zpřístupněny ke stažení rovnou ze stránek internetového obchodu. V případě, že se jedná o studijní materiály, poskytne ČÚZK 32 mapových listů zdarma.

Objednávka z VGHMÚř. Dobruška funguje trochu odlišně. Pro vyhledání leteckých snímků slouží webová adresa www.izgard.cenia.cz, kde je možné vyhledat, v jakých letech bylo nad sledovaným územím snímkování prováděno. Po zvolení území a jednotlivých roků, je nutné vytvořit objednávku podle předepsaného vzoru a odeslat ji emailem na uvedenou adresu. Druhou možností je dohodnutí schůzky přímo v Dobrušce, kde si snímky zákazník vybere osobně. Dle ceníku VGHMÚř. stojí letecký snímek od 125 do 721 Kč, v závislosti na druhu objednávky. Možnosti zpracování snímků jsou různé, ať už jde o kopie, zvětšeniny, diapositiv nebo digitální produkty. Pro studijní účely lze uplatnit slevu 70 % na jeden snímek. Po zaplacení faktury je objednávka odeslána zákazníkovi poštou.

Celkem bylo získáno 137 leteckých snímků. 74 z území „jižní Morava“ a 63 z území „Lounsko“. Přehled a charakteristika snímků je uvedena v Tabulce 1.

Tabulka 1. Přehled všech získaných snímků z uvedených institucí.

Instituce	Datum pořízení	Měřítko	Počet snímků	Typ snímků	Území
VGHMúř.	1 .1 . 1938	Neznámé	4	černobílé	Jižní Morava
	26 .7 . 1953	1 : 25 000	4	černobílé	Jižní Morava
	10 .6 . 1976	1 : 19 800	4	černobílé	Jižní Morava
	15 .8 . 1978	1 :13 100	6	barevné	Jižní Morava
	2 .10 . 1979	1 : 20 180	3	černobílé	Jižní Morava
	26 .5 . 1986	1 : 14 640	4	černobílé	Jižní Morava
	3 .5 . 1990	1 : 25 800	1	černobílé	Jižní Morava
ČÚZK	4 .5 . 2003	1 : 5 000	16	barevné	Jižní Morava
	13 .6 . 2006	1 : 5 000	16	barevné	Jižní Morava
	26 .5 . 2009	1 : 5 000	16	barevné	Jižní Morava
Instituce	Datum pořízení	Měřítko	Počet snímků	Typ snímků	Území
VGHMúř.	1 .1 . 1938	1:20 000	4	černobílé	Lounsko
	1 .1 . 1946	1:10 000	1	pozitiv	Lounsko
	12 .8 . 1952	1:25 000	2	černobílé	Lounsko
	30 .8 . 1958	1:12 000	2	černobílé	Lounsko
	24 .9 . 1964	1:38 300	1	černobílé	Lounsko
	16 .4 . 1982	1:29 600	1	černobílé	Lounsko
	30 .8 . 1985	1:14 270	2	černobílé	Lounsko
	5 .10 . 1987	1:7 490	1	černobílé	Lounsko
	22 .4 . 1993	1:23 360	1	černobílé	Lounsko
ČÚZK	20 .5 . 2005	1:5 000	16	barevné	Lounsko
	11 .5 . 2008	1:5 000	16	barevné	Lounsko
	15 .5 . 2011	1:5 000	16	barevné	Lounsko

V tabulce můžeme vidět různá měřítka snímků, to souvisí s vývojem fotografovací techniky a také procesem sledování povrchu Země dřív a dnes. V dřívějších letech se snímkování terénu zabývalo spíš větším územím, pro tvorbu nových map a sledování rozsáhlejších prvků krajiny. Dnes se letecké snímky využívají pro daleko podrobnější studie jednotlivých území, proto je nutné, aby snímky měly vysoké rozlišení a byl na nich dobře vidět, každý jednotlivý sledovatelný prvek.

Kvalita snímků také souvisí s měřítkem, rokem a nástroji snímkování. Zatímco na nejstarších snímcích, lze sledovat horší kvalitu rozlišení, rozmazané menší objekty atd., nové snímky dopodrobna vykreslí každý dům, lesík či cokoliv jiného. Na horší kvalitě starších snímků se rovněž podepisuje jejich převedení do digitální podoby. Rozdíl kvality snímkování

je znázorněn na obrázcích 7 a 8 v měřítku 1 : 1000. Kromě změn v rázu obce je vidět i horší kvalita historického snímku.



Obrázek 8. Aktuální letecký snímek obce Nečichy („Lounsko“) v měřítku 1 : 1000. Letecký snímek poskytl © 2012 ČÚZK.

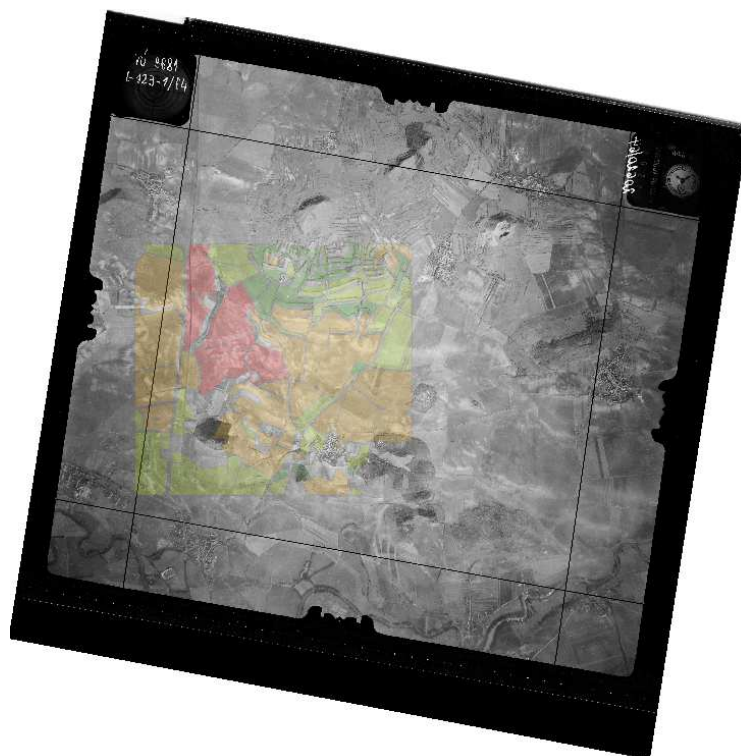


Obrázek 9. Letecký snímek obce Nečichy („Lounsko“) z roku 1952 v měřítku 1 : 1000. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

1.6 Zpracování dat v prostředí GIS

Po získání historických snímků bylo zapotřebí vložit shodné body do mapy v programu ArcGIS. Jedná se o tzv. geoprocessing- nástroj, kterým se určí společné body historického snímku a aktuálních ortofoto dat, které online poskytuje ČÚZK. Mapa se nahraje jako podklad snímku a vyhledají se vhodné body, které lze spolehlivě identifikovat. Při zakreslení minimálně 3 bodů, snímek získá shodné parametry jako podkladová mapa. Tato operace se týkala pouze snímků poskytnutých VGHMÚř. Dobruška, ČÚZK dodává snímky v definovaném souřadnicovém systému S-JTSK.

Pro každé zájmové „poučzemí“ byla vymezena čtvercová/obdélníková plocha, kde dochází k překryvu leteckých snímků ze všech časových období a je tak možné sledovat změnu erozních projevů za danou časovou řadu. V každém z daných „podúzemí“ byly použity polygony vyexportované ze systému LPIS definující jednotlivé tzv. půdní bloky. Pro každý z půdních bloků pak bylo prováděno hodnocení, zda je možné sledovat erozní jevy. Tuto operaci znázorňuje obrázek 10.



Obrázek 10. Území „Lounsko“ z roku 1964 s provedenou erozní klasifikací. Letecký snímek poskytl VGHMÚř Dobruška, © MO ČR 2011.

Po vytvoření takovéto šablony, která odpovídala rozměry i tvarem jednotlivým půdním blokům (zemědělským polím) na snímku se stanovily 4 třídy viditelnosti erodovaných ploch pomocí vizuální interpretace.

1. třída

Nelze prakticky sledovat půdní erozi z několika důvodů: 1) půdní blok je plně zarostlý vegetací, nebo je těsně po sklizni a není zkulturnován orbou, podmítkou, nebo jiným agrotechnickým opatřením, které by sledování eroze umožňoval. 2) podíl, kde je možné sledovat půdní erozi je velmi malý (< 10 %) - častý případ u nejstarších leteckých snímků, kde je rozdělení hospodářských celků (polí) velice odlišný od současného stavu, díky jiné hospodářské struktuře.

2. třída

Je možné lokalizovat určité znaky eroze, v podobě odkrytí spodních půdních horizontů, ale nelze je s přesností identifikovat z důvodů: 1) půdní bloky jsou částečně zarostlé vegetací- v případě historických leteckých snímků jsou půdní bloky rozděleny na menší části, kde dochází k odlišným agrotechnickým opatřením. 2) podíl, kde je možné sledovat erozní jevy je malý (< 40 %)

3. třída

Na půdním bloku bez vegetačního pokryvu, můžeme sledovat místa s potencionálním erozním nebezpečím. Viditelnost eroze dosahuje 40 - 70% sledovaného půdního bloku. Jsou také identifikovatelné barevné odlišnosti půdního pokryvu.

4. třída

Půdní blok je bez pokryvu vegetace a jsou jednoznačně viditelné erodované plochy, jejichž plocha přesahuje 70 % půdního bloku. S jistotou můžeme identifikovat erozní jevy.

Tento typ analýzy byl využit u všech výše uvedených roků snímování sledovaných území. Tedy oblast „jižní Morava“ z let 1938, 1953, 1986, 1990, 2003, 2006 a 2009 a území „Lounsko“ z let 1938, 1952, 1964, 1987, 1993, 2005 a 2008. Ostatní roky byly vynechány z důvodu nepoužitelnosti pro interpretační analýzu nebo snímky nepřekrývaly sledované území.

5. Výsledky

1.7 Zvolené letecké snímky

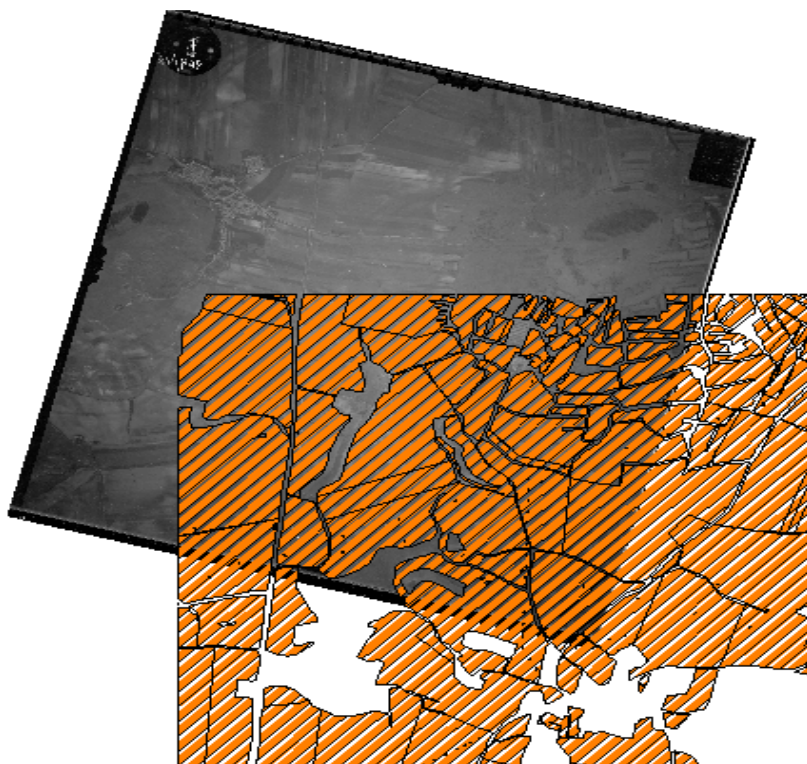
Ze všech historických i současných leteckých snímků bylo k analýze použito 61 snímků území „jižní Morava“ a 41 leteckých snímků lokality „Lounsko“. Přehled snímků popisuje tabulka 2.

Tabulka 2. Přehled použitých leteckých snímků.

jižní Morava	Datum pořízení	Měřítko	Počet snímků	Instituce
1	1 .1 . 1938	Neznámé	4	VGHMúř.
2	26 .7 . 1953	1 : 25 000	4	
3	26 .5 . 1986	1 : 14 640	4	
4	3 .5 . 1990	1 : 25 800	1	
5	4 .5 . 2003	1 : 5 000	16	ČÚZK
6	13 .6 . 2006	1 : 5 000	16	
7	26 .5 . 2009	1 : 5 000	16	

Lounsko	Datum pořízení	Měřítko	Počet snímků	Instituce
1	1 .1 . 1938	1 : 20 000	4	VGHMúř.
2	12 .8 . 1952	1 : 25 000	2	
3	24 .9 . 1964	1 : 38 300	1	
4	5 .10 . 1987	1 : 7 490	1	
5	22 .4 . 1993	1 : 23 360	1	
6	20 .5 . 2005	1 : 5 000	16	ČÚZK
7	11 .5 . 2008	1 : 5 000	16	

Ostatní roky snímkování byly vynechány z důvodu špatné viditelnosti erozních jevů nebo na nich nebyla zachycena celá plocha sledovaného území. Příklad nevhodného leteckého snímku v měřítku 1 : 37 000, který zcela nepokrývá sledované území, můžete vidět na obrázku 11.



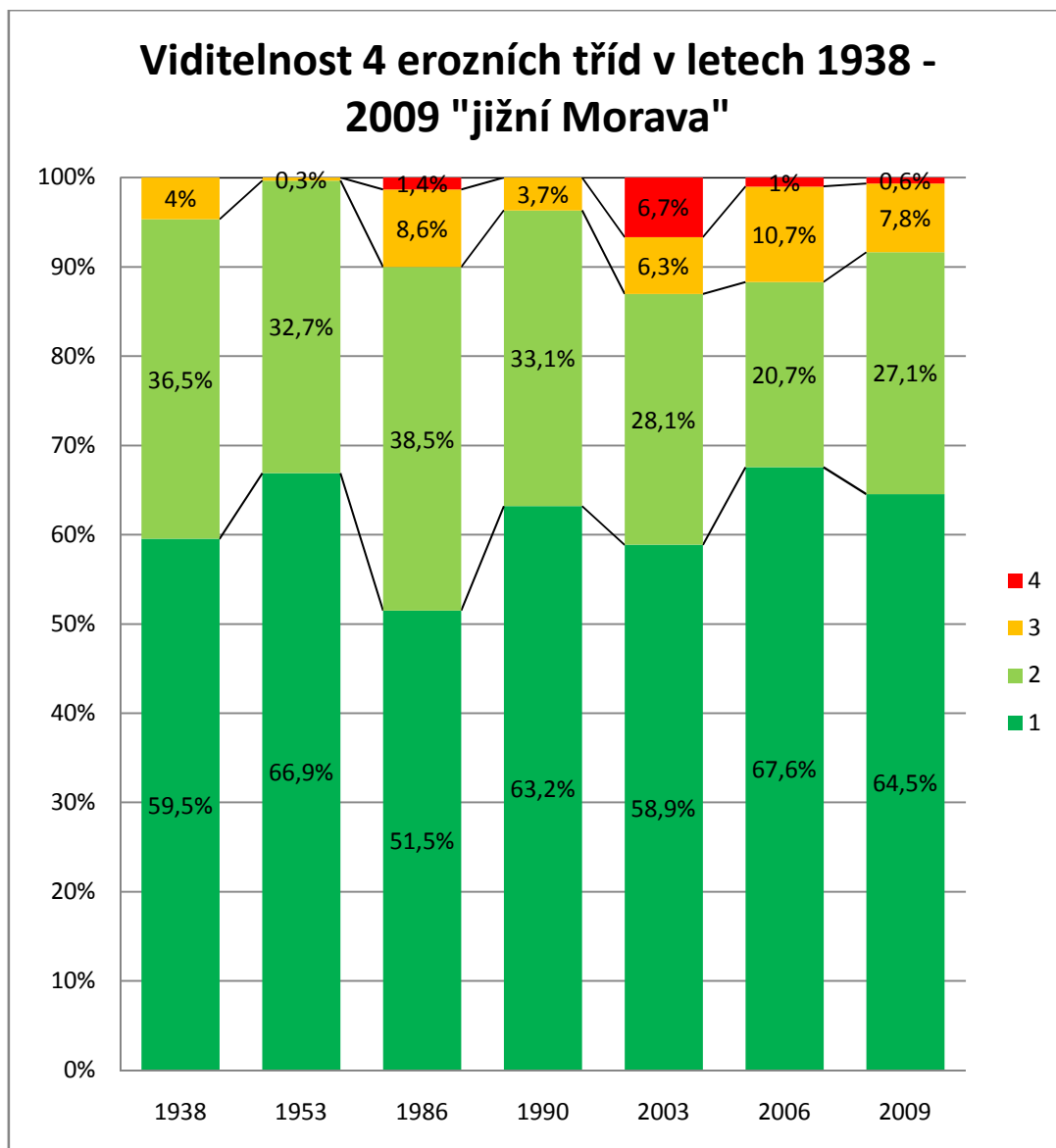
Obrázek 11. Nevhodný snímek území „Lounska“ z roku 1964. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

1.8 Výsledky analýzy v prostředí GIS

Veškeré získané výsledky práce v Gis prostředí, zapsané v atributových tabulkách byly exportovány do programu Microsoft Excel a zakresleny do grafů. Jednotlivé třídy potencionálních erozních ohrožení znázorňují různé barvy grafů a jejich procentuální zastoupení.

1.8.1 Výsledky sledovaného území „Jižní Morava“

Po vytvoření sloupcového grafu celkové viditelnosti erozních tříd na sledovaném území mezi roky 1938 - 2009 dosahuje potencionální ohrožení půd erozí 7 % půdních bloků, jedná se o součet 3. a 4. třídy. Na ostatních 93 % půdních bloků se erozní jevy, buď vůbec nevyskytují, nebo je není možné identifikovat z důvodu vegetačního pokryvu.



Graf 1. Celková viditelnost erozních tříd na území „jižní Morava“ mezi roky 1938 – 2009.

Nejvhodnější snímky tohoto území byly z roku 2003, kde viditelnost 3. a 4. třídy dosahovala 13 % sledovaných zemědělských pozemků. Na zbylé části, tedy v 86 % případů, se eroze nevyskytovala, nebo je nebylo možné identifikovat.

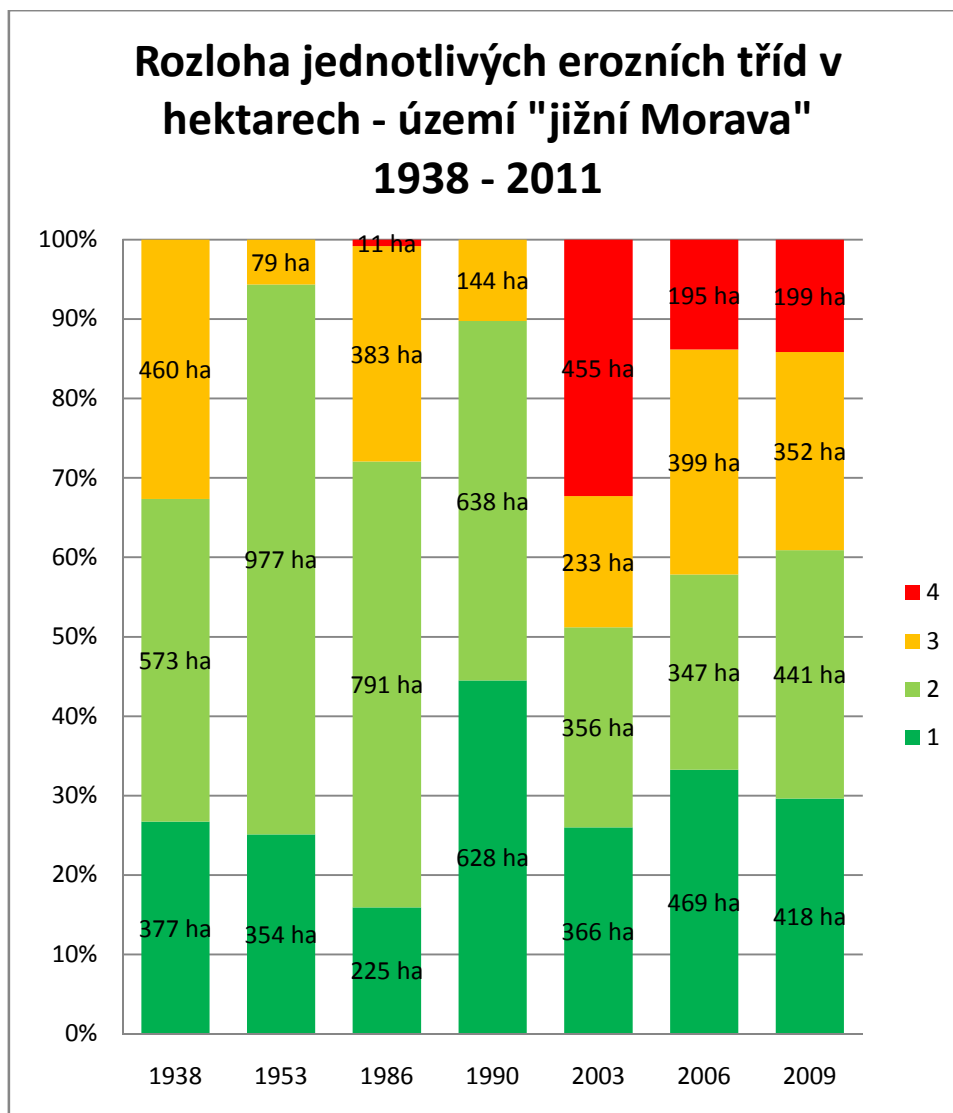
Celková rozloha všech tříd činí 1410 ha. Jednotlivé třídy sledovanosti a zdokumentované roky popisuje tabulka 3.

Tabulka 3. Rozloha jednotlivých tříd ve sledovaných rocích území „jižní Morava“.

Území "Jižní Morava"	Rozloha tříd v ha			
	Rok 1938	Rok 1953	Rok 1986	Rok 1990
třída viditelnosti				
1	377	354	225	628
2	573	977	791	638
3	460	79	383	144
4	0	0	11	0
Celkem ha	1410			

Území "Jižní Morava"	Rozloha tříd v ha		
	rok 2003	rok 2006	rok 2009
třída viditelnosti			
1	366	469	418
2	356	347	441
3	233	399	352
4	455	195	199
Celkem ha	1410		

Rozlohu jednotlivých erozních tříd na jižní Moravě v letech 1938 - 2011 popisuje graf 2.



Graf 2. Rozloha jednotlivých erozních tříd v hektarech – území „jižní Morava“ 1938 – 2009.

Překryvnost sledovaných půdních bloků na území „jižní Moravy“ se stanovila na základě délky období, ve kterých bylo možné erozní jevy sledovat. Tedy sledování 3. a 4. třídy viditelnosti.

Nejdelší časové období, kde byla eroze pozorovatelná je 71 let, tedy mezi roky 1938 – 2009. Erozní jevy bylo možné pozorovat na 5 půdních blocích o rozloze 316 ha.

Období v letech 2003 - 2006 dosahovalo nejvyšší rozlohy viditelných erozních jevů. To souvisí především s kvalitou leteckých snímků a malým pokryvem zemědělských území vegetací. Další délky období s rozlohou půdních bloků jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4. Časová osa, kdy a na jaké rozloze půdních bloků bylo možné erozi sledovat.

Rok	Délka období v letech	Počet půdních bloků	Rozloha v hektarech
1938 - 2009	71	5	316,0
1938 - 2006	68	2	137,8
1938 - 2003	65	1	76,8
1953 - 2009	53	1	79,5
1938 - 1990	52	1	60,8
1938 - 1986	48	2	32,3
1986 - 2009	23	5	129,2
1986 - 2006	20	9	190,8
1990 - 2009	19	3	57,3
1896 - 2003	17	10	226,3
1986 - 1990	4	6	67,8
2003 - 2006	3	17	470,9
2006 - 2009	3	12	429,6

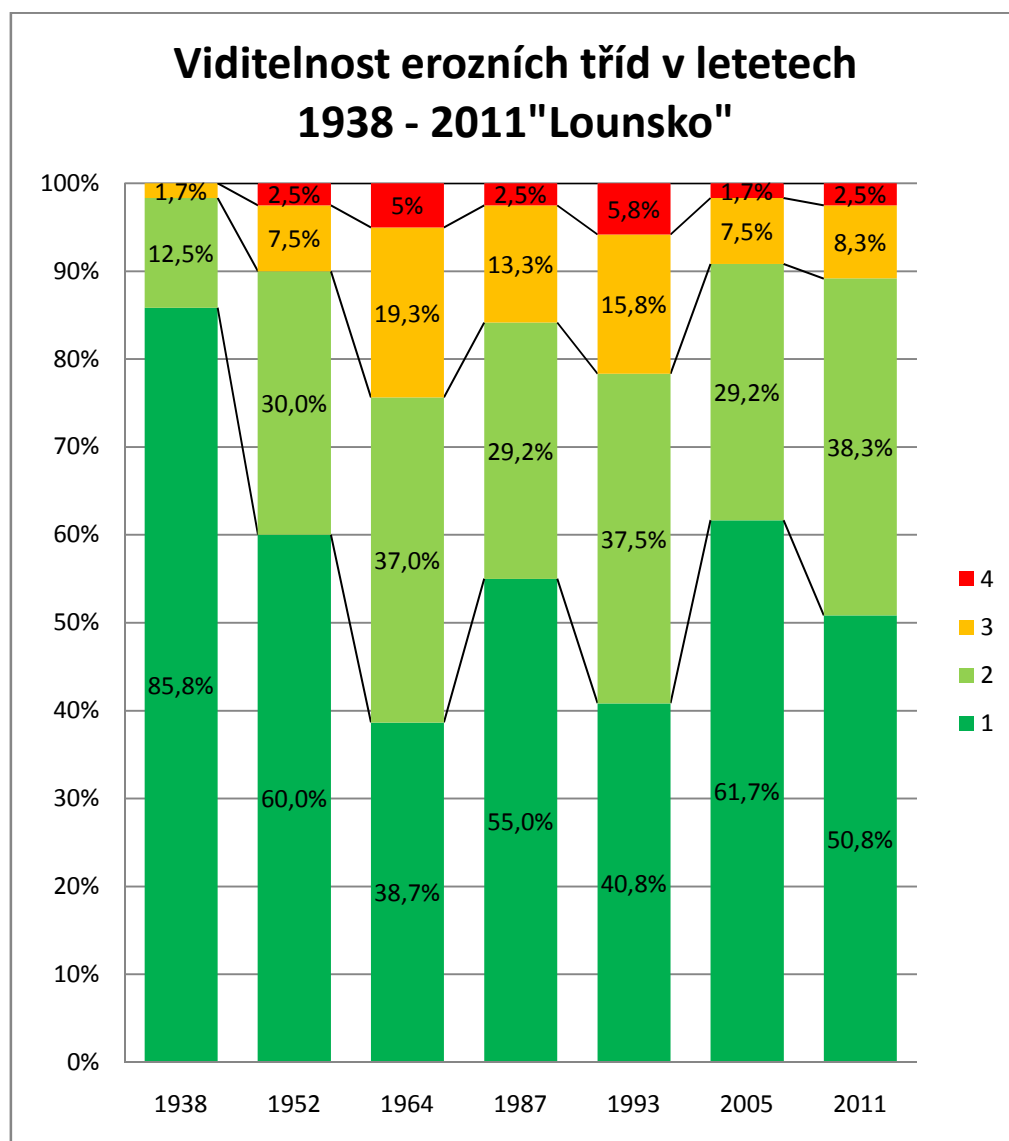


Obrázek 12. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 2003. Snímek poskytl © 2012 ČÚZK.

Další letecké snímky znázorňující sledované území a jednotlivé roky výskytu erozních tříd popisují samostatné přílohy 1 – 4.

1.8.2 Výsledky sledovaného území „Lounsko“

Ze zvolených let snímkování dochází k potenciálnímu ohrožení erozí na 13 % jednotlivých zemědělských území. Jedná se o součet 3. a 4. třídy viditelnosti. Na 56 % sledovaného území se eroze nevyskytuje vůbec, nebo není možné stanovit její viditelnost z důvodu vegetačního pokryvu. Dalších 31 % zaujímá 2. třída viditelnosti, hrozí tu tedy mírné ohrožení jednotlivých území. Viditelnost všech erozních tříd od roku 1938 do 2011 znázorňuje graf 2.



Graf 3. Celková viditelnost erozních tříd na území „Lounsko“ z let 1938- 2011.

Nejvhodnější snímky pro zhodnocení ohrožení zemědělských pozemků erozí pochází z roku 1964, kdy viditelnost 3. a 4. třídy zaujímala 24,3 % všech sledovaných území.

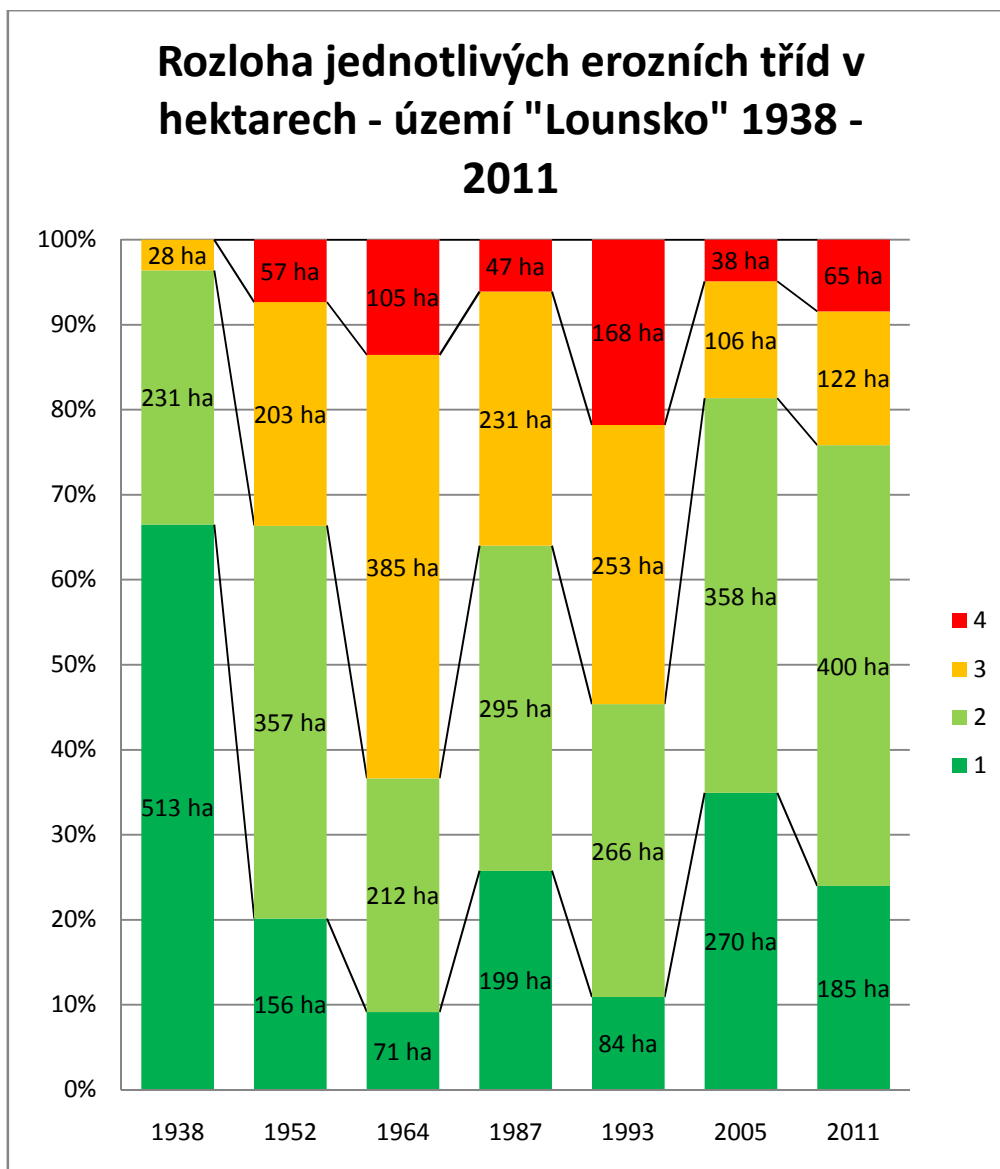
Celková rozloha půdních bloků je 772 ha. Jednotlivé třídy viditelnosti, jejich plochu a zdokumentované roky popisuje tabulka 5.

Tabulka 5. Rozloha jednotlivých tříd ve sledovaných rocích území „Lounsko“.

Území "Lounsko"	Rozloha tříd v ha			
Třída viditelnosti	rok 1938	rok 1952	rok 1964	rok 1987
1	513	156	71	199
2	231	357	212	295
3	28	203	385	231
4	0	57	105	47
Celkem ha	772			

Území "Lounsko"	Rozloha tříd v ha		
Třída viditelnosti	rok 1993	rok 2005	rok 2011
1	84	270	185
2	266	358	400
3	253	106	122
4	168	38	65
celkem ha	772		

Rozlohu jednotlivých erozních tříd na Lounsku v letech 1938 - 2011 popisuje graf 4.



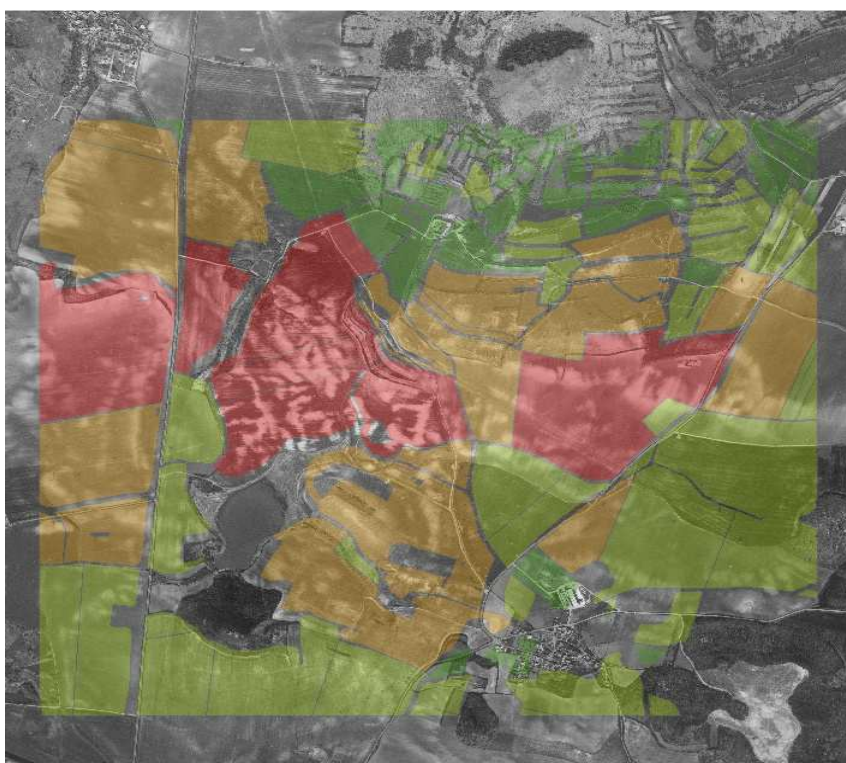
Graf 4. Rozloha jednotlivých erozních tříd v hektarech – území „Lounsko“ 1938 – 2011.

Překryvnost sledovaných půdních bloků na území „Lounsko“ se stanovila na základě délky období, ve kterých bylo možné erozní jevy sledovat. Tedy sledování 3. a 4. třídy viditelnosti.

Nejdelší časové období, kde byla eroze pozorovatelná je 73 let, tedy mezi roky 1938 – 2011. Erozní jevy bylo možné pozorovat na 1 půdním bloku o rozloze 26,5 ha. Další délky období s rozlohou půdních bloků, kde byla eroze viditelná, jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6. Časové období, rozloha a počet půdních bloků, kde se vyskytují erozní jevy.

Roky	Délka období v letech	Počet půdních bloků	Rozloha v ha
1938 - 2011	73	1	26,5
1952 - 2011	59	6	117,3
1952 - 2005	53	5	106,1
1964 - 2011	47	10	152,4
1952 - 1993	41	7	159,5
1987 - 2011	24	6	104,4
1993 - 2011	18	10	173,5
1987 - 1993	6	12	215,9



Obrázek 13. Území „Lounsko“ s viditelností eroze z roku 1993. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Další letecké snímky znázorňující sledované území a jednotlivé roky výskytu erozních tříd popisují samostatné přílohy 5 – 8.

6. Diskuse

Využití leteckého snímkování pro zkoumání barevných změn na povrchu půdy, která není pokryta vegetací, je relativně jednoduchý a spolehlivý nástroj pro tento typ dokumentace. Barevné změny projevující se smyvem nebo transportem tmavšího humusového horizontu A nebo vnitřního horizontu B a odkrytím světlejšího půdního horizontu C, jsou v některých případech patrné i z výšky několika kilometrů. Na snímcích jsou poté vidět tmavší a světlejší části sledovaného území.

Největším problémem této dokumentace tak zůstává pokrytí sledovaného území různým porostem. Letecké snímkování se většinou provádí v letních měsících, proto je nutné vytvořit časovou osu snímků, na kterých se střídají oblasti, které nejsou zarostlé vegetací a tím snadněji určit, která půda je erozí ohrožena a která ne. Podobné studie založené na stejném principu se vyskytují po celém světě, jako příklad, můžeme zmínit studie na Novém Zélandu (Betts a DeRose, 1999) nebo ve Španělsku (Martínez, 2003), kde se zabývají zejména vývojem erozních strží na špatně dostupných místech.

Výsledky vizuální interpretace sledovaných území „jižní Morava“ a „Lounsko“ ukazují, že dochází spíše k lokální ohroženosti půd na jednotlivých zemědělských pozemcích a bylo by dobré využít vhodného protierozního opatření, které zmírní dopad na půdní úrodnost. Jako vhodná protierozní opatření můžeme zvolit následující: úprava tvaru a velikosti pozemků, protierozní orba, mulčování pozemků nebo volba vhodné skladby pěstovaných plodin, které omezí erozní procesy.

U tvaru pozemků je nejvhodnější zvolení obdélníků, které leží po směru vrstevnic. Protierozní orba je především vrstevnicové obdělávání pomocí obracecích pluhů, které zamezí transportu půdních částic. Další variantou u protierozních opatření může být bezorebná kultivace pomocí různých druhů kypřičů půdy nebo kombinovaných secích strojů. Mezi plodiny, které se řadí mezi protierozní, můžeme zařadit například kukuřici, brambory, řepku nebo cukrovku.

Při volbě protierozních opatření také záleží na umístění jednotlivých zemědělských pozemků a podle toho se rozhodnout, jaké opatření zvolit.

7. Závěr

Degradace půd erozí, je celosvětově rozšířený problém, a proto je třeba snažit se o co největší ochranu půdního obalu Země. Eroze ohrožuje zejména zemědělskou půdu, která ztrácí původní strukturu, humusové látky a další složky důležité pro její úrodnost. Faktory, které ovlivňují erozní pochody jsou 2. Klimatické vlivy, jako jsou nadměrné srážky, vzdušné proudění, půdotvorné procesy atd. a antropogenní faktory, které představuje zejména nevhodná zemědělská činnost člověka.

Cílem mé práce bylo získat a vytvořit časovou řadu historických i současných leteckých snímků, pro zhodnocení potenciální ohroženosti půd erozí. K hodnocení byly vtipovány 2 geologicky odlišné území na jižní Moravě a v okolí města Louny. Zdroje leteckých snímků byly 2. Český úřad zeměměřičský a katastrální, který poskytuje aktuální snímky a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, který archivuje historické snímky území České republiky od roku 1938. Další část práce charakterizuje umístění, geologické podloží a výskyt půdních typů na sledovaných územích.

Po vytvoření časové osy snímků byly pomocí vizuální interpretace vytvořeny mapy zájmového území a zhodnoceny jednotlivé zemědělské půdní bloky. Jednotlivé roky, jejich plocha a potenciální míra ohroženosti půd erozí, byly následně zapsány do tabulek a grafů, které popisují vývoj erozních jevů sledovaného území.

8. Seznam použitých zdrojů

Aber, J. S., Marzoff, I., Bries, J.B. 2010. Small- Format Aerial Photography. Elsevier, Amsterdam, p. 266. ISBN: 9780444532602.

Betts, H. D., DeRose, R.C. 1999. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 1 (2), 91-101.

CENIA. NIKM – I. Etapa národní inventarizace kontaminovaných míst (2009 – 2012) [online] 2012a. [cit. 2013-02-20] Dostupné z www: <<http://www1.cenia.cz/www/projekt/nikm>>

CENIA. Profil organizace [online] 2012b. [cit. 2013-02-20] Dostupné z www: <<http://www1.cenia.cz/www/o-cenia/profil-organizace>>

ČÚZK. Geoportál ČÚZK [online] 2010 [cit. 2013-03-20] Dostupné z www: <[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(j2p20e455zsftk55ybgbn45\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&tet e=about&side=about&menu=2](http://geoportal.cuzk.cz/(S(j2p20e455zsftk55ybgbn45))/Default.aspx?mode=TextMeta&tet e=about&side=about&menu=2)>

ČÚZK. Výškopis - Úvod [online] 2013 [cit. 2013-03-20] Dostupné z www: <[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(lr3xtr450jow2y550bql1m55\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&tex t=vyskopis&side=vyskopis&menu=30](http://geoportal.cuzk.cz/(S(lr3xtr450jow2y550bql1m55))/default.aspx?mode=TextMeta&tex t=vyskopis&side=vyskopis&menu=30)>

Daba, S., Riger, W., Strauss, P. 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. *Catena* 50 (2-4), 273-291.

Fulajtár, E. 1994. Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovica, Slovakia. In: D.E. Sroott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (eds). 2001 *Sustaining the Global Farm. Selected papeprs from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue Unoversity and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*, 175-181.

Geosl AČR. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (VGHMúř.) [online] 2007. [cit. 2013-03-25] Dostupné z <www: http://www.geoservice.army.cz/htm/s_urad.html>

Gisat. Vyhodnocení dat - Interpretace. [online] 2001. [cit. 2012-12-20] Dostupné z www: <<http://www.gisat.cz/content/cz/sluzby/zpracovani-dat/vyhodnoceni-dat/interpretace>>

Hawkes, J. 2003. *Aerial, The art of Photography from the sky*. Roto Vision, Mies, p. 160. ISBN: 2880467278

Janeček, M., Bečvář, M., Bohuslávka, J., Dufková, J., Dumbrovský, M., Dostál, T., Hůla, J., Jakubíková, A., Kadlec, V., Krása, J., Kubátová, E., Novotný, I., Podhrázská, J., Tippl, M., Toman, F., Vopravil, J., Vrána, K. 2007. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy*, Praha, 76 s. ISBN: 9788025409732

Krása, J. 2010. *Empirické modely vodní eroze v ČR. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební*. Praha, 159 s.

Kutílek, M. 2012. Půda Planety Země. Dokořán, Praha, 200 s. ISBN:9788073632120.

Let Kunovice. 1967. Letová příručka L-410 UVP-E. Kunovice, 385 s.

Martínez - Casasnovas, J.A. 2003. A spatial information technology approach for mapping and quantification of gully erosion. *Catena* 50 (2-4), 293-308.

Marzloff, I., Poesen, J. 2009. The potential of 3D gully monitoring with GIS using high-resolution aerial photography and a digital photogrammetry system. *Geomorphology* 111(1-2), 48 – 60.

Ministerstvo obrany. L - 410 [online] 2012 [cit. 2013-02-21] Dostupné z www: <<http://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/letecka-technika/letadla/l-410-5055/>>

Mulder, V.L, Bruin, de S., Scahepman, M. E., Mayr, T. R.. 2011. The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. *Geoderma* 162 (1-2), 1-19

Oršulák, T., Pacina, J. 2010. 3D modelování a virtuální realita. Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny. Ústí nad Labem. 64 s. Dostupné také z www: <<http://gis.fzp.ujep.cz/DTM/3d.pdf>>

Struha, P. Historie leteckých archivů [online]. Únor, 2013. [cit. 2013-02-15]. Dostupné také z www: <www.muhb.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id>.

Šarapatka, B., Netopil, P. 2009. Erosion processes on intensively farmed land in the Czech republic: comparison of alternative research methods. Department of Ecology and Environmental Sciences, Palacký University. Olomouc. p. 50. Dostupné také z www: <<http://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/1517.pdf>>

Vácha, R., Borůvka, L. Úprava degradovaných půd. [CD-ROM] 2009. [cit. 2013-3-2-] ISBN: 9788021319035.

Viscarra Rossel, R.A., Minasny, B., Roudier, P., McBratney, A.B. 2006. Colour space models for soil science. *Geoderma* 133 (3-4), 320 - 337.

Vrieling, A. 2006. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. *Catena* 65 (1), 2-18.

Zádorová, T., Penížek, V., Šefrna, L., Rohošková, M., Borůvka, L. 2011. Spatial delineation of organic carbon-rich Colluvial soils in Chernozem regions by Terrain analysis and fuzzy classification. *Catena* 85 (1), 22- 23.

Internetové Mapy

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Mapa skupiny půdních typů 1 : 25 000. [online] 2008. [cit. 2013-03-13] Dostupné z www: <http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_zchbpej/index.php?project=dhtml_zchbpej&layers=kraj>

Česká geologická služba. Geologická mapa 1 : 50 000. [online] 2003. [cit. 2013-03-27] Dostupné z www: <<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>>

Holtanová, E., Skalák, P. Průměrná roční teplota vzduchu 1961-1990 [online] 2008. [cit. 2013-02-10] Český Hydrometeorologický ústav. Dostupné z www: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/t6190.gif>>

Holtanová E., Skalák, P. Roční úhrn srážek 1961- 1990. [online] 2008. [cit. 2013-02-10] Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z www: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>>

Seznam použitých zkratek

- AČR** - Armáda České republiky
ALOS / PRISM - Panchromatický nástroj dálkového průzkumu Země
ASTER- Multispektrální barevný skener
CENIA- Česká informační agentura životního prostředí
ČHMÚ- Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK - Český úřad zeměměřičský a katastrální
DEM - Discrete element method
DMT - Digitální model terénu
DMR - Digitalní model reliéfu
EEA- Evropské agentura pro životní prostředí
EU – Evropská unie
ETM- zesílený tematický mapovač
GDEM - Global Digital Elevation Model
GeoSL AČR – Geologická služba Armády České republiky
GIS – Geografický informační systém
HRVIR - High resolution visible infrared
IRS - The indian remote sensing satellites (indický satelit dálkového průzkumu Země)
LANDSAT - Nejdéle probíhající projekt získávání fotografií Země z vesmíru.
LIDAR- Light detection and ranging (metoda dálkového průzkumu měření vzdálenosti na základě výpočtu rychlosti odraženého pulsu laserového paprsku od snímaného objektu)
LPIS - Registr půdy pro farmáře
MMS- multispektrální scanner
MOMS-2 - Modular optoelectronic Multispectral Scanner
NDVI- The Normalized Difference Vegetation index
PLSR - Partial Least Squares Regression
SAR - Specific absorption rate
SFAP – Small format aerial photography(fotografie malého formátu)
SIR-C - Shuttle Imaging Radar-C
SRTM- Shuttle Radar Topography Mission
SWIR – Krátkovlnné infračervené záření
TIR - Tepelné infračervené záření
TKSP- Taxonomický klasifikační systém půd
TM- Tematický mapovač
VGHMÚř.- Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VNIR – Visible near infrared

Seznam obrázků

Obrázek 1. Schéma změny barvy orníčního půdního horizontu z důvodu eroze humusového horizontu. Zdroj: Kvantitativní popis vlivu obsahu humusu na barvy půdy pro sledování půdní eroze. Penížek V., 2009

Obrázek 2. Letecký snímek označeného území „jižní Morava“. Snímek Zdroj: © 2012 ČÚZK.

Obrázek 3. Skupiny půdních typů sledované oblasti „jižní Morava“ v měřítku 1 : 25 000. Zdroj: Mapa skupiny půdních typů, SOWAC GIS, 2008. Dostupné z www: <http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_zchbpej/index.php?project=dhtml_zchbpej&layers=kraj>

Obrázek 4. Geologická mapa v měřítku 1:50 000 území „jižní Morava“. Zdroj: Česká geologická služba, 2003. Dostupné z www: <<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>>

Obrázek 5. Letecký snímek zvoleného území „Lounsko“. Zdroj: © 2012 ČÚZK.

Obrázek 6. Půdní typy v zájmové lokalitě „Lounsko“, mapa v měřítku 1 : 25 000. Zdroj: SOWAC GIS, 2008 Dostupné z www: http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_zchbpej/index.php?project=dhtml_zchbpej&layers=kraj

Obrázek 7. Geologická mapa území v měřítku 1:50 000, Zdroj: Česká geologická služba, 2003. Dostupné z www: <<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>>

Obrázek 8. Aktuální letecký snímek obce Nečichy („Lounsko“) v měřítku 1 : 1000. Zdroj: © 2012 ČÚZK.

Obrázek 9. Letecký snímek obce Nečichy („Lounsko“) z roku 1952 v měřítku 1 : 1000. Zdroj: VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Obrázek 10. Území „Lounsko“ z roku 1964 s provedenou erozní klasifikací. Zdroj: VGHMÚř Dobruška, © MO ČR 2011

Obrázek 11. Nevhodný snímek území „Lounska“ z roku 1964. Zdroj: VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Obrázek 12. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 2003. Zdroj: © 2012 ČÚZK.

Obrázek 13. Území „Lounsko“ s viditelností eroze z roku 1993. Zdroj: VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1. Přehled všech získaných snímků z uvedených institucí.

Tabulka 2. Přehled použitých leteckých snímků.

Tabulka 3. Rozloha jednotlivých tříd ve sledovaných rocích na území „jižní Morava“.

Tabulka 4. Časová osa, kdy a na jaké rozloze půdních bloků bylo možné erozi sledovat.

Tabulka 5. Rozloha jednotlivých tříd ve sledovaných rocích na území „Lounsko“.

Tabulka 6. Časové období, rozloha a počet půdních bloků, kde se vyskytují erozní jevy.

Graf 1. Celková viditelnost erozních tříd na území „jižní Morava“ mezi roky 1938 – 2009.

Graf 2. Rozloha jednotlivých erozních tříd v hektarech – území „jižní Morava“ 1938 – 2011.

Graf 3. Celková viditelnost erozních tříd na území „Lounsko“ z let 1938 – 2011

Graf 4. Rozloha jednotlivých erozních tříd v hektarech – území „Lounsko“ 1938 – 2011.

9 Samostatné přílohy

Příloha 1. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1938. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Příloha 2. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1953. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Příloha 3. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1986. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

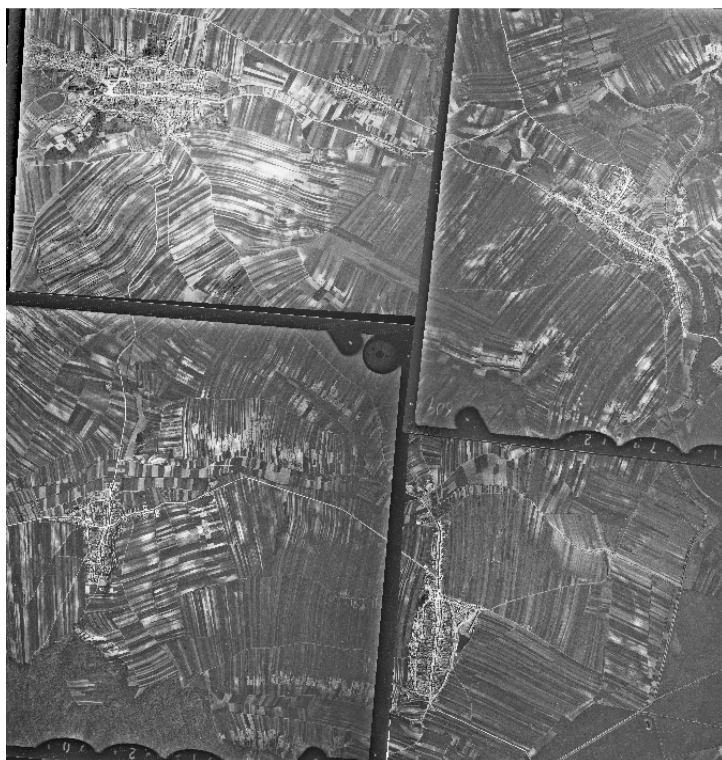
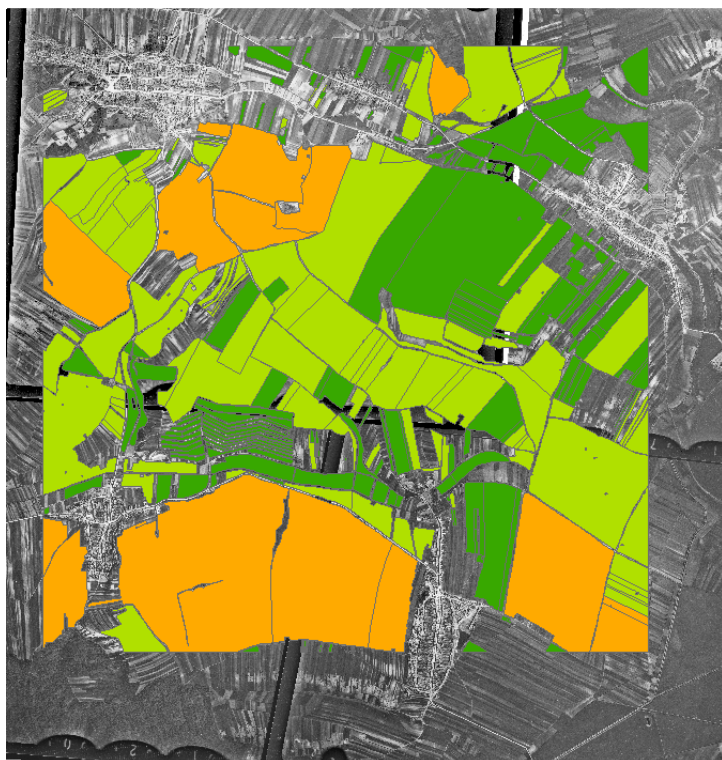
Příloha 4. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 2009. Letecký snímek poskytl © 2012 ČÚZK.

Příloha 5. Letecký snímek území „Lounsko“ z roku 1938. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

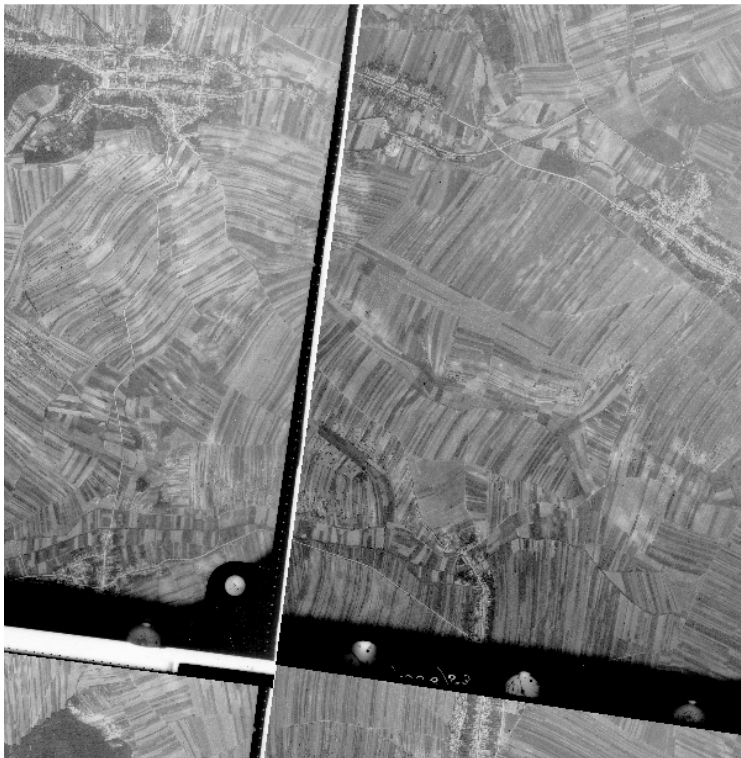
Příloha 6. Letecký snímek území „Lounsko“ z roku 1952. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Příloha 7. Letecký snímek území „Lounsko“ z roku 1987. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.

Příloha 8. Letecký snímek území „Lounsko“ z roku 1993. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



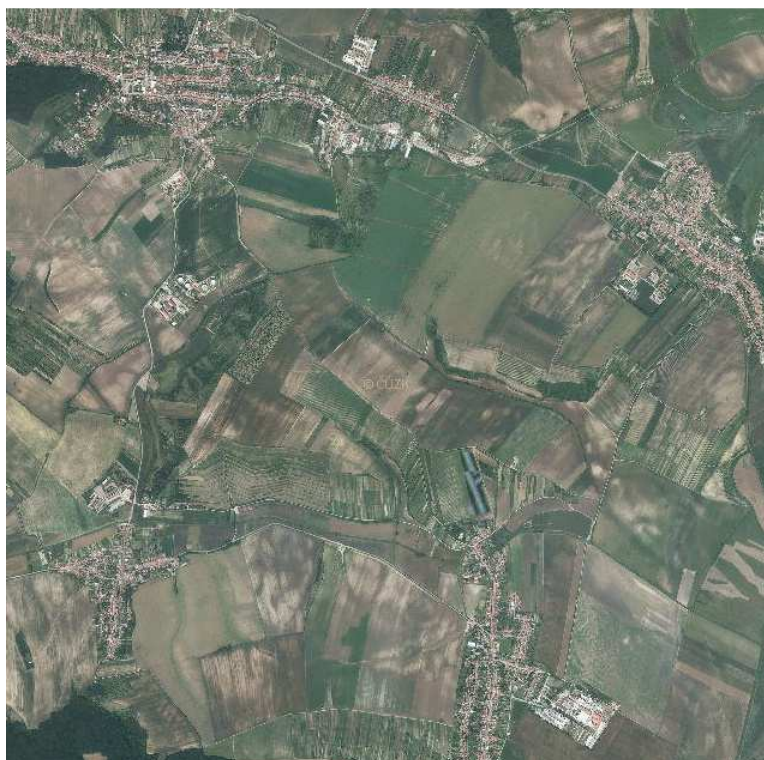
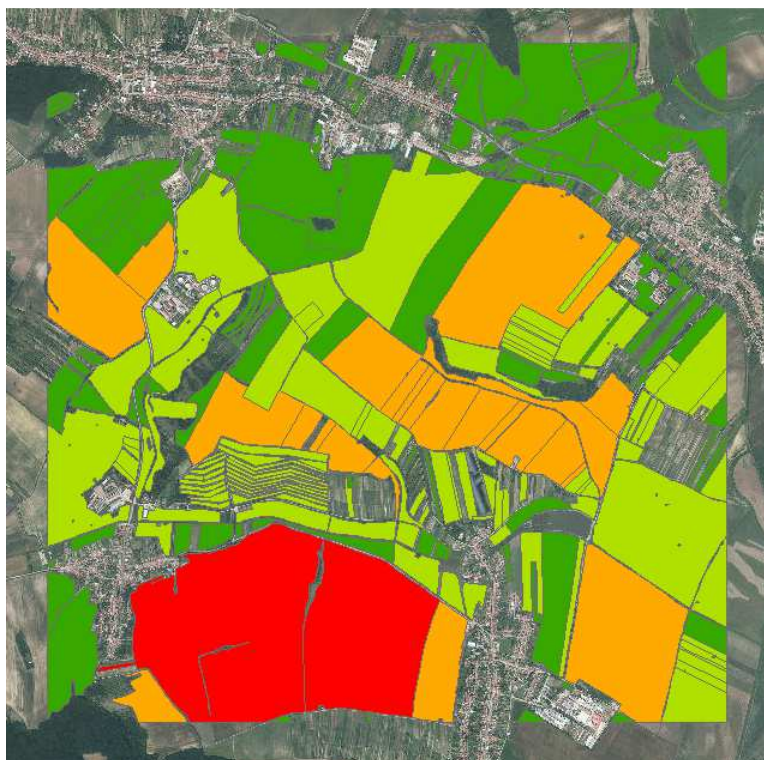
Příloha 1. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1938. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



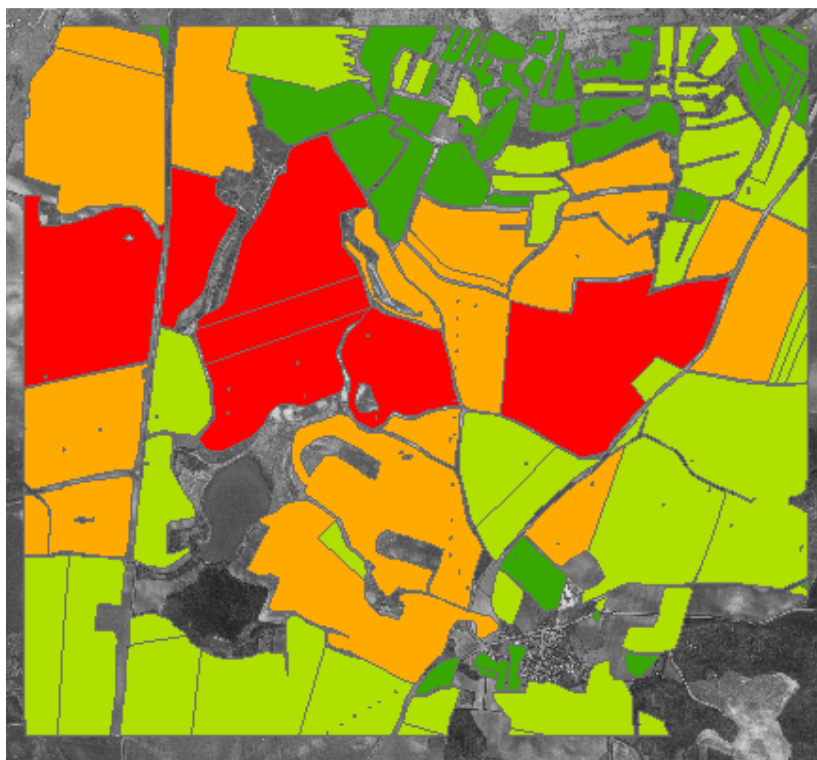
Příloha 2. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1953. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



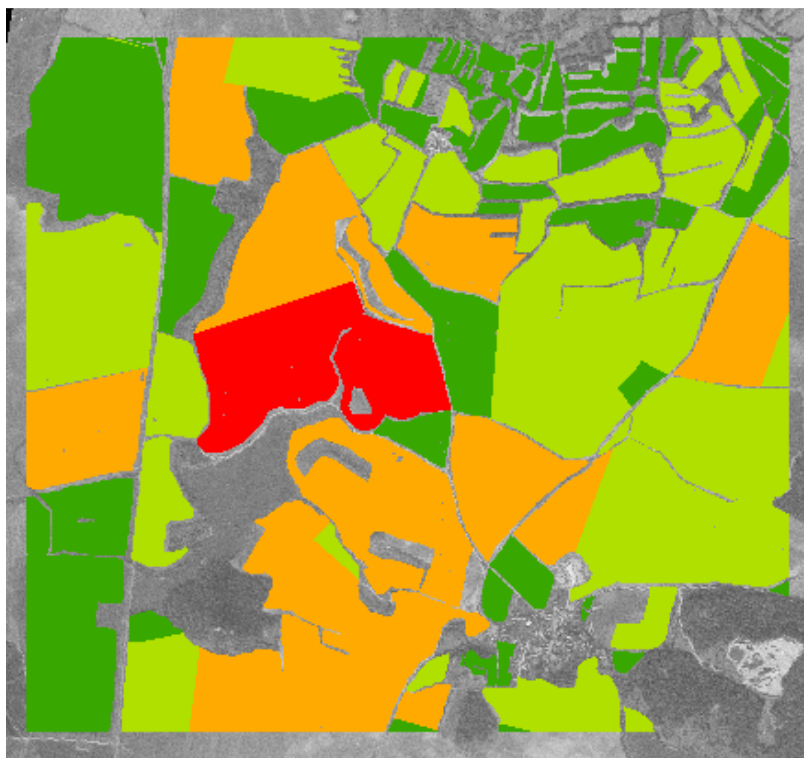
Příloha 3. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 1986. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



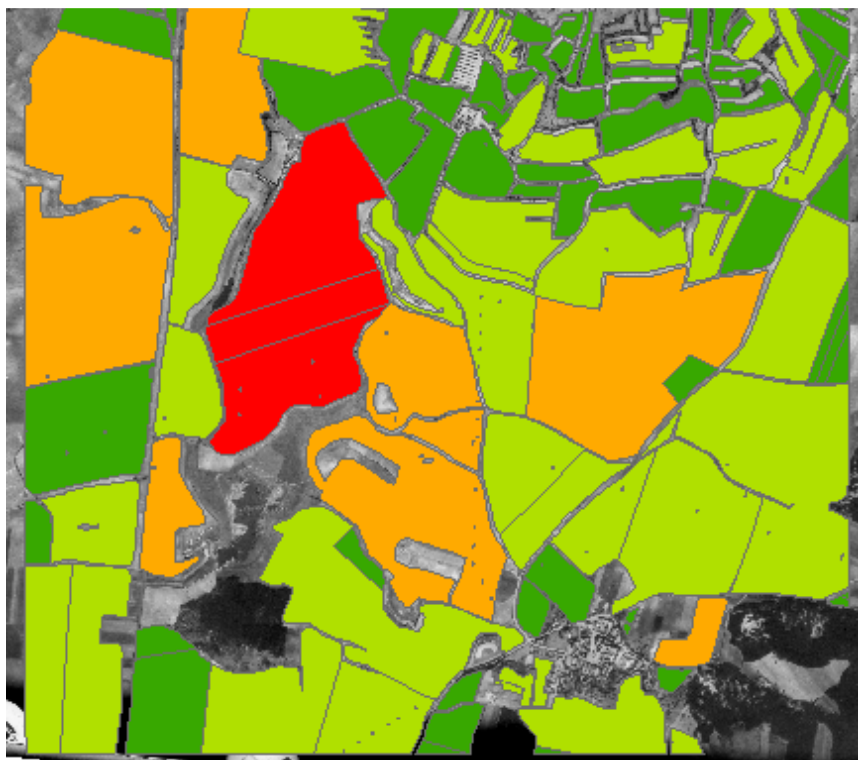
Příloha 4. Letecký snímek území „jižní Morava“ z roku 2009. Letecký snímek poskytl © 2012 ČÚZK.



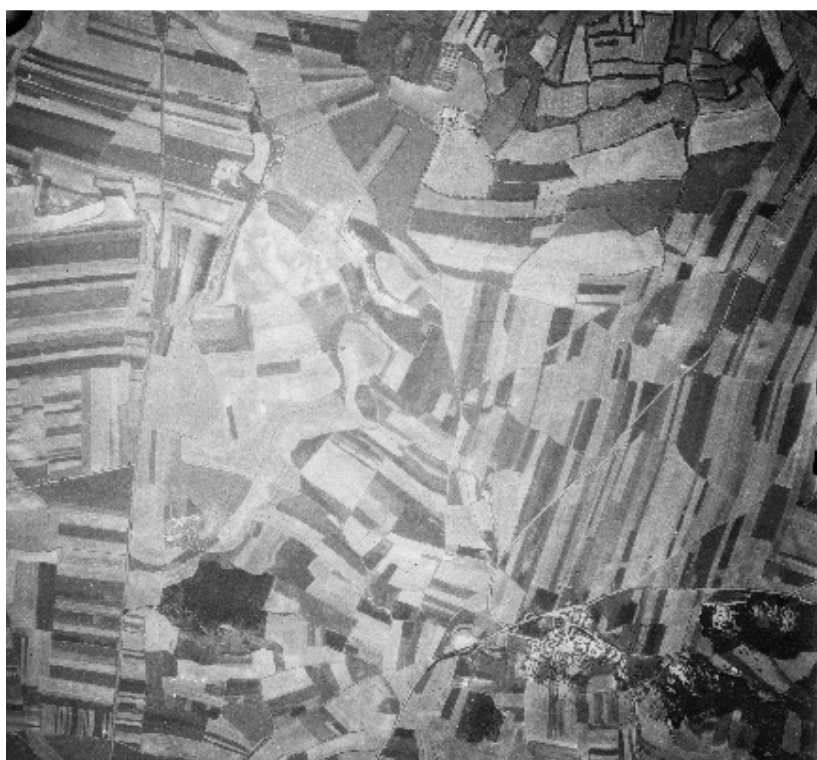
Příloha 5. Letecký snímek území „Lounsko“ z roku 1938. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



Příloha 6. Letecký snímek území „Lounsko“ 1952. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



Příloha 7. Letecký snímek území „Lounsko“ 1987. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.



Příloha 8. Letecký snímek území „Lounsko“ 1993. Letecký snímek poskytl VGHMÚř. Dobruška, © MO ČR 2011.