

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Marie HRUDIČKOVÁ

**ZMĚNY VEGETAČNÍHO POKRYVU V CHKO
LITOVELSKÉ POMORAVÍ**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Jakub MIŘIJOVSKÝ, Ph.D.

Olomouc 2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského, Ph.D..

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 20. května 2014

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Miřijovskému, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu Mrg. Jiřímu Poláškovu za rady a připomínky při vypracování práce.

Za poskytnutá data děkuji Chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví.

Vložený originál **zadání** bakalářské/diplomové práce (s podpisy vedoucího katedry, vedoucího práce a razítkem katedry). Ve druhém výtisku práce je vevázána fotokopie zadání.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
ÚVOD	9
1 CÍLE PRÁCE.....	10
2 POUŽITÉ METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	11
2.1 Použitá data	11
2.2 Použité programy	12
2.3 Použité metody.....	12
2.3.1 Řízená klasifikace	12
2.3.2 NDVI	12
2.3.3 Detekce změn.....	12
2.4 Postup zpracování	12
3 MAPOVÁNÍ VEGETACE POMOCÍ DPZ	14
3.1 Klasifikační systémy	14
3.1.1 Africover.....	14
3.1.2 CORINE Land Cover	15
3.2 Mapování změn vegetačního pokryvu	15
3.2.1 Mapování vegetace v zahraničí	16
3.2.2 Mapování vegetace v České republice	16
3.3 Změny pokryvu – webové prohlížečky.....	17
4 SYSTÉM LANDSAT.....	18
4.1 První a druhá generace	18
4.2 Landsat 6, Landsat 7	18
4.3 Landsat 8	19
5 CHKO LITOVESLKÉ POMORAVÍ.....	22
6 PŘEDZPRACOVÁNÍ DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ	23
6.1 Radiometrické korekce.....	23
6.2 Atmosférické korekce	23
6.3 Geometrické korekce	24
7 KLASIFIKACE SNÍMKŮ.....	25
7.1 Řízená klasifikace	25
7.1.1 Trénovací etapa.....	25
7.1.2 Výběr klasifikátoru	26
7.1.3 Hodnocení klasifikace	26
7.2 Postklasifikační úpravy a filtrace	29

8	KVALITATIVNÍ HODNOCENÍ.....	32
8.1	NDVI.....	32
8.2	Detekce změn.....	33
9	VÝSLEDKY	35
9.1	Řízená klasifikace	35
9.2	NDVI.....	39
9.3	Detekce změn.....	42
10	DISKUZE	45
11	ZÁVĚR.....	46
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	SUMMARY	
	PŘÍLOHY	

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DN	Digital Number
DPZ	Dálkový průzkum Země
ESRI	Environmental System Research Institute
ETM	Enhanced Thematic Mapper
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
EU	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization
CHKO	Chráněná krajinná oblast
LDCM	Landsat Data Continuity Mission
LOWTRAN	Low Altitude Atmospheric Transmission
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MODTRAN	Moderate resolution atmospheric transmission and radiance code
MSS	Multispectral Scanner
MZCHÚ	Maloplošně zvláště chráněné území
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near Infrared
NPP	Národní přírodní památka
NPR	Národní přírodní rezervace
NSPI	Neighborhood Similar Pixel Interpolation
OLI	Operational Land Imager
OSN	Organizace spojených národů
PAN	Panchromatic
RBV	Return Beam Vidikon
SHP	Shapefile
S-JTSK	Jednotná trigonometrická síť katastrální
SLC	Scan Line Corrector
SWIR	Short wave infrared
TIR	Thermal
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper

TOA	Top Of Atmosphere
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
VIS	Visible – viditelné záření
WGS 84	World Geodetic System 1984

ÚVOD

Poznávání věcí, které nás obklopují, se lidé věnují již od nepaměti. Světem, který nás obklopuje, se zabývá mnoho různých odvětví vědy a nejen jím. Okolní krajinu se lidé snaží popsat, zachytit, zvětšit mnoha způsoby. Umělci pomocí štětce či tónů, ale i vědci pomocí čísel a křivek.

Příroda byla a je středem naší pozornosti. Obklopuje nás, činí nás šťastnými, ale mnohdy dokáže lidem připomenout, že je nutné si jí neustále všimnout, neubližovat jí a chránit ji. Že je nutné okolní krajinu chránit, si lidé uvědomovali již v minulosti. Předmětem ochrany se stávala místa s výskytem vzácných organismů či ojedinělých geomorfologických tvarů.

S rozvíjející se technikou se lidé pouští do průzkumu neprobádaných míst na zemském povrchu i mimo něj. Právě díky neustálému pokroku je možné prohlubovat znalosti o světě, jež nás obklopuje, a o krajině, kterou většina lidí bere jako samozřejmou součást běžného života. Metody dálkového průzkumu země lidem mohou pomoci k lepší ochraně přírody a krajiny. Díky jedinečným vlastnostem všech objektů na zemském povrchu je možné pomocí moderních technologií získat velké množství informací, které mohou následně přispět k lepší ochraně přírody

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je provést hodnocení změny vegetačního pokryvu v oblasti CHKO Litovelské Pomoraví. Práce bude obsahovat dvě části. V první, rešeršní, budou detailně popsány možnosti snímků z družicového systému Landsat, a to i z nové mise LDCM. V druhé části provede praktické zpracování velkého množství dat a provede vyhodnocení změny vegetačního pokryvu vhodným nástrojem. Sledovány budou změny jak kvalitativní, tak i kvantitativní.

Praktická část práce bude využívat metody řízené klasifikace, výpočtu vegetačního indexu NDVI a metody detekce změn vegetačního pokryvu. Pro porovnání budou vybrány snímky systému Landsat v desetiletých časových rozestupech, ale i dvou až tříletých, v případě detekce změn během jednotlivých dekád. Výsledná data budou prezentována jak v kartografické, tak i v tabelární podobě. Vývoj vegetačního pokryvu bude v případě řízené klasifikace prezentován i v podobě grafů, jež budou vyjadřovat kvantitativní změny vegetačního pokryvu.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

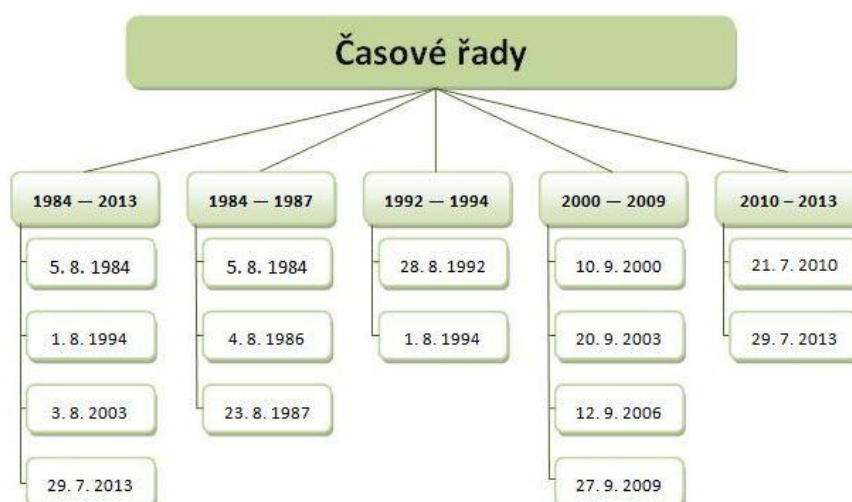
Tato kapitola obsahuje přehled použitých dat a jejich zdrojů, užití programy a stručný popis postupu zpracování dat.

2.1 Použitá data

Stěžejními daty byly družicové snímky systému Landsat. Tato data po registraci jsou poskytována USGS zdarma pomocí webové aplikace www.earthexplorer.usgs.gov.

Pomocí této aplikace byly staženy snímky ve formátu TAR. Tento soubor obsahuje jednotlivá pásma ve formátu TIF. Právě tato pásma ve výsledku tvoří celek v podobě multispektrálního snímku, se kterým bylo následně pracováno. Dále byl použit soubor hranic zájmového území ve formátu SHP, jež pro účely bakalářské práce poskytlo CHKO Litovelské Pomoraví.

Z vhodných snímků bylo nakonec vybráno 12 družicových snímků systému Landsat (Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7 a Landsat 8). Ze kterých bylo utvořeno pět časových řad (obr. 2.1).



Obr. 2.1 Digram sledovaných časových úseků (zdroj: vlastní).

První, stěžejní řadu tvoří čtyři snímky z let – 1984, 1994, 2003 a 2013. Další čtyři řady byly vytvořeny vždy pro jednotlivé dekády. Při tvorbě časových řad bylo nutné pracovat se snímky pořízenými zhruba ve stejném období. V případě, že by snímky pocházely z různých fází vegetačního období, výsledky by nebylo možné mezi sebou porovnat, tak aby bylo docíleno relevantních výsledků.

Výběr jednotlivých snímků také ovlivnily výpadky senzorů během těchto let, páskování, v případě snímků Landsat 7 pořízených od 31. 5. 2003, či velká oblačnost pokrývající území CHKO.

2.2 Použité programy

Pro samotné zpracování družicových snímků byl použit program Erdas Imagine 2013. Pomocí nástrojů tohoto programu byly vytvořeny multispektrální snímky, výsledné rastry řízené klasifikace, rastry vegetačních indexů NDVI, ale i rastry reprezentující detekce změn v daném území.

Převody souřadnicového systému souborů SHP, úpravy rastrů a výsledné mapové výstupy byly provedeny v programu ArcGIS 10.0. Doprovodné ilustrace a jejich úpravy byly vytvořeny v programu Inkscape. Grafy a tabelární výstupy byly vytvořeny programem Microsoft Excel. Webové stránky byly vytvořeny v programu PSPad.

2.3 Použité metody

2.3.1 Řízená klasifikace

Metodou klasifikace se nahrazují radiometrické hodnoty snímku hodnotami informačními. Na rozdíl od klasifikace neřízené musí být operátorem vytvořeny trénovací plochy, pro předem zvolený počet tříd, na jejichž základě bude klasifikace provedena. Na základě takto vytvořených spektrálních tříd je pomocí klasifikátoru vytvořen nový rastrový obraz, v němž jednotlivé informační třídy zastupují pomocí trénovacích ploch vybrané radiometrické hodnoty pixelu (Svatoňová, Lauermaun, 2010).

2.3.2 NDVI

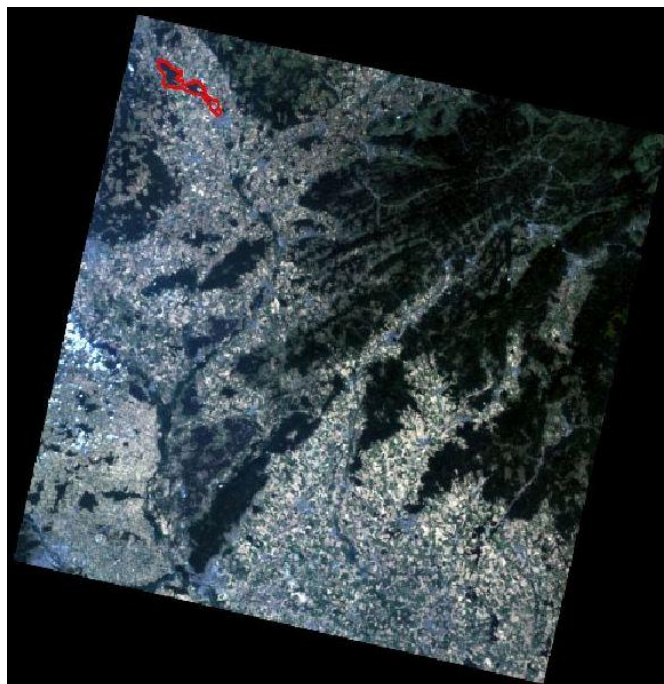
Vegetační index NDVI je hojně využíván při hodnocení vegetačního pokryvu, především v lesnictví a zemědělství. V tomto případě budou porovnávány změny hodnot NDVI mezi snímky v jednotlivých řadách.

2.3.3 Detekce změn

Pro kvalitativní hodnocení změn vegetačního pokryvu, byla použita metoda detekce změn, fungující na principu mapové algebry. Výsledný rastr zachycuje rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími snímky.

2.4 Postup zpracování

Po stanovení cílů práce a časového období, po které bude území CHKO sledováno, následoval předběžný výběr jednotlivých snímků ve webové aplikaci USGS. Vyřazeny byly snímky s viditelnou oblačností zasahující území CHKO. Po stažení souborů obsahující jednotlivá pásma družicových snímků, následovalo vytvoření multispektrálních snímků, s nimiž bylo dále pracováno. Před samotným zpracováním dat došlo ke konečnému výběru snímků a sestavení jednotlivých časových řad. Vzhledem malému zájmovému území (obr. 2.2), bylo nutné provést ořezání celého snímku pouze na požadované území. Tím byla snížena výpočetní náročnost pro další zpracování dat.



Obr. 2.2 Snímek Landsat 8 (29. 7. 2013) v pravých barvách s vyznačenou CHKO (zdroj: vlastní).

Použita byla metoda řízené klasifikace. Trénovací plochy byly vytvořeny pro sedm spektrálních tříd. Na jejich základě byly pixely zatříděny pomocí klasifikátoru Maximum Likelihood. Pomocí chybových matic byla zhodnocena úspěšnost klasifikace pro každý snímek. Dále byly klasifikované rastry postklasifikačně upraveny a následně shlazeny pomocí sieve filtru. Výsledné rastry byly vizualizovány pomocí mapových výstupů (Příloha 1, 2, 3, 4, 5). Hodnoty rozloh jednotlivých tříd byly zhodnoceny na základě grafů a tabulek. Na základě doporučení bylo zvláště sledováno území skládající se ze zóny I. a MZCHÚ pro hlavní časovou řadu 1984–2013.

Pro kvalitativní hodnocení vegetačního porostu pro celé území CHKO byly použity změny hodnot NDVI. Pomocí metody Detekce změn byly také sledovány kvalitativní změny vegetačního pokryvu. Výsledky byly porovnány vizuálně na základě mapových výstupů (Příloha 16–25).

3 MAPOVÁNÍ VEGETACE POMOCÍ DPZ

Mapování vegetačního krytu metodami DPZ je součástí monitorování zemského pokryvu jako celku. Pomocí družicových dat lze porovnávat snímky z různých časových horizontů a sledovat tak trend vývoje krajiny.

3.1 Klasifikační systémy

Z toho důvody byly vytvořeny systémy klasifikující povrchy a objekty na zemském povrchu. Jeden z prvních klasifikačních systémů, vytvořen J. R. Andersonem, je používán Americkou geologickou službou od 70. let 20. století. Tento systém se skládá ze čtyř úrovní v závislosti prostorovém rozlišení dat (tab. 1) (LILLESAND a kol., 2008).

Tab. 1 Data používaná pro mapování vegetace USGS (zdroj: LILLESAND a kol., 2008)

Úroveň	Snímky	Nosič
I.	Nízké až střední prostorové rozlišení	Landsat MMS
II	Letecké snímky malých měřítek	
	Střední prostorové rozlišení	Landsat TM, ETM+, OLI
III.	Letecké snímky středních měřítek	
	Střední nebo vysoké prostorové rozlišení	IKONOS
IV.	Letecké snímky velkých měřítek	
	Vysoké prostorové rozlišení	QuickBird

První úroveň vegetaci rozlišuje pouze na zemědělské plochy, pastviny, lesní porost, mokřady a tundru. Až druhá úroveň rozlišuje další podtřídy vegetačního krytu.

V současné době se mapování vegetačního pokryvu zabývají samostatně větší státy, skupiny států či neziskové organizace jako je OSN.

3.1.1 Africover

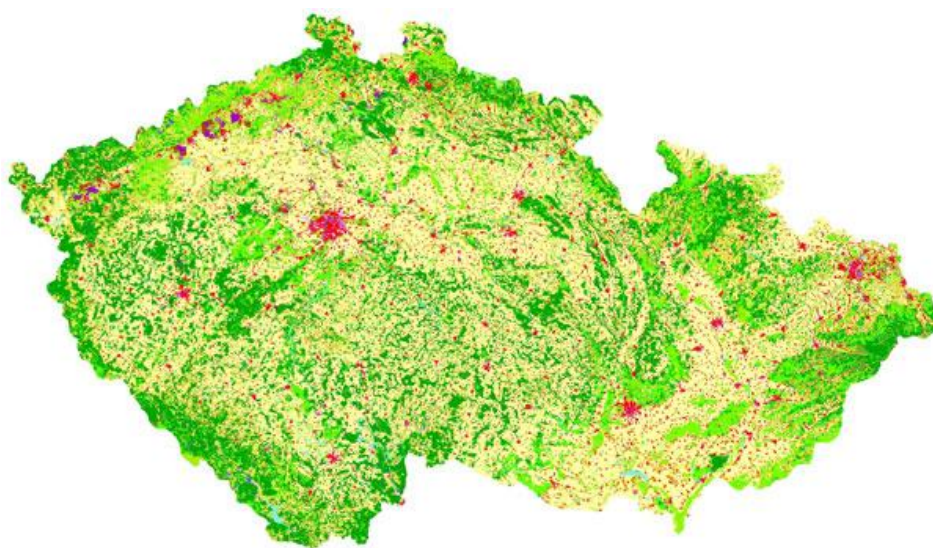
Program Africover byl projektem FAO (Organizace pro výživu a zemědělství). Díky tomu vznikala databáze zemského pokryvu právě na základě spolupráce OSN a zapojených afrických zemí. Tento projekt významně přispěl k lepšímu plánování ochrany území či řešení klimatických změn.

Mapován byl povrch za období 1994–2002 na základě snímků Landsat. Povrch je rozdělen do pěti skupin – východní Afrika a Demokratická republika Kongo, severní Afrika, Sahel a Kapverdy, západní a centrální Afrika spolu s ostrovy sv. Tomáš a Princův ostrov a jižní Afrika společně s ostrovy v Indickém oceáně (Madagaskar, Mauricius, Komory a Seyshely). Výstupy byly publikovány v měřítku 1 : 200 000 a pro menší území 1 : 100 000 (<http://www.eoearth.org>, 2013).

3.1.2 CORINE Land Cover

Tento program mapování krajiny se týká území Evropské unie. Monitorován je nejen vegetační pokryv od roku 1990. Cílem tohoto programu je detailní mapování povrchu za účel lepší řízení nejen environmentální politiky Evropské Unie. Jsou proto detekována místa ohrožená desertifikací či deforestrací, vysycháním mokřadů či rozšiřováním zastavěného území v pobřežních částech. K dispozici jsou bezesvé databáze pro roky 1990, 2000 a 2006. Výsledné mapy jsou sestavovány v měřítku 1 : 100 000 a pokryv zastupuje 44 tříd. V současné době je zpracovávána databáze za rok 2012 (<http://www.eea.europa.eu>).

Za Českou republiku mapování pokryvu pro CORINE Land Cover zajišťuje CENIA (Česká informační agentura životního prostředí).



Obr. 3.1 Mapa CORINE Land Cover České republiky pro rok 2000
(zdroj:<http://sia.eionet.europa.eu>).

3.2 Mapování změn vegetačního pokryvu

Monitoring vegetačního pokryvu není použit jen pro účely environmentální řízení z hlediska ochrany přírody či inventarizace území. Analýza vývoje vegetace je velmi účinným nástrojem pro mapování pozitivních, ale i negativních změn.

Mezi závažné změny vegetačního pokryvu patří již zmíněná deforestace či desertifikace, ale i špatný zdravotní stav vegetace v důsledku znečištění ovzduší. Existuje velké množství případů, kdy lze analýzy vegetačního pokryvu využít. Mezi ty nejznámější patří – deforestace, desertifikace, vysychání mokřadů, rozvoj cestovního ruchu podél pobřeží či obnovování vegetace v místech vlivem člověk poškozené vegetace.

3.2.1 Mapování vegetace v zahraničí

Právě na deforestaci na ostrově Madagaskar se ve své práci „Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier“ zaměřil C. Grinard a kol. (2013). Sledování obnovy vegetačního pokryvu středomořské vegetace zasažené v roce 1998 požárem v regionu Deiva Marina se ve své práci „Post-fire vegetation regrowth detection in the Deiva Marina region (Liguria-Italy) using Landsat TM and ETM+ data“ věnovali Solans Vila a Barbosa (2010). Změnami vegetačního pokryvu v závislosti na nárůstu turistické návštěvnosti Prevézského poloostrova „Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data“ se zabývali Kolios a Stylios (2013).

Naopak A. Erener (2011) se ve své práci „Remote sensing of vegetation health for reclaimed areas of Seyitömer open cast coal mine“ zaměřila na mapování zdravotního stavu vegetace v rekultivovaných důlních oblastech.

Vývojem vegetačního pokryvu mezi lety 1990–2010 ve východních Himalájích, se zabýval „Decadal land cover change dynamics in Bhutan.“ Gilani a kol (2014). Zhang a kol. (2014) se zaměřil na mapování změny vegetačního pokryvu v závislosti na opětovném zalesňování oblasti jihovýchodního Yunnanu „Using Landsat Thematic Mapper records to map land cover change and the impacts of reforestation programmes in the borderlands of southeast Yunnan, China: 1990–2010“.

3.2.2 Mapování vegetace v České republice

Změnami vegetačního pokryvu na území České republiky se v minulosti zabývalo velké množství prací. Část prací je zaměřena na území spadajících pod ochranu přírody. Vegetačním pokryvem NP Šumava se ve své bakalářské práci „Změny vegetačního pokryvu lesních porostů v NP Šumava,“ zabývala T. Coufalová (2012), ale P. Kolečková (2011) v práci „Hodnocení lesní vegetace Národního parku Šumava pomocí dat dálkového průzkumu Země,“

J. Svoboda (2008) se ve své bakalářské práci „Analýza změn v prostředí s využitím dat DPZ“ vyhodnocoval vegetační pokryv oblasti Krkonoš. Na monitoring smrkového porostu se v diplomové práci „Využití dat DPZ pro hodnocení aktuálního stavu a vývoje smrkových porostů v Krkonoších“ zaměřila R. Musilová (2012). Změnami pokryvu na území Národního parku České Švýcarsko se ve své bakalářské práci „Hodnocení změn land cover v Českém Švýcarsku pomocí dat DPZ,“ zabývala K. Lihanová (2011).

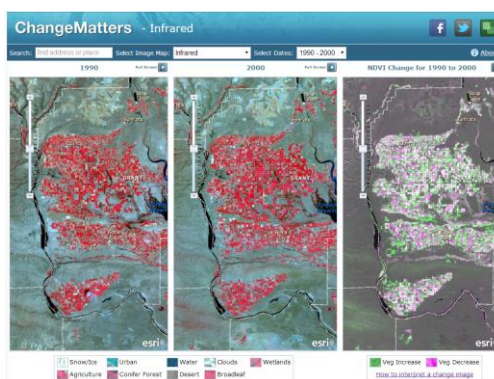
„Hodnocení dlouhodobých změn land cover okresu Náchod pomocí dat DPZ,“ na základě řízené klasifikace se ve své bakalářské práci zabývala L. Červená (2010). Následně se L. Červená (2012) ve své diplomové práci „Klasifikace vegetačního pokryvu z dat DPZ pro účely vyhodnocení rizika nákazy klíšťovou encefalitidou,“ zaměřila na monitoring vegetačního krytu z hlediska hodnocení rizika nákazy klíšťovou encefalitidou. „Analýzou vlhkostních parametrů a biomasy vegetačního krytu na základě

spektrálních indexů se na území jihovýchodní Moravy“ zabýval V. Pechanec a kol. (2014).

3.3 Změny pokryvu – webové prohlížečky

Pro snadnější přístup k datům týkajících se vegetačního pokryvu byly v minulosti vytvořeny i online webové prohlížečky, což svědčí o velkém zájmu o sledování vývoje vegetace na zemském pokryvu.

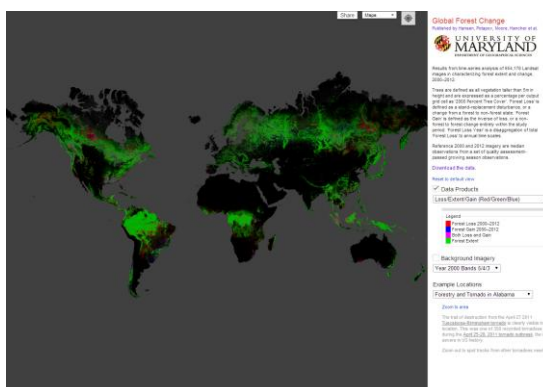
Online prohlížečky Change Matters poskytuje možnost prohlédnout si změny NDVI pro vybrané snímky Landsat z období 1975–2010. Tuto prohlížečku vytvořila společnost ESRI a na stránkách <http://www.esri.com/software/landsat-imagery/viewer> je k dispozici od roku 2011.



Obr. 3.2 Ukázka z prohlížečky Change Matters (zdroj: <http://www.esri.com>).

Ve spolupráci USGS a Marylandské univerzity vznikla prohlížečka Global Forest Change, dostupná na stránkách <http://earthenginepartners.appspot.com>.

Její archiv je omezen lety 2000–2012. V šesti základních bookmarkích jsou uloženy lokalizace zajímavých míst jako je například Národní park Marahoué v Pobřeží Slonoviny. Pomocí zadání místa slovně nebo zeměpisných souřadnic se lze v mapě zazoomovat na kterékoliv místo na světě.



Obr. 3.3 Ukázka z online prohlížečky Global Forest Change (zdroj: <http://earthenginepartners.appspot.com>).

4 SYSTÉM LANDSAT

System Landsat je ojedinelý dobou, po kterou jednotlivé družice pořizují snímky. Na projektu se kromě NASA podílí i USGS. Archiv snímků tohoto systému obsahuje nejdelší kontinuální řadu pořízených družicových snímků na světě (tab. 2).

Tab. 2 Přehled družic Landsat (zdroj: <http://www.gisat.cz>, <http://landsat.usgs.gov>, upraveno)

	Pořizování dat	Typ dat	Senzor	Počet pásem	Prostorové rozlišení [m]
Landsat 1	23. 7. 1972–6. 1. 1978	optická	RBV	3	80
		optická	MSS	4	80
Landsat 2	22. 1. 1975–27. 7. 1982	optická	RBV	3	80
		optická	MSS	4	80
Landsat 3	5. 3. 1978–7. 9. 1983	optická	RBV	1	30
		optická	MSS	4	80
Landsat 4	16. 7. 1982–14. 12. 1993	optická	TM	7	30; 120
		optická	MSS	4	80
Landsat 5	1. 2. 1985–leden 2013	optická	TM	7	30; 120
		optická	MSS	4	80
Landsat 6	5. 10. 1993–nedosáhl orbity	optická	ETM	4	---
Landsat 7	15. 4. 1999–nyní	optická	ETM+	8	15; 30; 60
		optická	MSS	4	80
Landsat 8	11. 2. 2013–nyní	optická	OLI	9	30;15
		optická	TIRS	2	100

4.1 První a druhá generace

První generací systému Landsat jsou považovány Landsat 1, Landsat 2, Landsat 3. Druhou generací jsou označovány Landsat 4 a Landsat 5. U těchto dvou družic byla snížena doba jednoho snímkovacího cyklu o dva dny, z 18 na 16 dní. Prodloužena byla předpokládaná doba jejich životnosti, která činila tři roky. Oba družice předpokládanou životnost překonaly. Obě tyto družice byly vybaveny senzorem TM a MSS snímající území o šířce 185 km (landsat.usgs.gov, 2013).

4.2 Landsat 6, Landsat 7

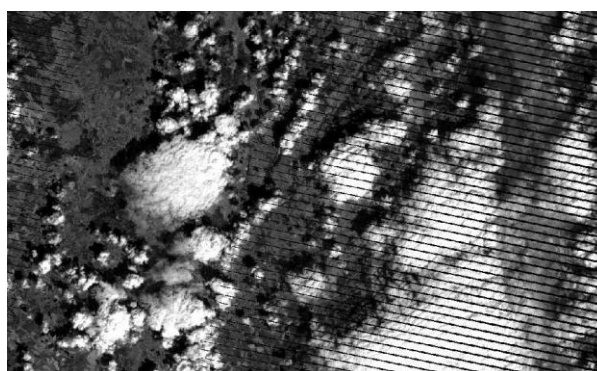
Na úspěšnou misi Landsat 5 měl v roce 1993 navázat Landsat 6. Bohužel došlo k nehodě a Landsat 6 nedosáhl orbity. Pro účely snímkování byl pro Landsat 6 připraven nový senzor ETM. Jím pořizovaná pásma měla být shodná s pásmy družic druhé generace (tab 3), navíc bylo ovšem přidáno osmé pásmo pro tvorbu panchromatických snímků. Pořizování panchromatických snímků je založeno na snímání ve viditelné části spektra a části blízkého infračerveného světla (0,52–0,90 μm). Výsledkem je snímek ve

stupních šedi. Výhodou těchto snímků je jejich vyšší prostorové rozlišení, které je v tomto případě 15 m.

V roce 1999 vypuštěný Landsat 7 doplňoval Landsat 5, do konce jeho mise tak, že mezi pořízením snímků se snížil časový rozestup z 16 na osm dní. Družice nese osmikanálový senzor ETM+ navazující na senzor ETM Landsat 6.

Na rozdíl od senzoru ETM bylo termální pásmo 6 rozděleno do dvou, přičemž prostorové rozlišení snímků termálních pásem je 60 m

Velkým problémem u snímků Landsat 7 je přítomnost páskování. To se na snímcích vyskytuje díky poškození korektoru SLC. Proto snímky Landsat 7 rozděleny na dvě skupiny – L7 ETM+ SLC-on (bez páskování) a L7 ETM+ SLC-off (s páskováním). Páskování nezasahuje pouze střední pás snímku o šířce 22 km (obr. 4.1) (landsat.usgs.gov, 2013)

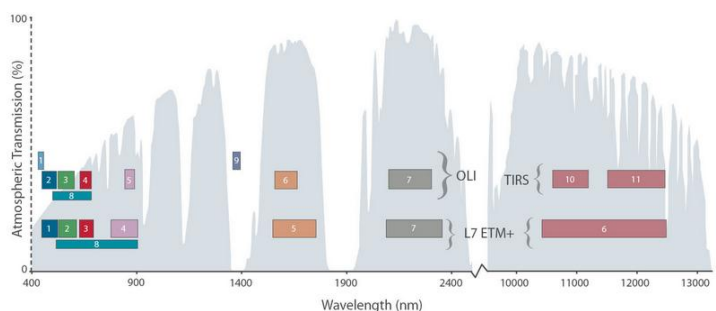


Obr. 4.1 Ukázka páskování na snímku ze 4. 8. 2004 (zdroj: vlastní).

4.3 Landsat 8

Je možné se setkat s označením LDCM . Tato družice byla vynesena na oběžnou dráhu 11. 2. 2013, v pohotovostním režimu je ovšem od 30. 5. 2013. Odhadovaná délka jeho mise činí pět let (landsat.usgs.gov, 2013).

V porovnání s předchozími družicemi došlo k výrazným změnám v počtu pořizovaných pásem, ale i v rozdílné délce elektromagnetického záření pro jednotlivá pásma (obr. 4.2) snímků. Senzor OLI pořizuje devět pásem a senzor TIRS pak dvě (tab. 3).



Obr. 4.2 Rozdíl pásem Landat7 a Landsat 8 (zdroj: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>).

Tab. 3 Přehled pásem Landsat 7 a Landsat 8 (zdroj: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>, 2014)

Landsat 7 ETM+				Landsat 8 OLI + TIRS			
				pásmo 1	30 m	Coastal Aerosol	0,435–0,451
pásmo 1	30 m	Blue	0,441–0,514	pásmo 2	30 m	Blue	0,452–0,512
pásmo 2	30 m	Green	0,519–0,601	pásmo 3	30 m	Green	0,533–0,590
pásmo 3	30 m	Red	0,631–0,692	pásmo 4	30 m	Red	0,636–0,673
pásmo 4	30 m	NIR	0,772–0,898	pásmo 5	30 m	NIR	0,851–0,879
pásmo 5	30 m	SWIR 1	1,547–1,749	pásmo 6	30 m	SWIR 1	1,566–1,651
pásmo 6	60 m	TIR	10,31–12,36	pásmo 10	100 m	TIRS 1	10,60–11,19
				pásmo 11	100 m	TIRS 2	11,50–12,51
pásmo 7	30 m	SWIR-2	2,064–2,345	pásmo 7	30 m	SWIR 2	2,107–1,294
pásmo 8	15 m	PAN	0,515–0,896	pásmo 8	15 m	PAN	0,503–0,676
				pásmo 9	30 m	Cirrus	1,363–1,384

Nově bylo před pásma viditelné části spektra přidáno pásmo nové, Pobřežní/Aerosolové. Toto nově přidané pásmo je také nazýváno „Ultra blue“. Je určeno pro analýzy v pobřežních částech či pro mělké vodní plochy a umožňuje sledování velmi jemných částic jako je prach.

Viditelné část spektra je reprezentována pásmy 2, 3 a 4. U těchto pásem došlo k menšímu posunu hraničních hodnot jednotlivých intervalů.

Velký rozdíl ve velikosti snímaného pásma je pak u blízké infračervené části spektra. Pásmo NIR Landsat 8 je v porovnání s pásmem NIR předchozích družic podstatně užší. Díky tomu poskytuje lepší výsledky při mapování vegetace.

Pásma 6 a 7 jsou určeny především pro geologické účely, odlišení skalních ploch, ale i pro odlišené suchých území.

Pásmo 8 je pásmem panchromatickým, které má nejvyšší prostorové rozlišení a podává tak nejostřejší obraz území. Prostorové rozlišení 15 km bylo i nadále zachováno.

Pásma 9 je stejně jako pásma 1 nově přidané. Tvoří jej pouze úzká část elektromagnetického spektra, jejíž pomocí je zachycena vysoká oblačnost, čemuž napovídá i název tohoto pásma – Cirrus.

Zbylé dvě pásma, pásma 10 a pásma 11, jsou snímky pořízené v tepelné části elektromagnetického spektra (landsat.usgs.gov, 2014).

Při práci s daty Landsat 8 je nutné brát potaz změnu číslování jednotlivých pásem při úpravě barevných kompozic. Pro vizualizaci multispektrálních snímků Landsat 8 v přirozených barvách je barevná kompozice tvořena pásma 4–3–2, u dřívějších snímků to bylo 3–2–1.

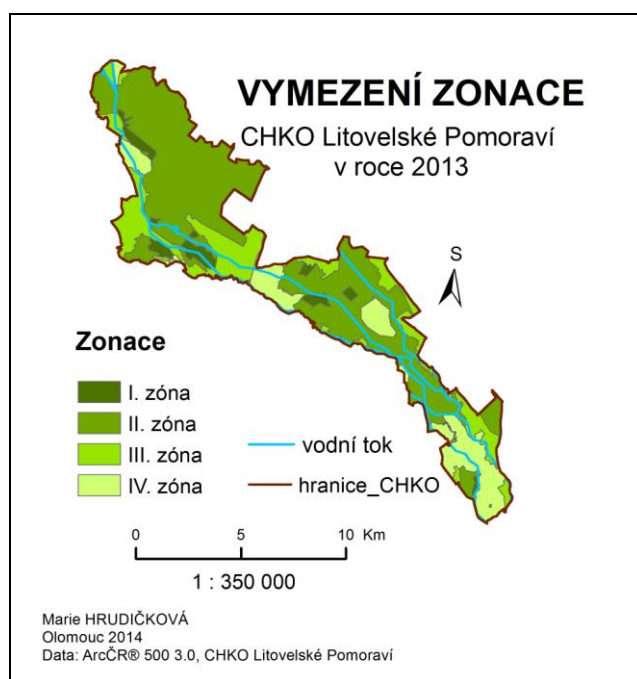
5 CHKO LITOVESLKÉ POMORAVÍ

Chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví vznikla 15. listopadu 1990. Rozkládá se podél údolní nivy řeky Moravy v jižní části Mohelnické Brázdy a severní části Hornomoravského úvalu, mezi městy Mohelnice a Olomouc. Přímo ve středu CHKO leží město Litovel. Celková rozloha území činí 95 km². Lesy tvoří 56 % území, zemědělská půda 17,5 %, louky 9,5 %, zastavené území a ostatní pozemky devět procent a vodní plochy osm procent. Řadí se mezi jednu z pěti nejmenších, ale zároveň i jednu z pěti nejstarších chráněných krajinných oblastí České republiky.

Již od vzniku CHKO je lesní porost v místech, kde je tvořen převážně smrkovými a topolovými monokulturami správou CHKO ve spolupráci s lesními hospodáři přeměňován. Stejně tak jsou zpětně zalesňovány plochy bývalých mysliveckých účelových ploch, jakými byly na tomto území například bažantnice či dančí obora.

Z hlediska zachovalosti biodiverzity lužního lesa je CHKO Litovelské Pomoraví posledním územím v České republice, kde jsou lužní les a dynamika řeky ve větší míře nenarušeny. Díky tomu tato oblast patří do Ramsarské konvence a Evropské ekologické sítě států EU (Šafář a kol., 2003). Území CHKO je dle stupně ochrany rozděleno do čtyř zón. V současné době zonace z roku 1990 neodpovídá dnešním přírodním podmínkám, proto je cílem CHKO do roku 2018 zóny opětovně vymezit tak, aby současným přírodním podmínkám odpovídaly. Na území CHKO leží i několik MZCHÚ (Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Litovelské Pomoraví na období 2009–2018, 2008).

Nejen pokryvu na území CHKO se ve své diplomové práci „Analýza vývoje krajinné struktury na území CHKO Litovelské Pomoraví“ věnoval na základě leteckého snímkování a terénního průzkumu J. Borek (2007).



Obr. 5.1 Mapa vymezení zonace CHKO Litovelské Pomoraví (zdroj: vlastní).

6 PŘEDZPRACOVÁNÍ DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ

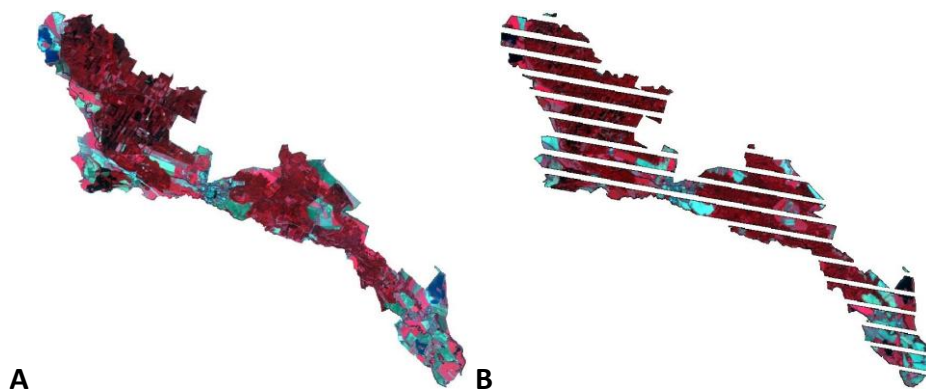
Před jakýmkoliv zpracováním družicových snímků, je vhodné provést jejich úpravy. Operátor tak předejde případným chybám, které by mohly výslednou interpretaci snímku ovlivnit. Tato kapitola pouze nastiňuje tuto problematiku. Data poskytovaná USGS, použitá v této práci nevyžadují úpravu pomocí radiometrických (kromě snímků Landsat 7) ani geometrické korekce.

6.1 Radiometrické korekce

Pomocí radiometrických korekcí dochází k úpravám radiometrických hodnot u těch pixelů, jejichž DN hodnota neodpovídá radiometrickým vlastnostem povrchu, který znázorňuje. Tyto chyby vznikají především špatnou kalibrací snímacího přístroje. V případě družicových snímků jsou kalibrační údaje uvedeny v metadatovém souboru.

Radiometrické hodnoty při porovnávání snímků ovlivňuje i roční doba jejich pořízení. Díky odlišné poloze Země během roku se mění i radiometrické hodnoty povrchů. Snímky mohou vykazovat i bitové chyby, což jsou DN hodnoty neodpovídající spektrálnímu chování daného povrchu. Pro Landsat 7 je typickou radiometrickou chybou páskování (více v kapitole 2.2). Páskování se odstraňuje pomocí Fourierových transformací. Novou metodu NSPI pro odstranění páskování publikoval Chen a kol. (2011), v současnosti nebyla dostatečně testována.

V tomto případě páskování zasahovalo i scénu na území CHKO, jak u řady 25, tak u řady 26. S těmito snímky nebylo pracováno, protože páskování zasahuje třetinu území (obr. 6.1) a vzhledem k velikosti území by korekce ovlivnily výsledky analýz.



Obr. 6.1 Porovnání snímku A) bez páskování (5. 8. 1984) B) s páskováním (2. 9. 2011)
(zdroj: vlastní).

6.2 Atmosférické korekce

Spektrální hodnoty jednotlivých pixelů (jejich DN hodnoty) ovlivňuje efekt atmosféry. Díky tomu DN hodnoty neodpovídají radiometrickým vlastnostem povrchů. Efekt atmosféry způsobuje především pohlcování a rozptyl elektromagnetického záření na kapkách vodní páry, dalších plynech a pevných částicích. Mezi nejčastější atmosférické efekty patří kouřmo či zákal. Existuje velké množství metod, které atmosférické korekce odstraňují.

Nejjednodušší metodou pro odstranění vlivu atmosféry je Metoda nejtmavšího pixelu. Jejím použitím, ale mohou být ovlivněny ostatní radiometrické hodnoty snímku. Další možností je využití regresní analýzy mezi družicovými a meteorologickými daty. Nejpresnější je použití atmosférických modelů. Pomocí nich jsou modelovány atmosférické podmínky v době pořízení snímku. Nejznámější modely jsou LOWTRAN, na něm založený MODTRAN. Na stránkách NASA <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov> je možné vypočítat parametry atmosférických korekcí pro jednotlivé snímky.

6.3 Geometrické korekce

Pomocí geometrických korekcí jsou odstraněny chyby zkreslující snímané území. Ke zkreslení dochází při pořizování snímků vždy. Bez geometrických korekcí by nebylo možné dále se snímkem pracovat.

Polohové chyby jsou dvojího typu, předvídatelné, což jsou chyby systematické. Mezi ty se řadí všechny chyby, které lze odstranit za pomoci údajů obsažených v metadatech. Mezi náhodné chyby patří topografické zkreslení. Tato chyba je způsobena výškovou členitostí snímaného terénu. U snímků pořízených družicemi Landsat jsou náhodné chyby nevýznamné.

V tomto případě byly poskytnuté snímky již geometricky upraveny a převedeny do souřadnicového systému WGS84 a zobrazení UTM ZONE 34 N. Po dohodě s vedoucím práce, nebyla družicová data převáděna do souřadnicového systému S-JTSK dle zadání práce. Převáděním snímků by mohlo dojít k větším odchylkám v geometrii jednotlivých snímků. Převedena byla pouze data, poskytnutá CHKO, v Křovákově zobrazení právě do UTM ZONE 34 N.

7 KLASIFIKACE SNÍMKŮ

7.1 Řízená klasifikace

Tato vybraná metoda na rozdíl od klasifikace neřízené umožňuje operátorovi vstupovat do průběhu klasifikace větší měrou, proto je tato metoda klasifikace všeobecně považována za přesnější. Před samotným začátkem klasifikace je nutné vytvořit klasifikační schéma. Při jeho vytváření je vždy nutné brát v potaz velikost a charakter území. Klasifikováno bylo sedm tříd – les, pole1, pole2, pole3, trava1, trava2 a vodní plochy. Vzhledem k tomu, že nebyla sledována samostatná třída zástavba výsledné hodnoty rozlohy tříd zemědělských ploch a travních porostů budou částečně ovlivněny.

7.1.1 Trénovací etapa

Tvorba trénovacích ploch je nejdůležitější fází celého procesu. Od kvality trénovacích ploch se odvíjí konečná úspěšnost či neúspěšnost klasifikace.

Jak uvádí Dobrovolný (1998), při vytváření trénovacích ploch je nutné dodržet podmínky, jež musí jednotlivé plochy splňovat. Každá vhodná trénovací plocha by měla mít:

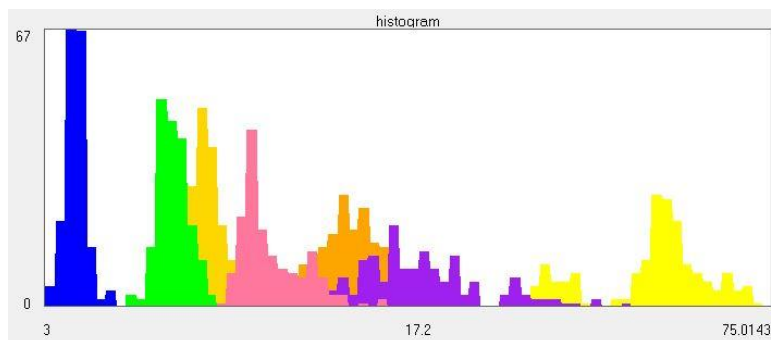
- dostatečný počet pixelů,
- vhodnou velikost,
- vhodnou polohu,
- vhodné umístění,
- vhodné rozmístění trénovacích ploch,
- míru homogenity z hlediska spektrálního chování.

Při tvorbě trénovacích ploch v této práci byla minimální velikost plochy stanovena na 150 pixelů, přičemž Campbell (1996) jako minimální velikost uvádí 100 pixelů. Vhodné je vytvořit větší počet menších trénovacích ploch (5–10), jež budou rovnoměrně rozložené na klasifikovaném území. V této klasifikaci byla každá třída tvořena vždy více jak pěti plochami, v závislosti daném snímku.

Vhodnou polohou je dle Campbell a Wynne (2011) myšlena vhodná lokalizace i v terénu. Trénovací plochy je vhodné umisťovat mimo okrajové části trénované třídy. Okrajové části například u vodních ploch obsahují v břehových částech tzv. mixely, jež by mohly negativním způsobem ovlivnit správnost klasifikace.

Umístění trénovacích ploch musí být rovnoměrné, předejde se tak chybám vzniklým jak vnějšími, tak i vnitřními okolnostmi. Mezi vnější vlivy patří osvětlení scény, mezi vlivy vnitřní vlivy patří odlišné radiometrické charakteristiky pro jeden povrch.

Homogenita trénovacích ploch byla v tomto případě zajištěna vytvořením většího počtu spektrálních pro sledovanou třídu, v případě polí a travnatých povrchů. Kontrola homogenity trénovacích tříd byla provedena pomocí histogramu. Pokud histogram nevykazuje normální rozdělení, spektrální třída není dostatečně homogenní (obr. 7.1).



Obr. 7.1 Ukázka histogramů trénovacích ploch (zdroj: vlastní).

7.1.2 Výběr klasifikátoru

Po definování trénovacích ploch je neméně důležitý výběr vhodného rozhodovacího pravidla, klasifikátoru.

Klasifikátor zatřídí prvky obrazu do vhodné třídy za předpokladu, že obrazové prvky shlukující ve stejné části spektrálního prostoru popisující stejné spektrální chování, reprezentují stejnou třídu. Klasifikátor pak na základě toho shluky vyhodnotí a přiřadí je k jednotlivým třídám. V ideálním případě jsou všechny obrazové prvky zatříděny přesně, avšak v reálné situaci mohou některé obrazové prvky náležet do více tříd. Správné zatřídění i těchto sporných pixelů je dáno vhodně zvoleným rozhodovacím pravidlem (Dobrovolný, 1998).

V této práci byl použit Klasifikátor maximální pravděpodobnosti (Maximum Likelihood) patřící mezi nejčastěji využívané klasifikátory. Použití tohoto klasifikátoru předpokládá, že pixely obsažené v trénovacích plochách mají normální rozdělení. V případě, že dojde k překrytí dvou či více tříd, je pro tyto pixely vypočítána pravděpodobnost příslušnosti ke všem navzájem se překrývajícím třídám. Pixely jsou pak zatříděny dle těchto vypočítaných hodnot. Pokud hodnota pravděpodobné příslušnosti pixelu klesne pod předem zvolenou mez, bude tento pixel označen za nezařazený. Tento klasifikátor podává velmi dobré výsledky, pokud jsou trénovací plochy dostatečně reprezentativní.

7.1.3 Hodnocení klasifikace

Po provedení klasifikace, ať už řízené či neřízené, je vždy nutné provést její hodnocení. I přes kontrolu u výběru trénovacích ploch a volby nejvhodnějšího klasifikátoru se často stává, že ne všechny pixely jsou zařazeny do správné třídy.

Campbell (1996) rozlišuje několik skupin, kdy se chybně zatříděné pixely:

- mohou ve výsledném rastru vyskytovat v pravidelném prostorovém uspořádání (nevyskytují se náhodně),
- vyskytují s určitou třídou,
- ve většině případů nevyskytují osamoceně, ale ve skupinách
- vážou na typické části klasifikovaného rastru.

Samotnému hodnocení klasifikace předchází výběr referenčních dat. Pro každý snímek bylo v tomto případě vygenerováno 350 bodů. Kdy každý bod reprezentuje jeden pixel. Zároveň bylo nastaveno, aby každé ze sedmi tříd náleželo minimálně 10 bodů. Bylo tak zajištěno co nejobektivnější hodnocení klasifikace. Pokud, že by toto pravidlo nebylo nastaveno, náhodně generované body by nemusely padnout do všech tříd.

Referenčním bodům byla přiřazena číselná hodnota zastupující jednu ze sedmi tříd. Následně byla zkontrolována správnost zatřídění bodů. V případě, že byly některé z bodů zatříděny nesprávně, bylo nutné tyto chybné pixely ručně zatřídít do správné třídy. Po dokončení hodnocení referenčních ploch byla vygenerována chybová matice (tab. 4) a hodnocení klasifikace. Sloupce chybové matice reprezentují referenční data, řádky pak data klasifikovaná a v diagonále jsou uvedeny počty správně zatříděných pixelů. Na základě takto vygenerované chybové matice je dále vypočítána přesnost, s jakou byla klasifikace provedena.

Tab. 4 Chybová matice pro snímek 20. 9. 2003 (zdroj: vlastní)

Chybová matice pro snímek 20. 9. 2003									
	Neklas.	Voda	Les	Trava1	Trava2	Pole1	Pole2	Pole3	Celkem
Neklas.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Voda	0	10	0	0	0	0	0	0	10
Les	0	1	187	5	3	0	0	0	196
Traviny1	0	0	0	38	1	1	0	0	40
Traviny2	0	0	0	1	30	0	0	0	31
Pole1	0	0	2	0	0	16	0	0	18
Pole2	0	0	0	0	1	0	22	1	24
Pole3	0	0	0	0	0	0	2	29	31
Celkem	0	11	189	44	35	17	24	30	350

V tomto případě byly vytvořeny kromě celkového hodnocení úspěšnosti klasifikace i hodnocení úspěšnosti pro jednotlivé třídy. Pro každou třídu je vypočítána procentuální přesnost procentuální přesnost z hlediska zpracovatele a uživatele (tab. 5).

Tab. 5 Tabelární podoba hodnocení klasifikace snímku z 20. 9. 2003 (zdroj: vlastní)

Hodnocení úspěšnosti klasifikace pro snímek z 20. 9. 2003					
	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer Accuracy	Users Accuracy
Nezařazené	0	0	0	x	x
Voda	11	10	10	90,91 %	100,00 %
Les	189	196	187	98,94 %	95,41 %
Traviny1	44	40	38	86,36 %	95,00 %
Traviny2	35	31	30	85,71 %	96,77 %
Pole1	17	18	16	94,12 %	88,89 %
Pole2	24	24	22	91,67 %	91,67 %
Pole3	30	31	29	96,67 %	93,55 %
Celkem	350	350	332	x	x
Overall Classification Accuracy: 94,86 %					

Tato hodnocení jsou do jisté míry ovlivněna výběrem referenčních dat. Čím více dat (pixelů) do hodnocení vstupuje, tím je výsledné hodnocení relevantnější (Congalton, 1991). Minimální výsledná hodnota hodnocení byla stanovena na 85 %.

Ve většině případů se výsledek pohyboval nad 90 %. Pouze pro snímek pořízený 4. 8. 1986 byla celková přesnost 87,43 % (tab. 6).

Tab. 6 Tabelární podoba hodnocení klasifikace snímku ze 4. 8. 1986 (zdroj: vlastní)

Hodnocení úspěšnosti klasifikace pro snímek ze 4. 8. 1986					
	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer Accuracy	Users Accuracy
Nezařazené	0	0	0	x	x
Voda	14	10	10	71,43 %	100,00 %
Les	165	160	151	91,52 %	94,38 %
Traviny1	36	31	29	80,56 %	93,55 %
Traviny2	40	44	33	82,50 %	75,00 %
Pole1	38	29	29	76,32 %	100,00 %
Pole2	27	42	24	88,89 %	57,14 %
Pole3	30	34	30	100,00 %	88,24 %
Celkem	350	350	306	x	x
Overall Classification Accuracy: 87,43 %					

Klasifikace byla zhodnocena i pomocí Kappa koeficientu. Pomocí něj je porovnávána klasifikace provedená provedenou pomocí vybraného klasifikátoru s klasifikací, kdy dochází k náhodným zařazením pixelů do tříd dle vzorce

$$\kappa = PP - PO / 1 - PO \quad (1)$$

kde:

- κ Kappa koeficient
- PP přesnost pozorovaná (určená z chybové matice)
- PO přesnost dosažitelná čistě náhodným zařazením pixelů do jednotlivých tříd.

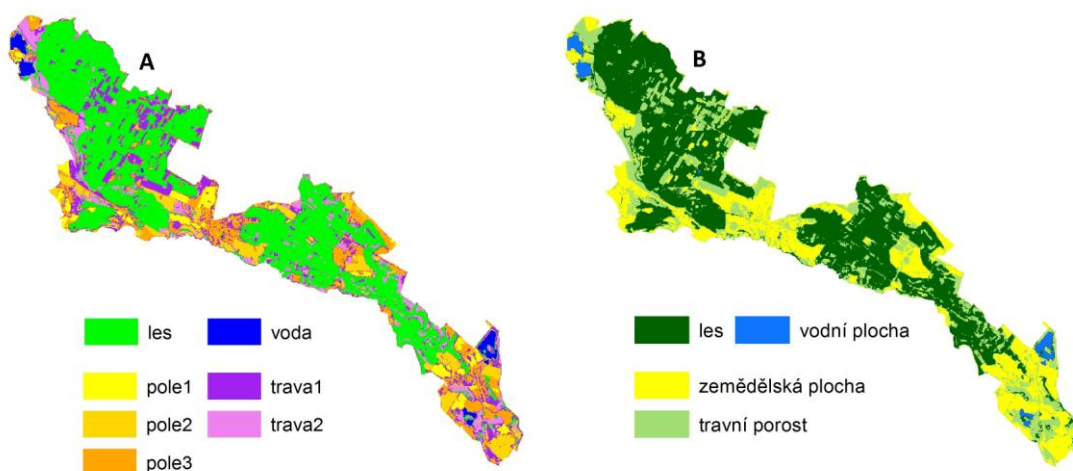
Výsledná hodnota Kappa koeficientu se pohybuje v rozmezí (0, +1). Platí, že čím vyšší je jeho hodnota, tím přesnější klasifikace je. Na rozdíl od chybových matic není hodnota koeficientu udána v procentech, ale pomocí bezrozměrného čísla. V případě, že bude hodnota koeficientu 0,9201, znamená to, že klasifikace byla úspěšná a operátor se vyvaroval téměř 90 % chyb. Kappa koeficient lze taktéž vypočítat jak pro všechny třídy vyskytující se ve výsledném rastru, tak i pro jednotlivé třídy (tab. 7).

Tab. 7 Výsledky Kappa koeficientu pro snímek Landsat 7 z 20. 9. 2003 (zdroj: vlastní)

Kappa koeficient pro snímek z 20. 9. 2003	
Třída	Kappa koeficient
Nezařazené	0,0000
Voda	1,0000
Les	0,9002
Traviny1	0,9428
Traviny2	0,9642
Pole1	0,8832
Pole2	0,9105
Pole3	0,9294
Kappa koeficient	0,9219

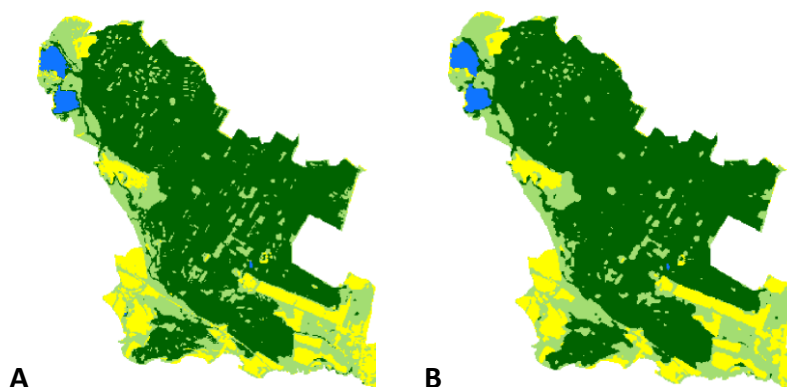
7.2 Postklasifikační úpravy a filtrace

Provedení postklasifikační úpravy je ve většině případů nutné. Při sestavování klasifikačního schématu je počet spektrálních tříd obvykle vyšší než výsledný počet tříd v tematické mapě, která je výsledkem celého procesu klasifikace. I v tomto případě do klasifikace vstupovalo více spektrálních tříd, jež byly sloučeny do jedné třídy (obr. 7.2). Sloučeny byly informační třídy – Trava1 a Trava2 za vzniku nové třídy „Travní porost“ a třídy – Pole1, Pole2 a Pole3 za vzniku třídy „Zemědělská plocha“.



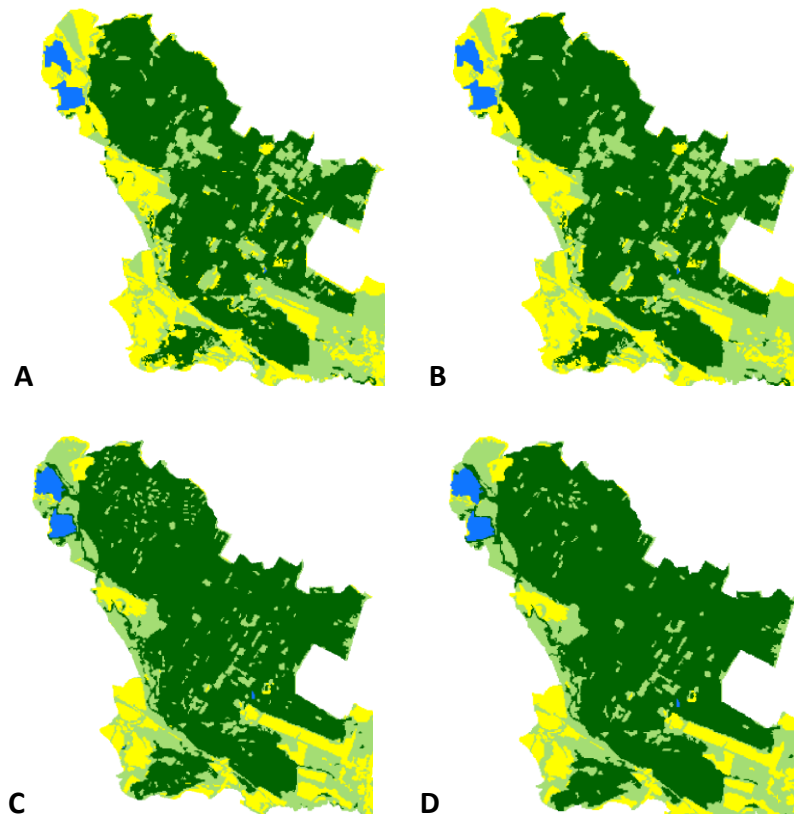
Obr 7.2 Porovnání snímku Landsat 5 z 23. 8. 1987 A) klasifikace B) posklasifikační úpravy (zdroj: vlastní).

Po těchto úpravách byla provedena filtrace, pomocí níž byly odstraněny osamocené pixely a klasifikovaný rastr byl shlazen. Klasifikace bývají upravovány nejčastěji dvěma typy filtrů – modálním a sieve filtrem. I přes to, že je modální filtr využíván častěji, v tomto případě byl použit sieve filtr. Při použití modálního filtru by došlo, v případě snímků z posledních let (zejména pro snímky z roku 2003 a 2006), ke shlazení velkého počtu vzniklých holin (obr. 7.3). Což by mohlo vést ke špatné interpretaci výsledné tematické mapy (Příloha 4).



Obr. 7.3 Snímek Landsat 5 z 3. 8. 2003 A) klasifikace B) majoritní filtr 3x3 (zdroj: vlastní).

Výhodou sieve filtru je stanovení maximální velikosti detekovaného shluku určeného ke shlazení. Díky tomu nejsou ve výsledku shlazená místa, jež jsou podstatná pro další interpretaci území, v tomto případě holiny menších rozloh. Prahová hodnota byla v tomto případě stanovena tři pixely. Při nastavení vyšší prahové hodnotě by došlo ke shlazení i malých holin detekovaných zejména na snímku z roku 2003, jejichž velikost se rapidně snížila v porovnání s holinami na snímcích z 80. let (obr. 7.4).

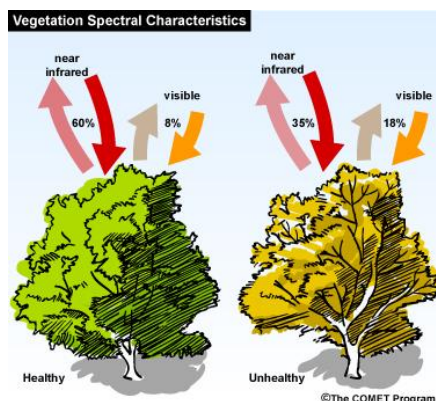


Obr. 7.4 Porovnání výsledků filtrace s použitím různě velkých prahových hodnot filtru
 snímek 5. 8. 1984 A) Eliminate min. 3 px B) Eliminate min. 6 px
 snímek 3. 8. 2003 C) Eliminate min. 3 px D) Eliminate min. 6 px (zdroj: vlastní).

8 KVALITATIVNÍ HODNOCENÍ

Pro kvalitativní hodnocení vegetačního pokryv v CHKO byly zvoleny dvě metody, NDVI a Detekce změn. Obě tyto metody využívají spektrálního chování vegetačního pokryvu v červené části viditelného spektra a v části blízkého infračerveného spektra.

Ve viditelné červené části spektra zdravá vegetace odráží pouze 10–20 % dopadající záření, v blízké infračervené části spektra je vegetací odražena téměř polovina dopadající záření, 40–50 %. Odrazivost je proměnlivá i díky zdravotnímu stavu vegetace (obr. 8.1).



Obr. 8.1 Odrazivost dle zdravotního stavu vegetace (zdroj: <http://www.goes-r.gov>).

8.1 NDVI

Pro kvalitativní hodnocení vegetačního porostu byl vybrán NDVI vegetační index, jež je hojně používán pro hodnocení zdravotního stavu vegetačního pokryvu. Původně byl použit v analýzách z dat systému Landsat, postupně byl ovšem používán i na datech pořízených jinými družicovými systémy například družicí NOAA (Dobrovolný, 1998).

Index NDVI je jednou z modifikací poměrového vegetačního indexu

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{VIS}}{\text{NIR} + \text{VIS}} \quad (2)$$

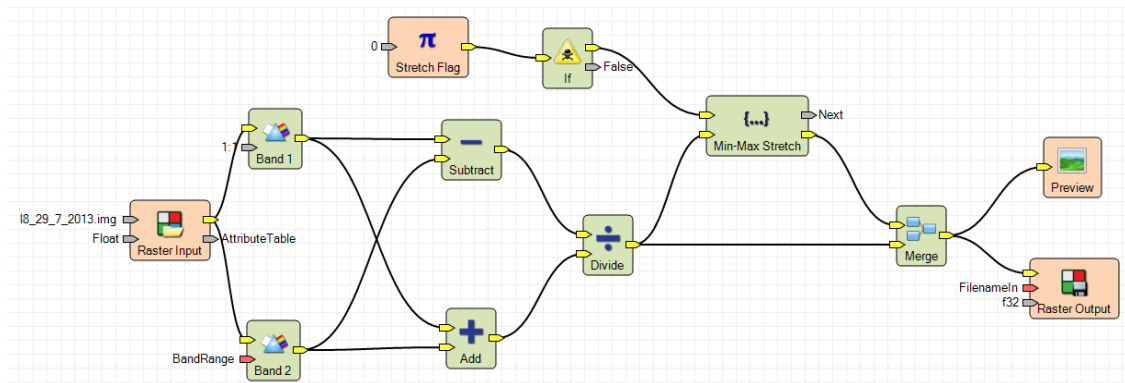
kde:

NIR pásmo blízké infračervené části spektra

VIS pásmo červené části spektra

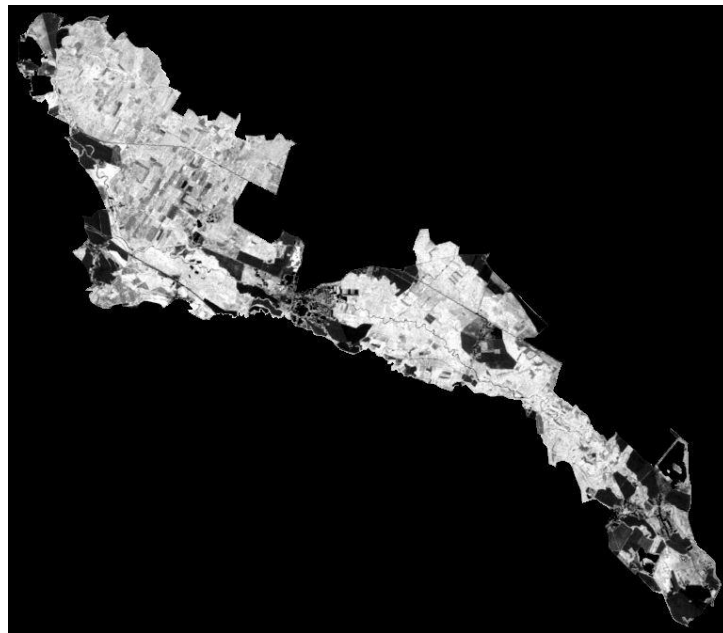
Výsledné hodnoty NDVI se pohybují v intervalu (-1;+1), přičemž hodnoty blíží se jedné zastupují oblasti největší možné hustoty zelených listů v rámci území, oproti tomu hodnoty blíží se mínus jedna reprezentují území bez vegetačního krytu. Právě proto je tento index hojně využíván (Xie et al. 2008).

Tento vegetační index byl vypočítán pomocí modelu (Obr. 8.2).



Obr. 8.2 Model pro výpočet NDVI (zdroj: vlastní).

Výhodou tohoto modelu oproti výpočtu pomocí mapové algebry je úprava histogramu výsledného snímku pomocí funkce Min–Max Stretch. Při výpočtu hodnot vegetačních indexů ze snímků Landsat 8 bylo nutné vzít v potaz rozdíl v číslování pásem multispektrálního snímku oproti snímkům z předchozích družic Landsat (kapitola 3.4).



Obr. 8.3 NDVI CHKO Litovelské Pomoraví (zdroj: vlastní).

8.2 Detekce změn

V tomto případě se jedná o bitemporální detekci změn. Pro tento typ detekce jsou porovnány dva po sobě jdoucí rastry. Jak uvádí Campbell a Wynne (2011), rastry, které jsou porovnávány, by měly:

- pocházet ze stejných nebo stejně kalibrovaných senzorů,
- být pořízené ve stejné době (minimalizují se tak rozdíly mezi jednotlivými vegetačními fázemi),
- být shodně referencované (nejlépe dvě setiny pixelu a méně),
- být bez oblačnosti,

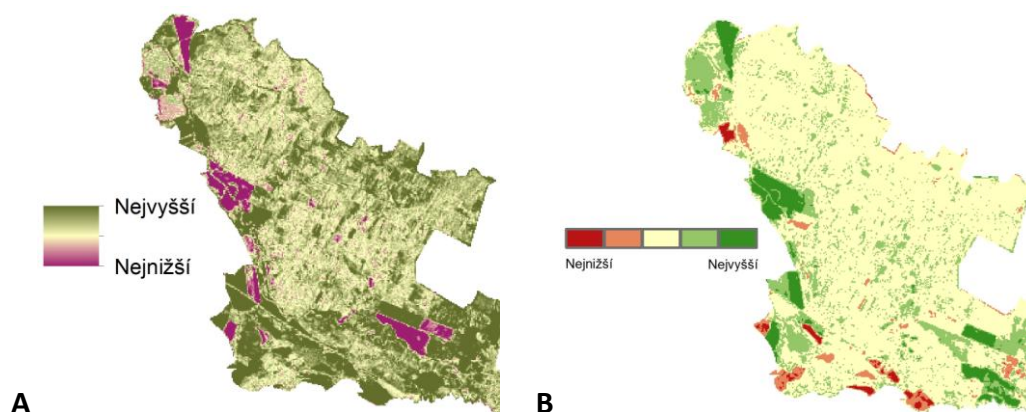
- být upraveny pomocí odrazivosti Top Of Atmosphere nebo odrazivosti povrchu,
- by měly být bez dalších vlivů, jež nejsou předmětem detekce změn.

Všechny tyto podmínky je ovšem obtížné dodržet.

Pro detekci změn byl použit nástroj Change Detection fungující na principu mapové algebry, kdy jsou od sebe odečteny dva po sobě jdoucí rastry.

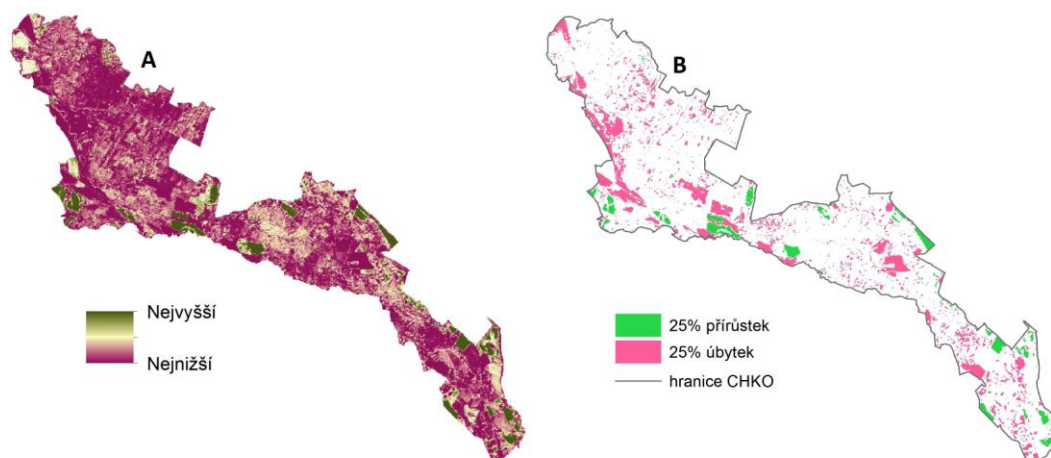
Tímto nástrojem byly porovnány snímky blízkého infračerveného pásma. Právě v tomto pásmu vegetace odráží až 50 % dopadajícího světla. Zvoleny byla pásma B4, pro snímky Landsat 4, Landsat 5 a Landsat 7. Pro Landsat 8 pak bylo použito pásmo B5.

Výsledné rastry charakterizují rozdíly mezi dvěma rastry po sobě jdoucími. Změny ve vegetačním pokryvu jsou pomocí této metody detekovatelné taktéž (obr. 8.4).



Obr. 8.4 Rozdíl hodnot pro snímky 1992 a 1994 A) Change detection B) NDVI (zdroj: vlastní).

Výhodou tohoto nástroje je vytvoření samostatného rastru charakterizující kladné a záporné změny ve sledovaném území, jejichž prahová hodnota je zadána operátorem. Odpadá tedy případné prahování snímku. V tomto případě byla nastavena prahová hodnota 25 % (obr. 8. 5).



Obr. 8.5 Porovnání detekce změn 2006–2009 A) rastr B) prahové hodnoty (zdroj: vlastní).

9 VÝSLEDKY

9.1 Řízená klasifikace

Metodou řízené klasifikace bylo vytvořeno na základě klasifikátoru Maximální pravděpodobnosti 12 rastrů. Přesnost klasifikace byla zhodnocena pomocí – procentuální úspěšnosti klasifikace, kdy nejvyšší dosažená hodnota přesnosti byla 94,56 % a naopak nejnižší 87,43 % (tab. 8), pomocí Kappa koeficientu, kdy nejvyšší hodnota byla 0,9244 a nejnižší 0,8286 (tab. 9).

Tab. 8 Hodnocení úspěšnosti pomocí procentuální přesnosti klasifikace (zdroj: vlastní)

Celkové hodnocení úspěšnosti klasifikace použitých snímků					
Datum	Výsledek [%]	Datum	Výsledek [%]	Datum	Výsledek [%]
5. 8. 1984	92,70	10. 9. 2000	93,43	21. 7. 2010	93,43
4. 8. 1986	87,43	3. 8. 2003	93,14	29. 7 2013	92,27
23. 8. 1987	92,86	20. 9. 2003	94,86	x	x
28. 8. 1992	94,00	12. 9. 2006	91,71	x	x
1. 8. 1994	94,57	27. 9. 2009	91,14	x	x

Tab. 9 Hodnocení úspěšnosti klasifikace pomocí Kappa koeficientu (zdroj: vlastní)

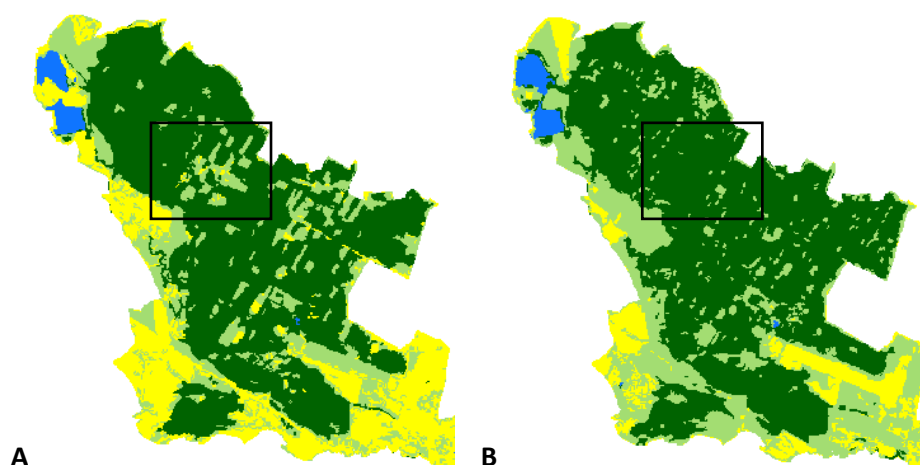
Celkové hodnocení úspěšnosti klasifikace použitých snímků					
Kappa koeficient					
Datum	Koeficient	Datum	Koeficient	Datum	Koeficient
5. 8. 1984	0,8972	10. 9. 2000	0,9040	21. 7. 2010	0,8779
4. 8. 1986	0,8286	3. 8. 2003	0,8975	29. 7 2013	0,8953
23. 8. 1987	0,9009	20. 9. 2003	0,9219	x	x
28. 8. 1992	0,9134	12. 9. 2006	0,8821	x	x
1. 8. 1994	0,9244	27. 9. 2009	0,8691	x	x

Nejhorších výsledků hodnocení klasifikace dosáhla ta ze 4. 8. 1986. A to jak dle procentuálního hodnocení úspěšnosti (87,43 %), tak i dle Kappa koeficientu ($\kappa = 0,8286$). V případě procentuálního hodnocení klasifikace byla nejlépe ohodnocena klasifikace snímku z 20. 9. 2003 (94, 86 %). Podle Kappa koeficientu však klasifikace tohoto snímku nebyla nejlépe ohodnocena ($\kappa = 9219$). Nejlepší hodnocení pomocí Kappa koeficientu měl snímek z 1. 8. 1994, kdy se hodnota Kappa koeficient rovnala 0,9244. Procentuálním hodnocením úspěšnosti byla klasifikace tohoto snímku ohodnocena 94,57 %.

V rámci postklasifikačních úprav byly třídy reprezentující jednotlivé typy plodin a travnatých ploch v každém rastru sloučeny a rastry byly shlazeny pomocí sieve filtru s prahovou hodnotou tři pixely.

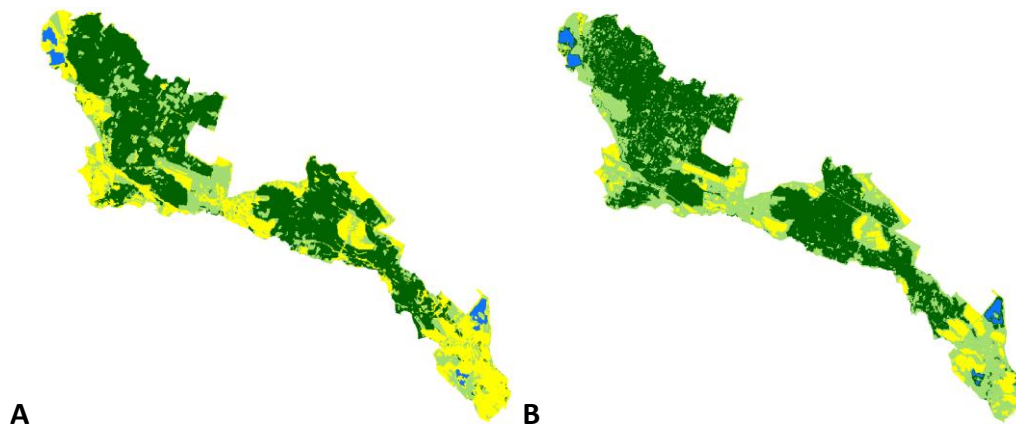
Potvrdil se trend změny těžby dřeva v CHKO Litovelské Pomoraví. Holiny detekované v 80. letech byly ve většině případů pozůstatky odtěžování lip postižených malolistnatostí lip, která v 70. letech kalamitně zasáhla území Doubravy. Po vzniku CHKO bylo území rozděleno na čtyři zóny v závislosti na možnostech zásahu do lesních porostů. V závislosti na tomto rozdělení byla upravena i možnost těžby dřeva.

Při porovnání snímků z 80. let je patrné navíc zalesnění dančí obory, jež se na území nacházela (obr. 9.1).



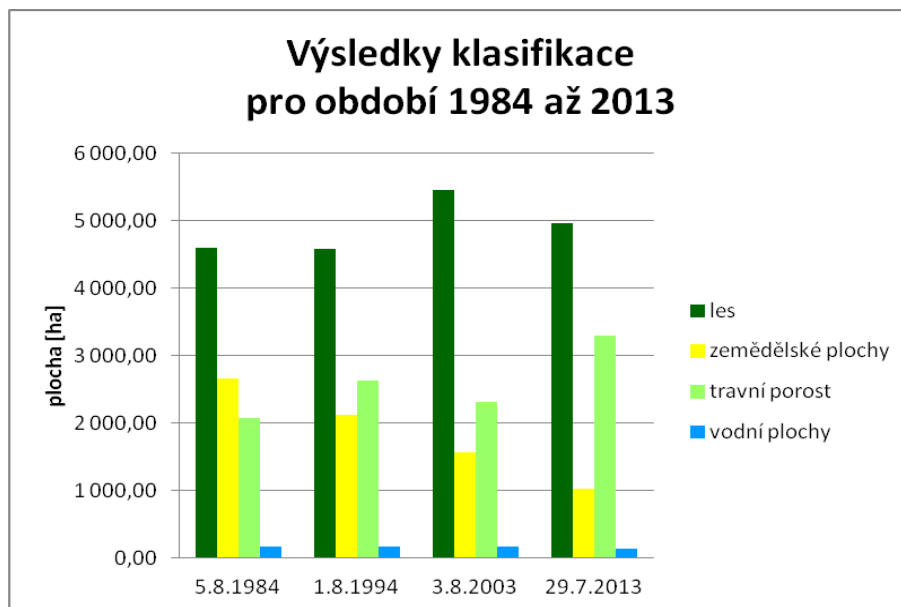
Obr. 9.1 Viditelné zalesnění dančí obory A) 1986 B) 2009 (zdroj: vlastní).

Trendem posledních 15 let je těžba menší plochy lesa na více místech současně a následná výsadba druhově podobná původnímu lesu, jež má být ponechána plně bez lidského zásahu (obr. 9.2). Důvodem, proč je upouštěno od kácení velkého množství dřeva za vzniku, až několikahektarových holin, je dlouhodobě nastavené plánování vegetačního pokryvu na území CHKO. Kácení velkého množství lesního porostu by bylo v rozporu s Plánem péče CHKO Litovelské Pomoraví, který přesně stanovuje limity pro těžbu dřeva.



Obr. 9.2 Vegetační pokryv pro snímky A) 5. 8. 1984 B) 29. 7. 2013 (zdroj: vlastní).

Z grafu (obr. 9.3) je patrné, že plocha lesa od roku 1984 do počátku 90. let spíše stagnovala. Oproti tomu velký nárůst je patrné právě po vzniku CHKO, kdy se rozloha lesního porostu začala rapidně zvyšovat, z důvodu zalesňování četných holin vzniklých právě v 80. letech a celkové obnovy lesa. Dle grafu lze usoudit, že v blízké době docházelo opět k navyšování těžby.



Obr. 9.3 Vývoj rozlohy sledovaných tříd mezi lety 1984 až 2013 (zdroj: vlastní).

V grafu (obr. 9.3) lze pozorovat znatelný pokles rozlohy zemědělských ploch, což potvrzuje fakt, že pole v CHKO byly v minulosti přeměňovány na místa trvalého bezlesí (třída travní porost). Přesnost výsledků klasifikace je dána hlavně povolenou druhovou skladbou pěstovaných plodin. V tomto případě většina orné půdy leží ve III. zóně CHKO. Díky čemuž je na těchto plochách pěstované převážně obilí. Kukuřice, řepka ozimá, vojtěška a další píce jsou na těchto plochách pěstované zřídka. Zbylá orná půda nacházející se v zóně I. je určena k obhospodařování trvalých travních porostů.

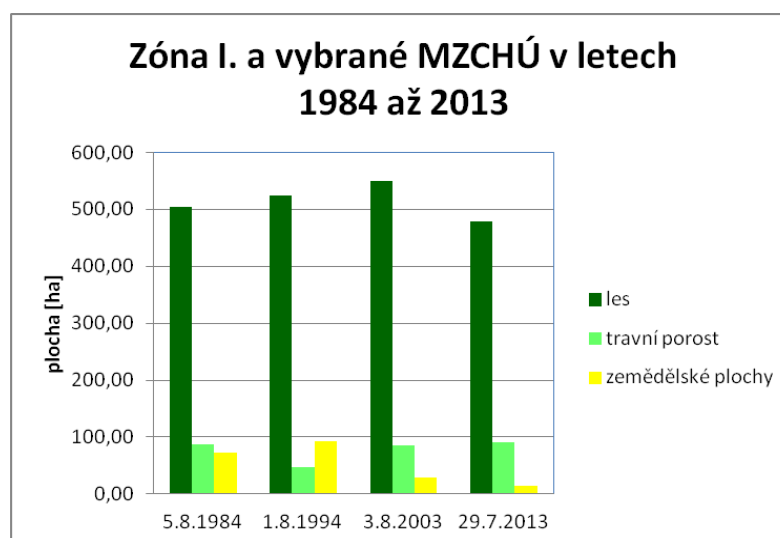
Při tvorbě klasifikačního schématu, byla do třídy zemědělských ploch v tomto případě zahrnuta pouze pole, na nichž nejsou pěstovány pícniny či jiné vyživovací rostliny s podobným spektrálním chováním, jakou je například řepa. Právě díky tomu, že tyto rostliny mají podobné spektrální chování jako trvale travní porosty či louky, nebylo možné je, v tomto případě, od sebe nijak odlišit. Reálná rozloha zemědělských ploch tedy bude vyšší, než je hodnota stanovená na základě výsledků řízené klasifikace. V tomto případě je pro rok 2013 na základě klasifikace stanovená rozloha zemědělských ploch 2 487 ha (tab. 10), oficiálně udávaná hodnota je ovšem 2 500 ha. Fakt, že hodnoty vzešlé z klasifikace lze brát pouze orientačně (jedná se o přibližné hodnoty), dokazuje rozdílná hodnota rozlohy vodních ploch. Hodnoty v případě hlavní časové řady (1984–2013) oscilují kolem hodnoty 150 ha, to může být způsobeno, jak vzrostou břehovou vegetací, jež v hlavním vegetačním období stíní vodní hladinu, tak i vzrostlou litorální vegetací v břehových částech, ale i kolísající výškou hladiny vodních ploch.

V současné době dochází opět k lehkému navyšování těžby dřeva, což je dáno neustálou přeměnou lesa, kdy jsou primárně káceny nepůvodní druhy stromů, jako je dub červená nebo trnovník akát. Z důvodu onemocnění jasanu jsou v současnosti káceny i tyto porosty (Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Litovelské Pomoraví na období 2009–2018, 2008).

Tab. 10 Rozlohy pro časovou řadu 1984 až 2013 (zdroj: vlastní)

Klasifikace v letech 1984– 2013								
Rozloha [ha]					Změna rozlohy [%]			
	1984	1994	2003	2013		1984 1994	1994 2003	2003 2013
Les	4 622	4 634	5 809	5 476	Les	0,3	25,4	-5,7
Travní porost	2 788	2 018	1 977	1 291	Travní porost	-27,6	-2,0	-34,7
Zemědělská plocha	1 926	2 660	1 564	2 487	Zemědělské plocha	-41,2	-41,2	59,1
Vodní plocha	163	187	150	151	Vodní plocha	14,7	-1,9	1,1

Na základě doporučení pana Mgr. Jiřího Poláška z CHKO Litovelské Pomoraví byly srovnány rozlohy jednotlivých klasifikovaných tříd na území Zóny I. a vybraných MZCHÚ (NPR Třesín, NPR Vrapač a NPR Ramena řeky Moravy). Právě tyto plochy patří mezi bezzásahová území a příroda je v nich ponechána přirozenému vývoji. (tab. 11). Na tomto území je patrný úbytek zemědělské plochy na úkor travního porostu (obr. 9.4).



Obr. 9.4 Území zóna I. a MZCHÚ (zdroj: vlastní).

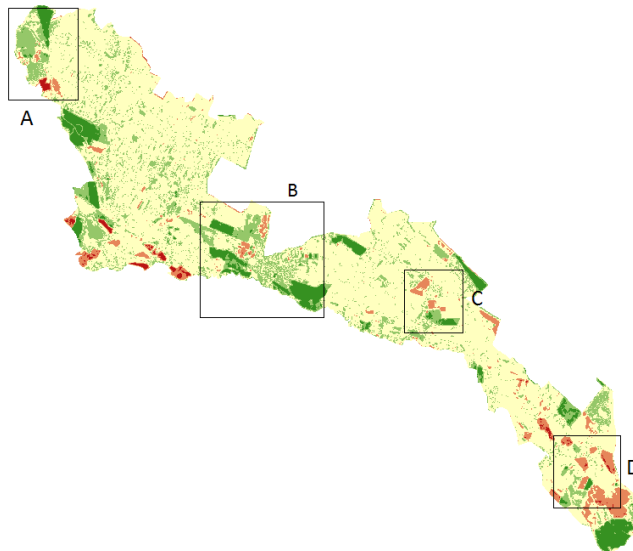
Tab. 11 Rozlohy na území zóna I. a MZCHÚ pro časovou řadu 1984 až 2013 (zdroj: vlastní)

Zóna I. a vybraných MZCHÚ v letech 1984– 2013								
Rozloha [ha]					Změna rozlohy [%]			
	1984	1994	2003	2013		1984 1994	1994 2003	2003 2013
Les	503,9	523,62	550,5	478,1	Les	3,9	5,1	-13,2
Travní porost	86,2	46,62	84,8	90,8	Travní porost	-45,93	-81,85	7,2
Zemědělská plocha	73,2	93,1	30,0	15,4	Zemědělská plocha	28,18	-69,92	-48,7

9.2 NDVI

Aplikací vegetačního indexu NDVI detekovány kvalitativní změny vegetačního pokryvu v daném území. Hodnoty NDVI se u jednotlivých časových řad odlišují, čímž potvrzují měnící se spektrální odrazivost rostlin během vegetační sezóny.

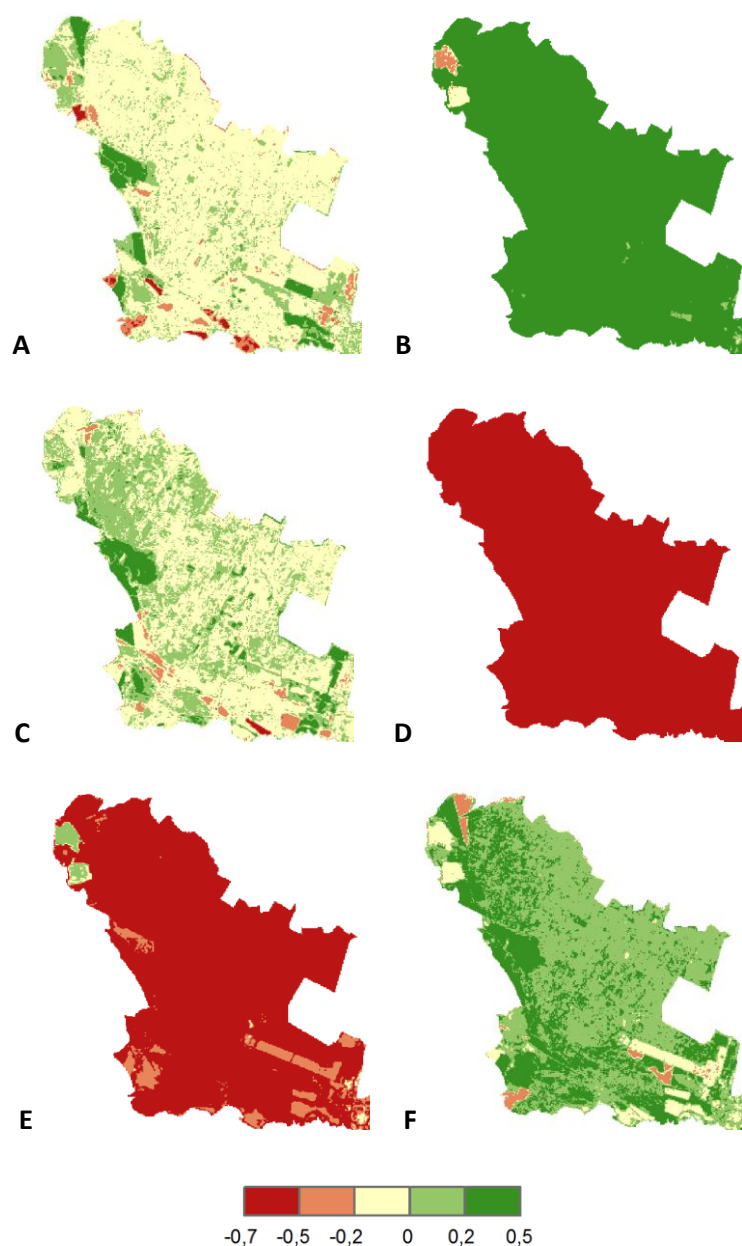
Rastry reprezentující změny hodnot NDVI poukazují na kvalitativní změnu stavu vegetačního pokryvu. Velmi snadno jsou detekovatelná místa zemědělských ploch. To z důvodu měnící se druhové skladby pěstovaných rostlin na jednotlivých zemědělských lokalitách (obr. 9.5). Tyto plochy jsou nejvíce v severovýchodní části CHKO (A), kde kromě zemědělských ploch je jasně detekovatelná i vodní plocha, dále ve střední části v okolí města Litovel (B), v jihovýchodní části kolem obce Střeň (C) a neposlední řadě v jižní části (D) v okolí obcí Horka nad Moravou a Chomoutov.



Obr. 9.5 NDVI (zdroj: vlastní)

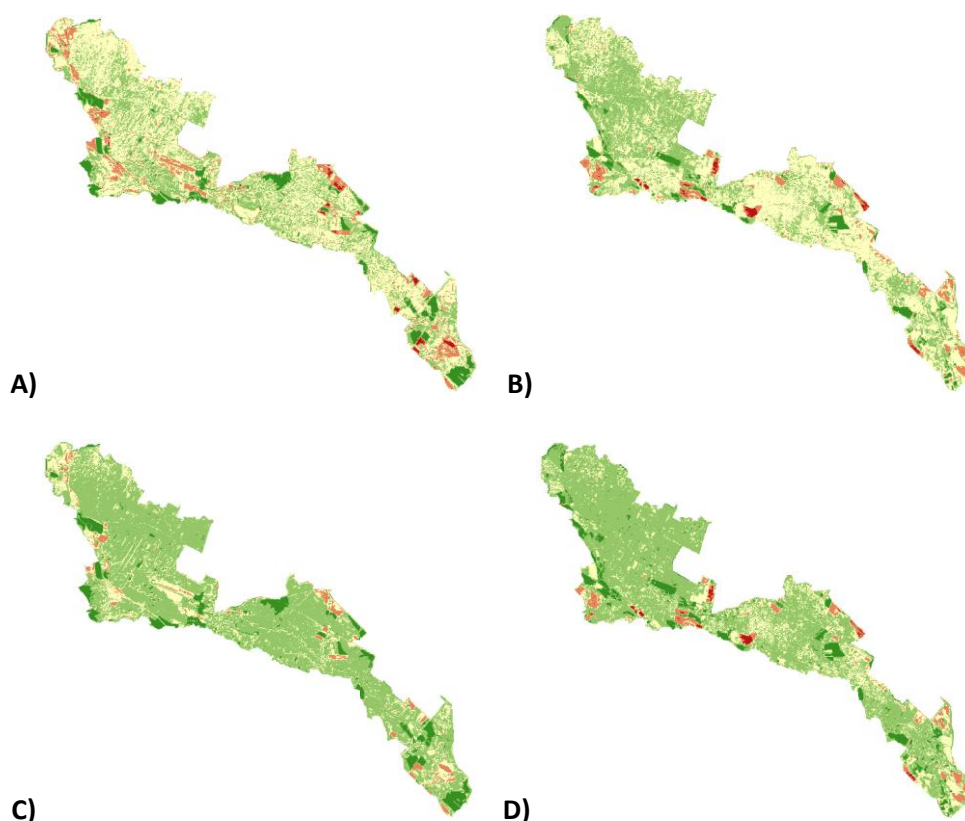
Problém, který u hodnocení pomocí vegetačního indexu NDVI nastal, bylo porovnávání snímků pořízených pomocí odlišných senzorů. Pokud by bylo intervalové měřítko nastaveno stejně pro všechny výsledné rastry, výsledné mapové výstupy by u rastrů vzniklých porovnáním snímků ze dvou odlišných senzorů neměly žádnou

vypovídající hodnotu (obr. 9.6). Proto nejsou v tomto případě mapové výstupy vizualizovány pomocí jednotné legendy. Výsledky (Příloha 16–20) proto nelze vizuálně porovnávat. Došlo by k mylnému hodnocení změn vegetace.



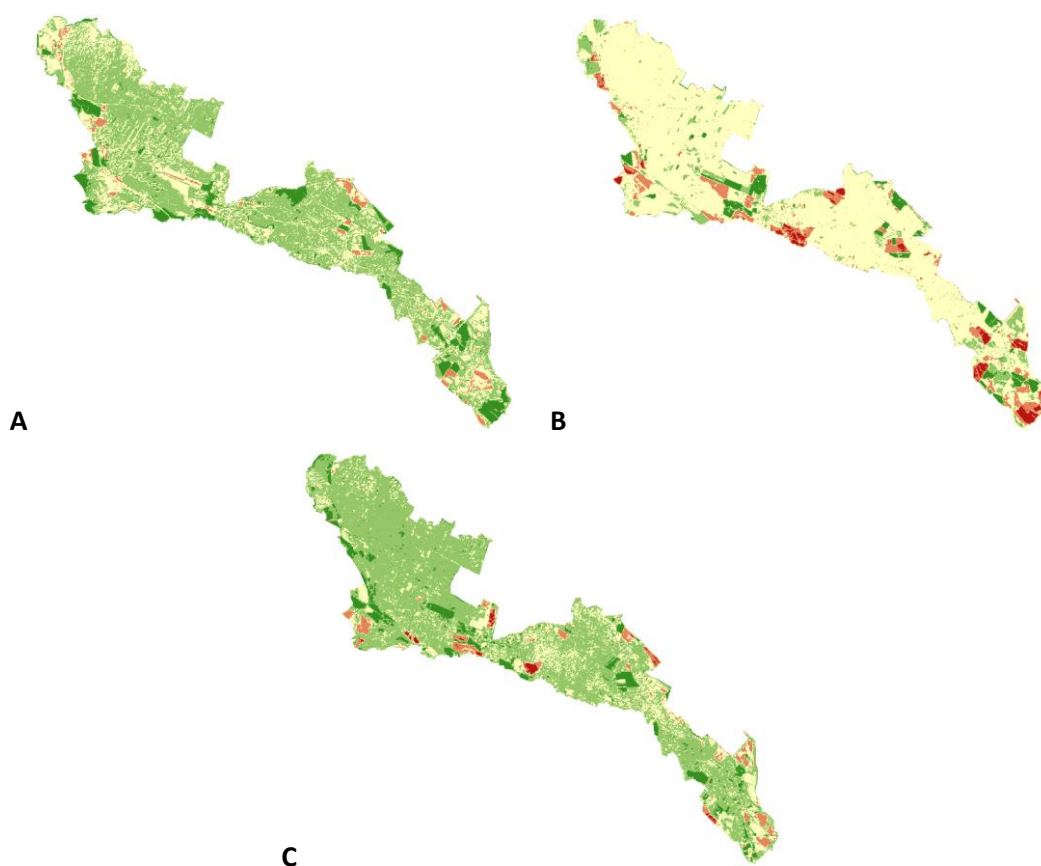
Obr. 9.6 Porovnání výsledků NDVI při použití jednotné legendy
 A) 1992–1994 B) 1994–2003 C) 2000–2003 D) 2003–2006 E) 2003–2013 F) 2010–2013
 (zdroj: vlastní).

Ve většině případů byly snímky pořízeny družicí Landsat 5. Změny hodnot NDVI by bylo možné zobrazit pomocí jednotné legendy (obr. 9.6). Ovšem hodnoty NDVI mohou být ovlivněny sezónními rozdíly – snímky pro roky 1984 a 1986 byly pořízeny na začátku srpna, snímky pro roky 2006 a 2009 byly pořízeny naopak až v září (obr. 9.7).



Obr. 9.7 Porovnání výsledků NDV s rozdílnou (A, B) a jednotnou legendou (C, D)
 A) 1984–1986 B) 2006–2009 C) 1984–1986 D) 2006–2009 (zdroj: vlastní).

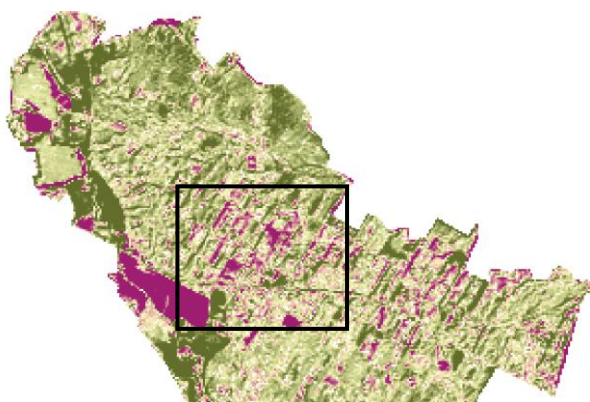
Pokud se při hodnocení změn vegetačního pokryvu pomocí NDVI výsledky omezí pouze na data pořízená pomocí jednoho typu senzoru, v tomto případě Landsat 5, bude možné porovnávat pouze tři mapové výstupy (obr. 9.8). U rastru A (1984–1986) převažují na území lesa kladné hodnoty. Dá se tedy usoudit, že hodnoty NDVI pro rok 1986 jsou podstatně nižší než pro rok 1984. Vzhledem k faktu, že snímky byly pořízeny shodně na začátku měsíce srpna (5. 8. 1984 a 4. 8. 1986), dá se usoudit, že vegetace na území CHKO mezi lety 1984–1986 vykazovala kladnou změnu. Oproti tomu rastr B pro roky 1986–1987 na území lesa nevykazuje rozdíly téměř žádné. V severní části CHKO jsou ovšem detekovatelná místa nově vzniklých holin. U rastru B se s největší pravděpodobností projevuje velký časový rozestup mezi daty při pořízení snímků. Snímek pro rok 1986 byl pořízen na začátku měsíce srpna (4. srpna), naopak snímek pro rok 1987 byl pořízen na sklonku měsíce srpna (23. srpna). Kladné hodnoty indikují úbytek chlorofylu v listech stromů u snímku z roku 1987 díky nastupujícím sezónním změnám.



Obr. 9.8 Porovnání změn hodnot NDVI mezi lety A) 1984–1986 B) 1986–1987 C) 2006–2009 (zdroj: vlastní).

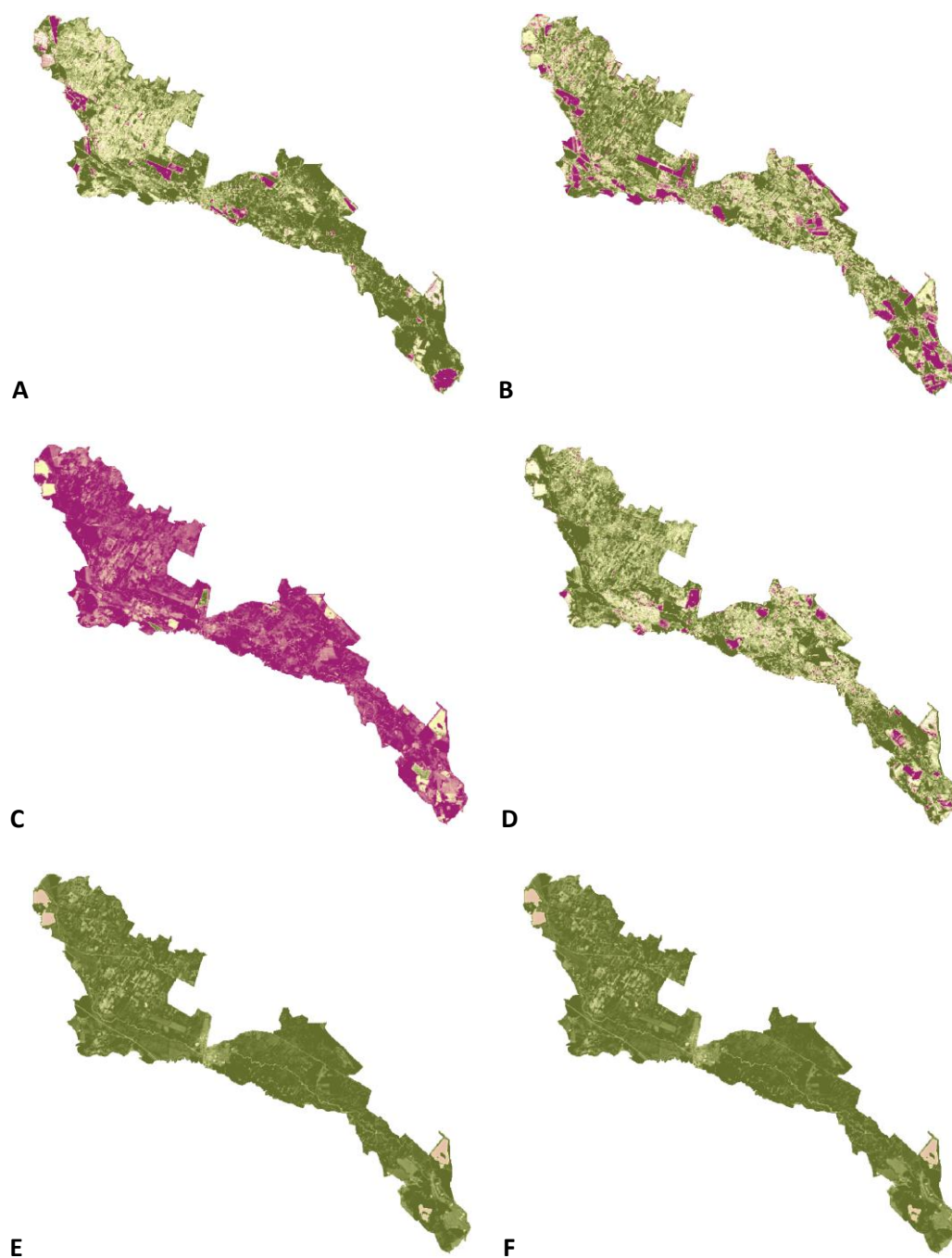
9.3 Detekce změn

Pomocí detekce změn byly taktéž detekovány změny ve vegetačním povrchu v místech některých holin (obr. 9.9). Nevýhodou detekce změn je, v porovnání s vegetačními indexy, možnost využít pro porovnání změny mezi dvěma rastry pouze jednoho pásma. Tím je zcela opomenuto chování vegetace v oblasti červené části viditelného spektra viz kapitola 8. Z toho důvodu je použití detekcí změn zbytečné.



Obr. 9.9 Detekované holiny na rastru detekce 1984–1986 (zdroj: vlastní).

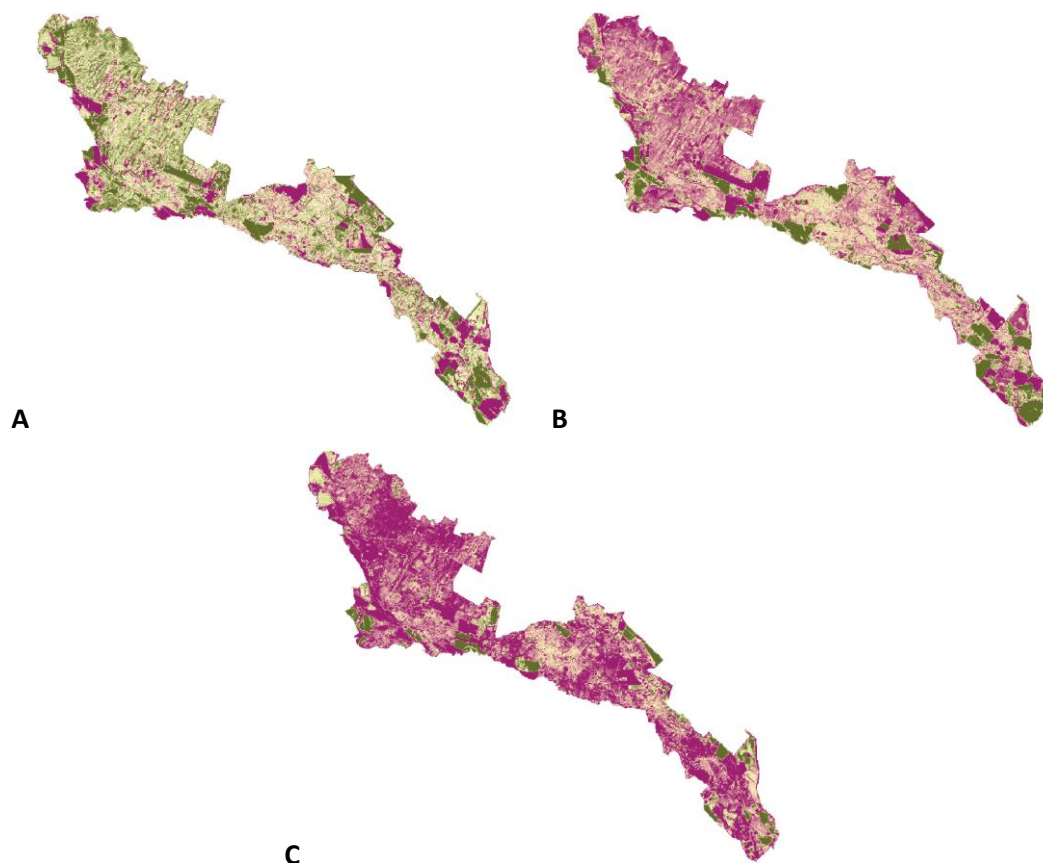
Stejně jako je tomu u NDVI, tak i pomocí detekce změn jsou snadno detekovatelné zemědělské plochy. Obdobně jako tomu bylo u rastrů NDVI jsou markantní změny pozorovatelné vždy u rastrů, kdy do detekce vstupovaly pásma NIR ze dvou odlišných senzorů (obr. 9.10).



Obr 9.10 Porovnání výsledků Detekce změn při použití stejných intervalů legendy
A) 1992–1994 B) 1994–2003 C) 2000–2003 D) 2003–2006 E) 2003–2013 F) 2010–2013
(zdroj: vlastní).

Při pohledu na detekce pro roky 2003–2013 a 2010–2013 se může zdát, že se jedná o totožný snímek, ovšem hodnoty těchto dvou detekcí se liší pouze minimálně. Pro roky 2003–2013 se hodnoty pohybují mezi 0–34 531, pro roky 2010–2013 mezi 0–35 529.

Porovnání rastrů pořízených stejným senzorem (pro roky 1984–1986 a 1986–1987), dopadlo obdobně jako u NDVI. U rastru pro roky 2006–2009 na rozdíl od NDVI převažují hodnoty záporné. To může být dáno tím, že do analýzy detekce změn nevstupuje pásmo pro červenou část viditelného záření.



Obr. 9.11 Porovnání rastrů Detekce změn mezi lety A) 1984–1986 B) 1986–1987
C) 2006–2009 (zdroj: vlastní).

10 DISKUZE

Celá práce byla již na začátku omezena výběrem snímků. Vybrány byly bezoblačné snímky, aby byl minimalizován vliv atmosféry. Další problémem při výběru snímků byla absence snímků v období výpadků senzorů. Snímky tvořící výsledné časové řady, byly navíc vybírány tak, aby byly výsledky co nejméně ovlivněny možnými sezónními rozdíly.

Během klasifikace se ukázalo, že není možné vyslovit relevantní závěr o vývoji vegetačního pokryvu ke všem sledovaným třídám. Problém nastal u dvou tříd, zemědělských ploch a travnatých porostů. V tomto případě je spektrální odrazivost travnatých ploch velmi podobná spektrální odrazivosti pícnin, jež jsou pěstovány na zemědělských plochách. Tato místa, například v blízkosti lesa, nelze jednoznačně zařadit do jedné ze tříd. Správnému zařazení těchto ploch by bylo možné předejít pomocí vytvoření paralelní časových řad tvořených snímky ze stejného časového rozmezí. Za předpokladu, že se složené plodiny na zemědělských plochách každoročně mění, by bylo možné lépe detekovat místa zemědělských ploch.

Stejně tak nebylo možné vyčlenit samostatnou třídu reprezentující holiny. Tato místa mají spektrální chování totožné s travnatými porosty. Třídu by bylo možné vyčlenit ořezáním třídy reprezentující travnatý porost, avšak díky tomu, že není pracováno s vektorovými, ale rastrovými daty, vyčleněny by byly i pixely, reprezentující travnatý porost okolo lesa. To by navýšilo výslednou rozlohu holin. Tuto úpravu by bylo možné provést v případě sledování vývoje vegetačního pokryvu většího území, kdy by zahrnutí rozloh těchto okrajových pixelů nemělo tak velký vliv na celkové rozloze detekovaných holin.

Přesnost detekovaných holin by dále mohla být porovnána s jejich faktickou rozlohou. Problémem ovšem je více subjektů vlastníci pozemky na tomto území. Soukromí vlastníci nevedou databáze o těžbě dřeva. Dalším problémem je samotný způsob zaznamenávání těžby. Ta není zaznamenávána v hektarech, ale v kubických metrech vytěženého dřeva. Jedinou možností jak porovnat výsledky vývoje vegetačního pokryvu by bylo užití lesních hospodářských plánů. Ty jsou ovšem vyhotovovány za jednotlivé dekády. I při tomto porovnání by se rozlohy jednotlivých tříd vegetačního pokryvu mohly lišit.

U detekce změn jak pomocí NDVI tak i pomocí nástroje Change Detection nastal problém u porovnávání snímků pořízených družicemi Landsat 5 a Landsat 7 a Landsat 5 a Landsat 8. Kalibrace senzorů je odlišná, navíc senzor OLI snímá na rozdíl od senzoru TM, jak pro červenou část viditelného záření, tak i část blízkého infračerveného záření, v odlišném rozsahu. Porovnání těchto snímků nepodává přesné výsledky. Možností, jak se těmto chybám vyhnout je aplikace radiometrických korekcí TOA.

11 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit vývoj vegetačního pokryvu na území CHKO Litovelské Pomoraví. Sledovány měly být změny nejen kvantitativní, ale i kvalitativní.

Pro tuto práci bylo vybráno 12 družicových snímků systému Landsat. Zastoupeny byly snímky Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7 i Landsat 8. Díky páskování u Landsat 7, které se na snímcích od 31. 5. 2003 vyskytuje, byly použity pouze snímky do tohoto data. Výsledný počet snímků byl navíc ovlivněn stavem atmosféry při snímání území, kdy snímky s oblačností byly vyřazeny, a výpadky senzorů. Vybrané snímky vhodné pro analýzy byly rozděleny do pěti časových řad. Stěžejní časová řada pokrývá celé sledované období a je tvořena čtyřmi snímky. Sledováno bylo území tedy od roku 1984 do roku 2013. Zbylé čtyři řady pak ukazují vždy průřez jednotlivých dekád a jsou tvořeny různým počtem snímků. Při vytváření řad bylo dbáno na to, aby byl mezi snímky v jednotlivých letech zhruba stejný časový odstup a zároveň, aby použité snímky byly pořizeny ve stejném časovém období. Tím se předešlo sezónním vlivům vegetace způsobené, jak různým obsahem chlorofylu, tak i vlivem různého úhlu dopadu slunečního záření.

Snímky v rozporu se zadáním nebyly po domluvě s vedoucím práce transformovány do souřadnicového systému S-JTSK. Předešlo se tak vzniku možných odchylek, které by touto transformací mohly vzniknout. Snímky byly ponechány v souřadnicovém systému WGS 84 a zobrazení UTM ZONE 34 N. Do tohoto zobrazení a souřadnicového systému byly naopak transformovány vektorová data hranic CHKO.

Změny ve vegetačním povrchu byly na jednotlivých snímcích detekovány pomocí metody tří metod. První zvolenou metodou byla řízená klasifikace. Družicový snímek byl klasifikován klasifikátorem Maximální pravděpodobnosti pomocí sedmi spektrálních tříd. Následně byla vyhodnocena úspěšnost klasifikace, kdy byla celková úspěšnost porovnána s předem stanovou hraniční hodnotou. Čímž byla zajištěna správnost klasifikace. Dále byly rastry postklasifikačně upraveny a shlazeny pomocí síve filtru. Na základě klasifikace byla vypočítána rozloha jednotlivých tříd. Na základě těchto byl pomocí tabulek a grafů zhodnocen kvantitativní vývoj vegetačního pokryvu.

Kvalitativní hodnocení provedené v tomto případě pomocí NDVI a Detekce změn záviselo na kalibraci senzorů a na typu senzoru, z něhož data vstupující do analýz vstupovala. Negativně se zde projevil odlišný rozsah ve snímaných pásmech. Jednou z metod pro hodnocení kvalitativních změn byla poměrový vegetační index NDVI. Pomocí tohoto vegetačního indexu byly detekovány změny na území CHKO rámci stavu zelené hmoty. Výsledné hodnoty rozdílů NDVI pouze v několika případech odpovídají výsledkům klasifikace. Naopak metoda Detekce změn umožnila ve větší části případů rozeznat změny vegetačního pokryvu způsobené lidskou činností.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Knižní zdroje

BOREK, Jiří. *Analýza vývoje krajinné struktury na území CHKO Litovelské Pomoraví*. Olomouc, 2007. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

CAMPBELL, B. James. *Introduction to Remote Sensing*. London: Taylor & Francis, 1996. ISBN 9780748406630.

CAMPBELL, B. James a WYNNE H. Randolph, *Introduction to remote sensing*. Fifth edition. New York: Guilford Press, 2011. ISBN 9781609181765.

DOBROVOLNÝ, Petr. *Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu*. Brno: Masarykova univerzita PŘF, 1998. ISBN 8021018127.

LILLESAND, Thomas. a KIEFER, W. Ralph. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation* 3rd ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. 1994. ISBN 9780471577836.

LILLESAND, Thomas., KIEFER, W. Raph, CHIPMAN, Jonathan. 2008. *Remote sensing and Image Interpretation* 6th ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. 2008. ISBN 9780470052457.

SVATOŇOVÁ Hana, LUERMANN, Lubomír. *Dálková průzkum Země – aktuální zdroj geografických informací*. Brno: Masarykova univerzita, 2010. 96 s. ISBN 9788021051321.

ŠAFÁŘ, Jiří a kol. *Olomoucko*. Vyd. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2003, 454 s. ISBN 80-860-6446-8.

Články

CONGALTON, G. Russel, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 1991, 37(1), s.35–46. DOI 10.1016/0012-8252(88)90036-0.

ERENER, Arzu, Remote sensing of vegetation health for reclaimed areas of Seyitömer open cast coal mine. *International Journal of Coal Geology*. 2011, 86(1), s.20–26. DOI 10.1016/j.coal.2010.12.009.

GILANI, Hammad a kol., Decadal land cover change dynamics in Bhutan. *Journal of environmental management*. In print. DOI 10.1016/j.jenvman.2014.02.014.

GRINAND, Clovis a kol., Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. *Remote Sensing of Environment*. 2013, 139, s.68–80. DOI 10.1016/j.rse.2013.07.008

CHEN, Jin a kol., A simple and effective method for filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images. *Remote Sensing of Environment*. 2011, 115(4), s.1053–1064. DOI 10.1016/j.rse.2010.12.010.

KOLIOS, Stavros a STYLIOS, D. Chrisostomatos, Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*. 2013, 40, s.150–160. DOI 10.1016/j.apgeog.2013.02.005.

PECHANEC, V. et al., 2014. Analyses of moisture parameters and biomass of vegetation cover in southeast Moravia. *International Journal of Remote Sensing*, 35(3), pp.967–987. DOI 10.1080/01431161.2013.875236.

SOLANS VILA, P. José a BARBOSA, Paulo. Post-fire vegetation regrowth detection in the Deiva Marina region (Liguria-Italy) using Landsat TM and ETM+ data. *Ecological Modelling*. 2010, 221(1), S.75–84. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2009.03.011.

XIE, Yichun, SHA, Zongyao, YU, Mei, Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology*. 2008, 1(1), s.9–23. DOI 10.1093/jpe/rtm005.

ZHANG, Jiaong a kol., Using Landsat Thematic Mapper records to map land cover change and the impacts of reforestation programmes in the borderlands of southeast Yunnan, China: 1990–2010. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2014, 31, s.25–36. DOI 10.1016/j.jag.2014.01.006.

Elektronické zdroje

COUFALOVÁ, Tereza. *Změny vegetačního pokryvu lesních porostů v NP Šumava*. Brno, 2012. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/324465/prif_b/BP_Coufalova.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce doc. RNDr. Petr Dobrovolný, CSc.

ČERVENÁ, Lucie. *Hodnocení dlouhodobých změn land cover okresu Náchod pomocí dat DPZ*. Praha, 2010. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/82044>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

ČERVENÁ, Lucie. *Klasifikace vegetačního pokryvu z dat DPZ pro účely vyhodnocení rizika nákazy klíšťovou encefalitidou*. Praha, 2012. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/118368>. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Ing. Markéta Potůčková, Ph.D.

EIONET. *European Topic Centre on Spatial Information and Analysis* [online]. 2004 [cit. 2014-05-7]. Dostupné z: <http://sia.eionet.europa.eu/CLC2000/countries/cz/full>

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. *CORINE Land Cover – European Environment Agency (EEA)* [online]. 1995 [cit. 2014-05-7]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *The Encyclopedia of Earth* [online]. 2013 [cit. 2014-05-7]. Dostupné z: <http://www.eoearth.org/view/article/168857/>

Gisat / Landsat. *Gisat* [online]. 2013 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/landsat>

Global Forest Change | Google Crisis Map. In: HANSEN, M. C., P. V. POTAPOV, R. MOORE a M. HANCHEN. *Global Forest Change* [online]. 2013 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://earthenginepartners.appspot.com>

KOLEŠOVÁ, Petra. *Hodnocení lesní vegetace Národního parku Šumava pomocí dat dálkového průzkumu Země*. Praha, 2011. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/100688>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Landsat Missions Timeline. USGS [online]. 2013 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php

Landsat 8 Bands Landsat Science. NASA [online]. 2014 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377

Landsat 8 Overview - Landsat Science. NASA [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=7195

LIHANOVÁ, Kristýna. *Hodnocení změn land cover v Českém Švýcarsku pomocí dat DPZ*. Praha, 2011. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/100689>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

MUSILOVÁ, Romana. *Využití dat DPZ pro hodnocení aktuálního stavu a vývoje smrkových porostů v Krkonoších*. Praha, 2012. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/119490>. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Litovelské Pomoraví na období 2009–2018. In: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. Litovel, 2008 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://litovelskepomoravi.ochranaprirody.cz/res/data/082/012116.pdf?seek=1>

Print Version of Multispectral Satellite Applications: Monitoring the Wildland Fire Cycle. GOES-R [online]. 207 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: http://www.goes-r.gov/users/comet/npoess/multispectral_topics/fire_wx/print.htm#z3.4

Satellite and Sensor Information. Landsat USGS [online]. 2014 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: http://landsat.usgs.gov/Satellite_and_Sensor_Information.php

SVOBODA, Jiří. *Analýza změn v prostředí s využitím dat DPZ*. Pardubice, 2008. Dostupné z: https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/30247/1/SvobodaJ_Analyza%20zmen_TB_2008.pdf. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Tomáš Brunclík, Ph.D.

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate vegetation cover change in the Litovelské Pomoraví protected area.

For this work were selected 12 images – Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8. Selected images suitable for analysis were divided into five time series. The main time series contains four images from 1984 to 2013. Remaining four time series are made up of different numbers of images of decades.

The thesis consists of two main part, theoretical and practical. For monitoring vegetation cover changes was chosen tree methods – supervised classification, NDVI and Change Detection.

At first, were created training areas for seven spectral class, than was used Maximum Likelihood Classification. This method is based on the assumption that the histogram of all training class have Gaussian (normal) distribution. After that was used assessing the accuracy of classifications. To assessing of classification were used two technique, Overall Accuracy and KAPPA. The minimum limit to Overall Accuracy was set of 85 %.

After that, were all information classes of grass and of fields united to two new informational classes. Then was used sieve filter for detection and removal small clumps. Clumps smaller than specified number of pixels were eliminated.

To qualitative assessment of the vegetation cover changes was selected vegetation index NDVI. There is a large amount of vegetation index, but this index is often used to determine the state of health of vegetation and biomass content.

Because of the the small area of the Litovelské Pomoraví protected area for NDVI images were used map algebra to determine the difference in value NDVI in time series.

The last used method was Change detection. The output of this method are two images, in the first are computed the differences between two images and in second are highlighted changes that exceeds a user specified threshold.

The results of this study, series of thematic maps, show quantitative and qualitative vegetation cover change in five time series. The results of this study confirmed the trend that began after the establishment of protected area – the number and size of clearings decrease.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy

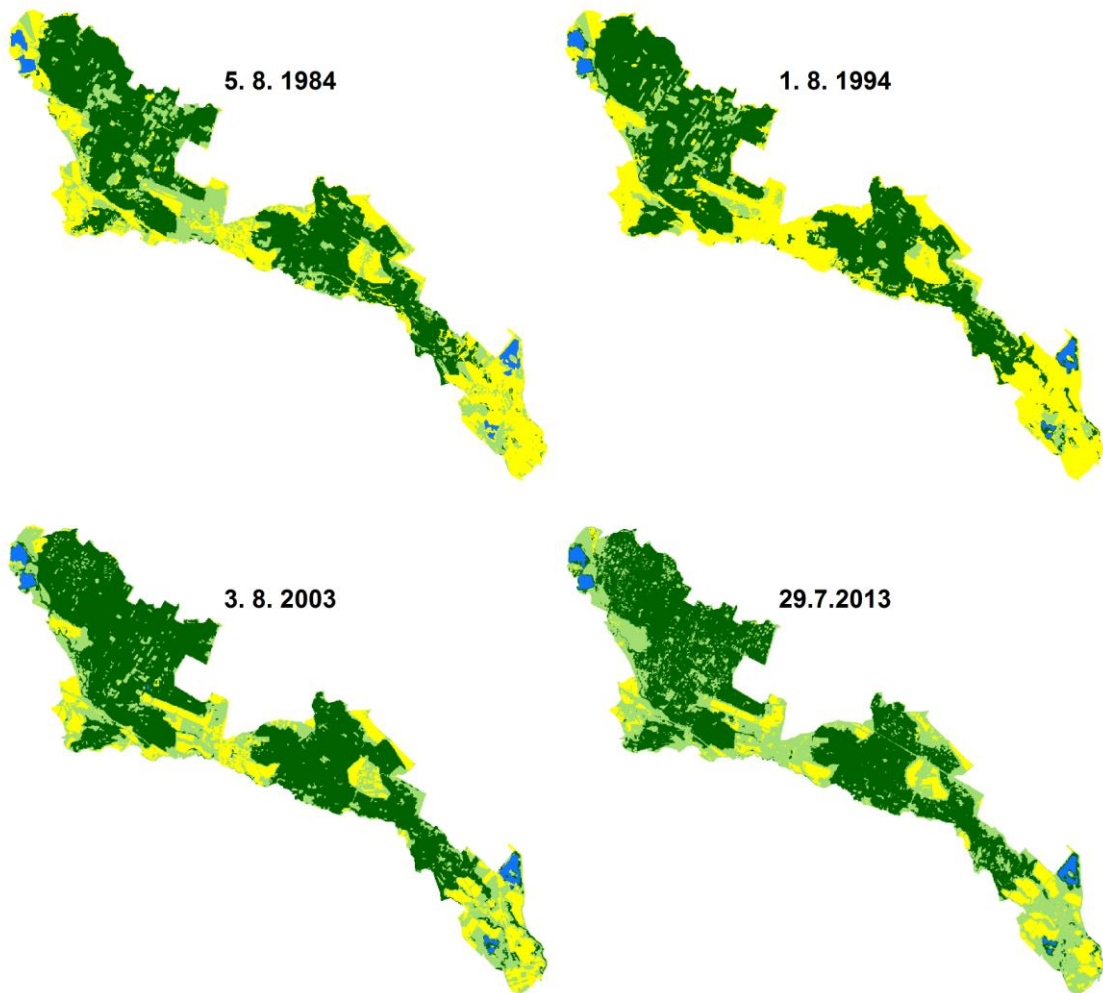
- Příloha 1 Vývoj vegetačního pokryvu 1984–2013
- Příloha 2 Vývoj vegetačního pokryvu 1984–1987
- Příloha 3 Vývoj vegetačního pokryvu 1992–1994
- Příloha 4 Vývoj vegetačního pokryvu 2000–2009
- Příloha 5 Vývoj vegetačního pokryvu 2010–2013
- Příloha 6 Rozlohy dle klasifikace 1984–2013
- Příloha 7 Rozlohy dle klasifikace 1984–1987
- Příloha 8 Rozlohy dle klasifikace 1992–1994
- Příloha 9 Rozlohy dle klasifikace 2000–2009
- Příloha 10 Rozlohy dle klasifikace 2010–2013
- Příloha 11 Srovnání rozloh 1984–2013
- Příloha 12 Srovnání rozloh 1984–1987
- Příloha 13 Srovnání rozloh 1992–1994
- Příloha 14 Srovnání rozloh 2000–2009
- Příloha 15 Srovnání rozloh 2010–2013
- Příloha 16 Změny NDVI 1984–2013
- Příloha 17 Změny NDVI 1984–1987
- Příloha 18 Změny NDVI 1992–1994
- Příloha 19 Změny NDVI 2000–2009
- Příloha 20 Změny NDVI 2010–2013
- Příloha 21 Detekce změn 1984–2013
- Příloha 22 Detekce změn 1984–1987
- Příloha 23 Detekce změn 1992–1994
- Příloha 24 Detekce změn 2000–2009
- Příloha 25 Detekce změn 2010–2013

Volné přílohy

- Příloha 26 CD-ROM

VÝVOJ VEGETAČNÍHO POKRYVU

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1984–2013



Vegetační pokryv

les travní porost zemědělská plocha vodní plocha



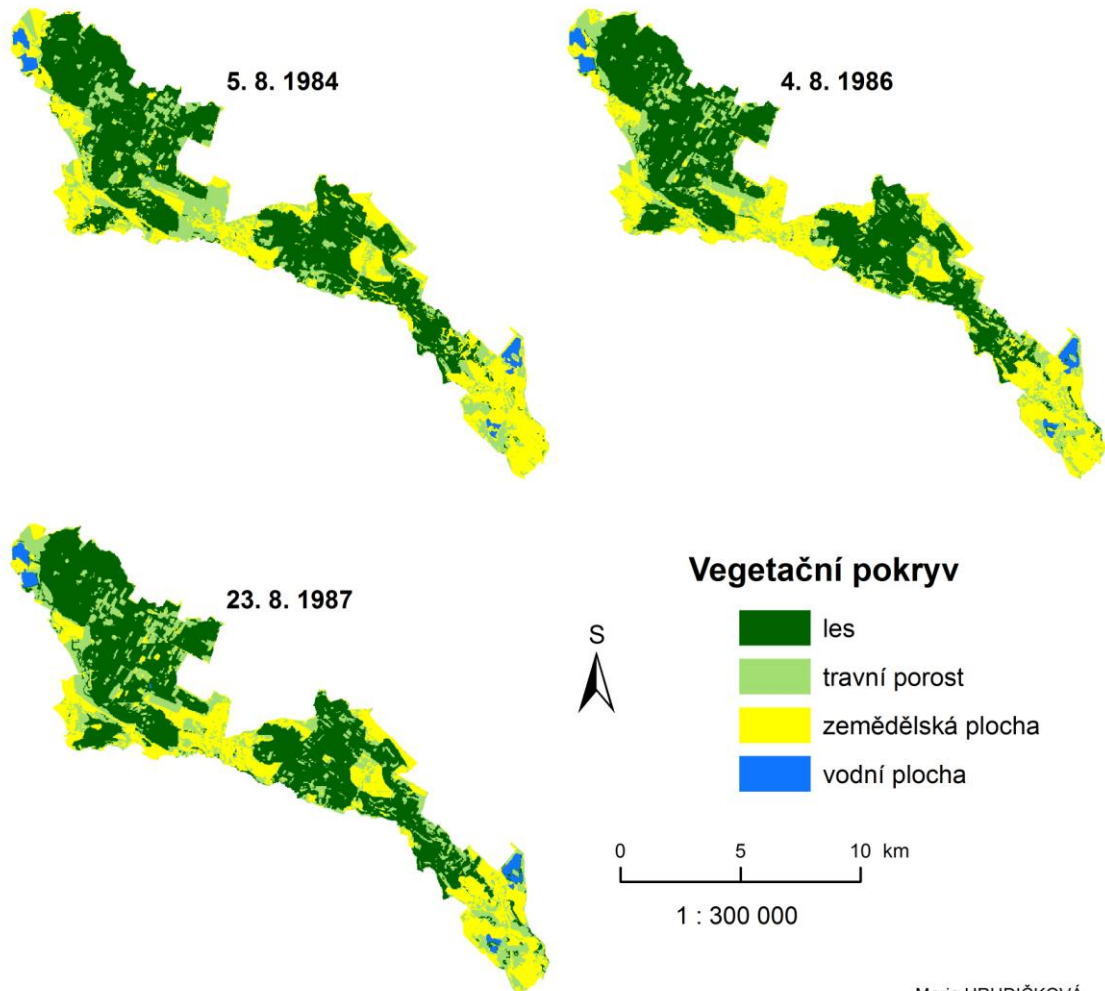
0 5 10 km

1 : 300 000

Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

VÝVOJ VEGETAČNÍHO POKRYVU

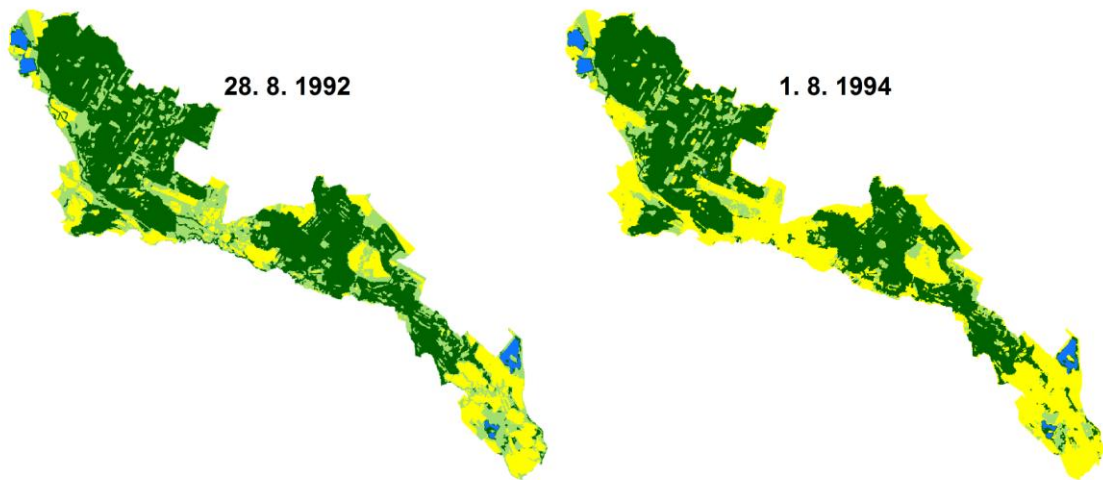
v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1984–1987



Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

VÝVOJ VEGETAČNÍHO POKRYVU

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1992–1994



Vegetační pokryv

les travní porost zemědělská plocha vodní plocha



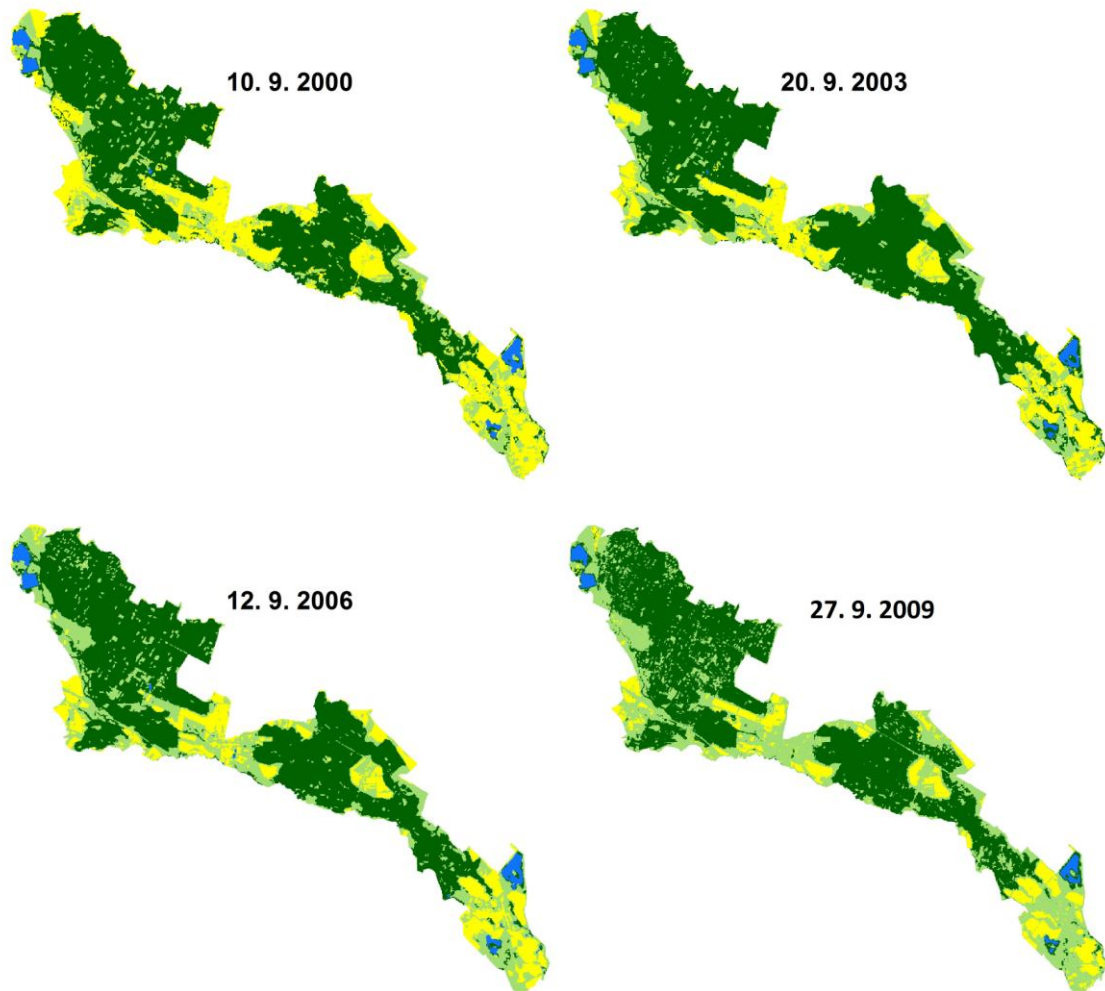
0 5 10 km

1 : 300 000

Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

VÝVOJ VEGETAČNÍHO POKRYVU

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 2000–2009



Vegetační pokryv

les travní porost zemědělská plocha vodní plocha



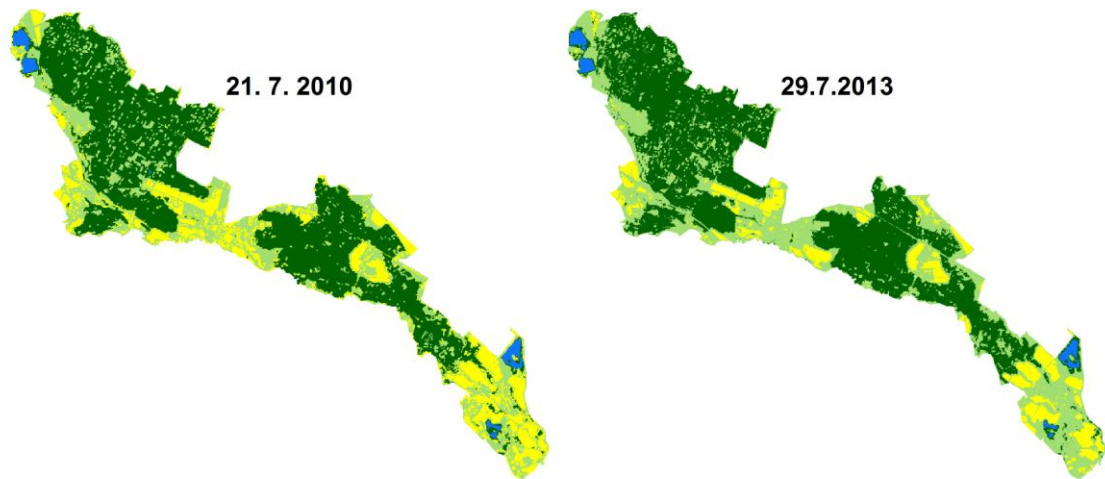
0 5 10 km

1 : 300 000

Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

VÝVOJ VEGETAČNÍHO POKRYVU

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 2010–2013



Vegetační pokryv

les travní porost zemědělská plocha vodní plocha

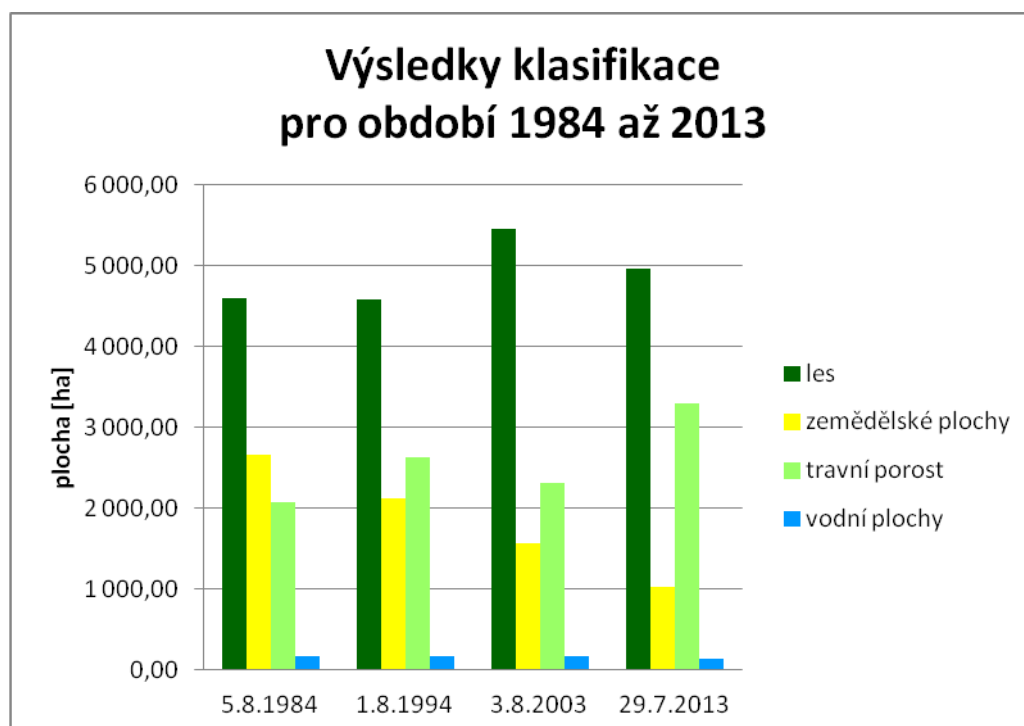


0 5 10 km

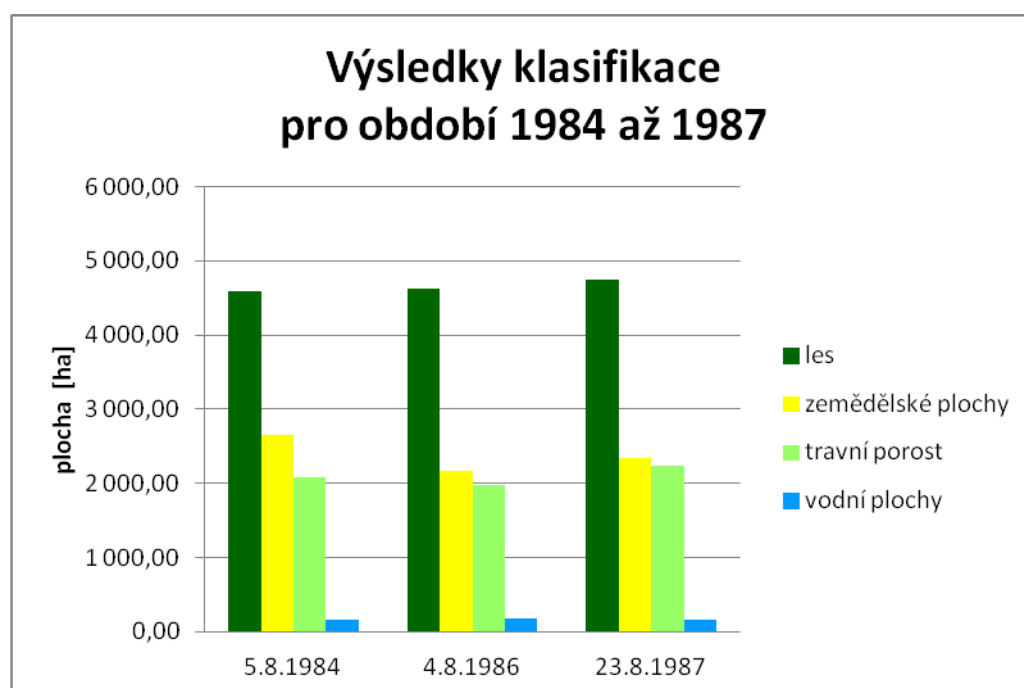
1 : 300 000

Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

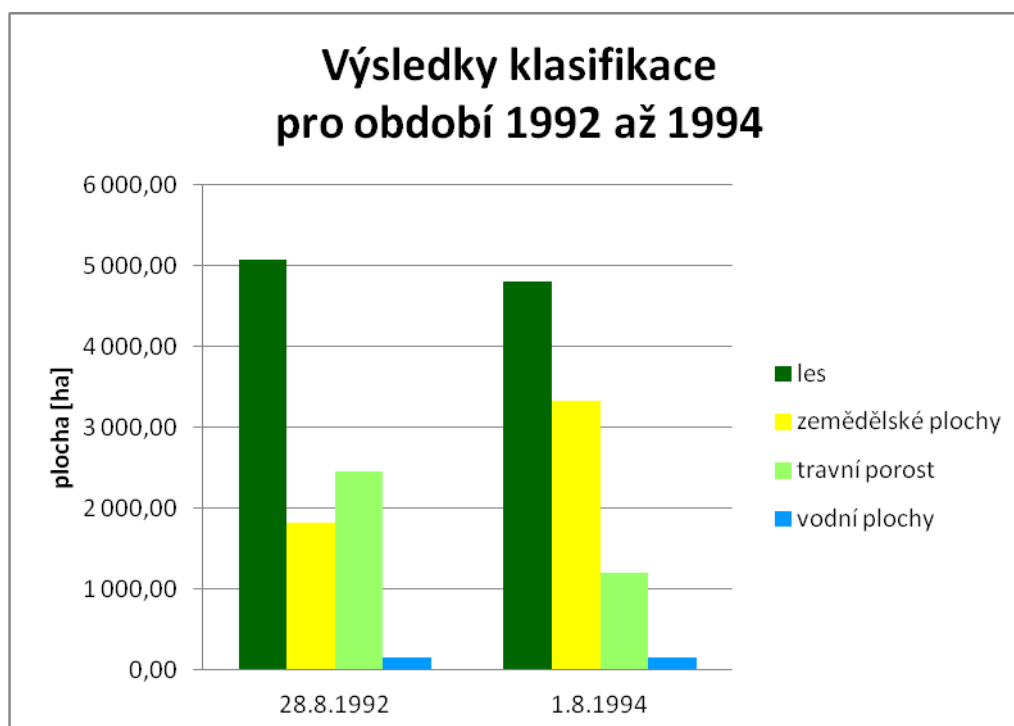
Příloha 6 Rozlohy dle klasifikace 1984–2013



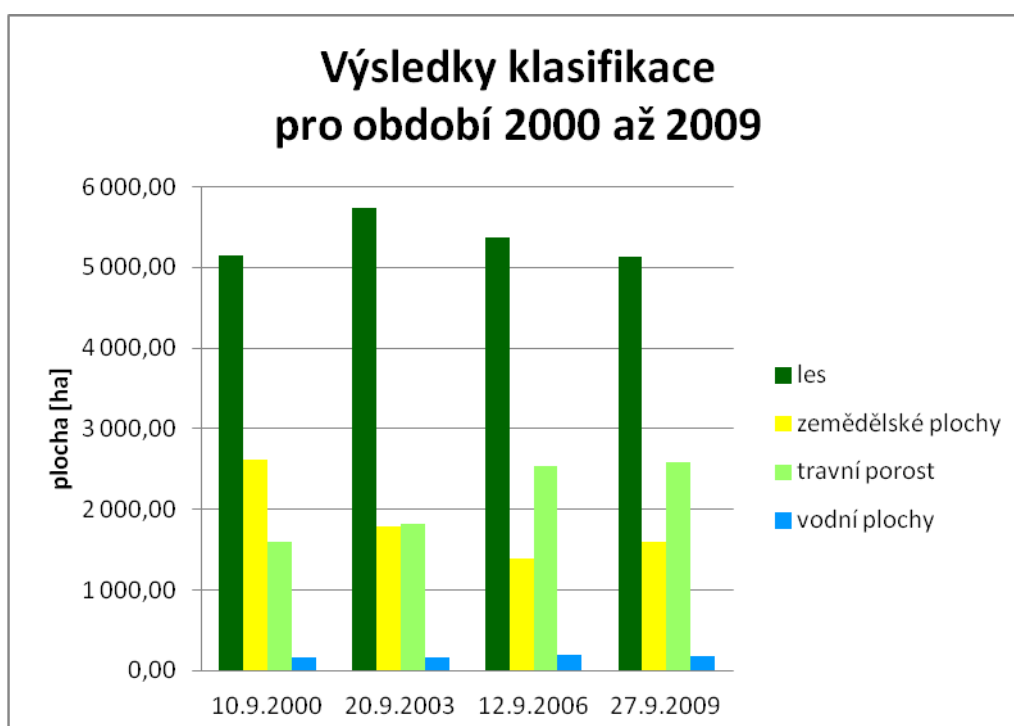
Příloha 7 Rozlohy dle klasifikace 1984–1987



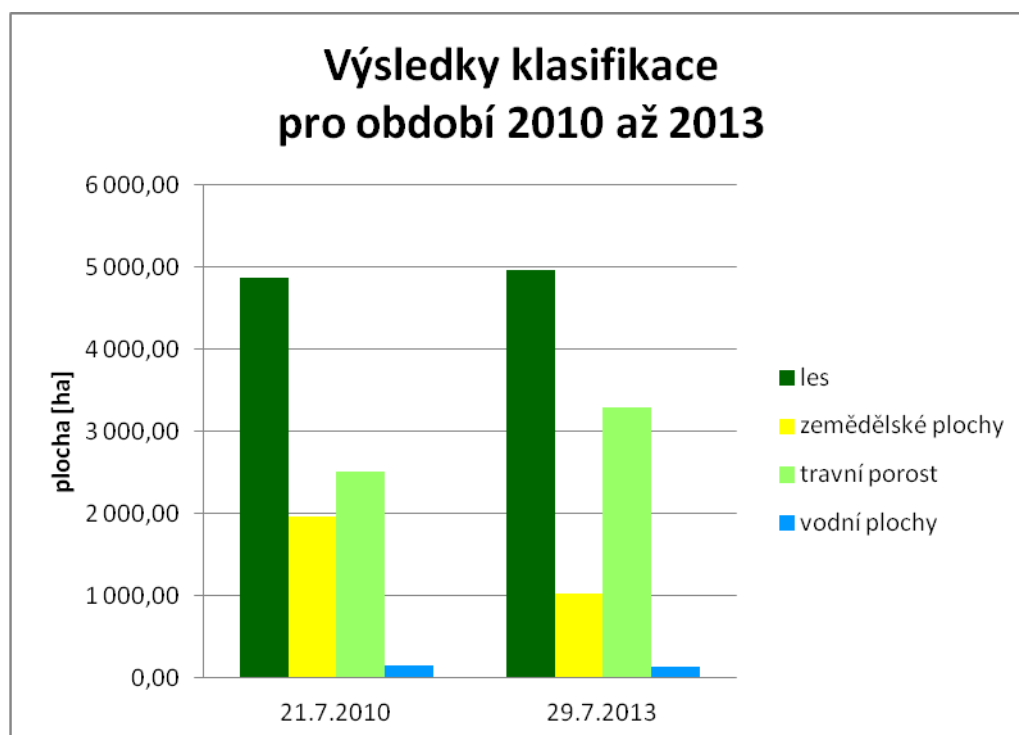
Příloha 8 Rozlohy dle klasifikace 1992–1994



Příloha 9 Rozlohy dle klasifikace 2000–2009



Příloha 10 Rozlohy dle klasifikace 2010–2013



Příloha 11 Srovnání rozloh 1984–2013

Klasifikace v letech 1984– 2013								
	Rozloha [ha]					Změna rozlohy [%]		
	1984	1994	2003	2013		1984 1994	1994 2003	2003 2013
Les	4 622	4 634	5 809	5 476	Les	0,3	25,4	-5,7
Travní porost	2 788	2 018	1 977	1 291	Travní porost	-27,6	-2,0	-34,7
Zemědělská plocha	1 926	2 660	1 564	2 487	Zemědělské plocha	-41,2	-41,2	59,1
Vodní plocha	163	187	150	151	Vodní plocha	14,7	-1,9	1,1

Příloha 12 Srovnání rozloh 1984–1987

Klasifikace v letech 1984–1987						
Rozloha [ha]				Změna rozlohy [%]		
	1984	1986	1987		1984 1986	1986 1987
Les	4 594	4 621	4 751	Les	0,6	2,8
Travní porost	2 077	1 973	2 237	Travní porost	-5,0	13,4
Zemědělská plocha	2 659	2 163	2 346	Zemědělské plocha	-18,7	-8,5
Vodní plocha	164	172	159	Vodní plocha	5,0	-7,9

Příloha 13 Srovnání rozloh 1992–1994

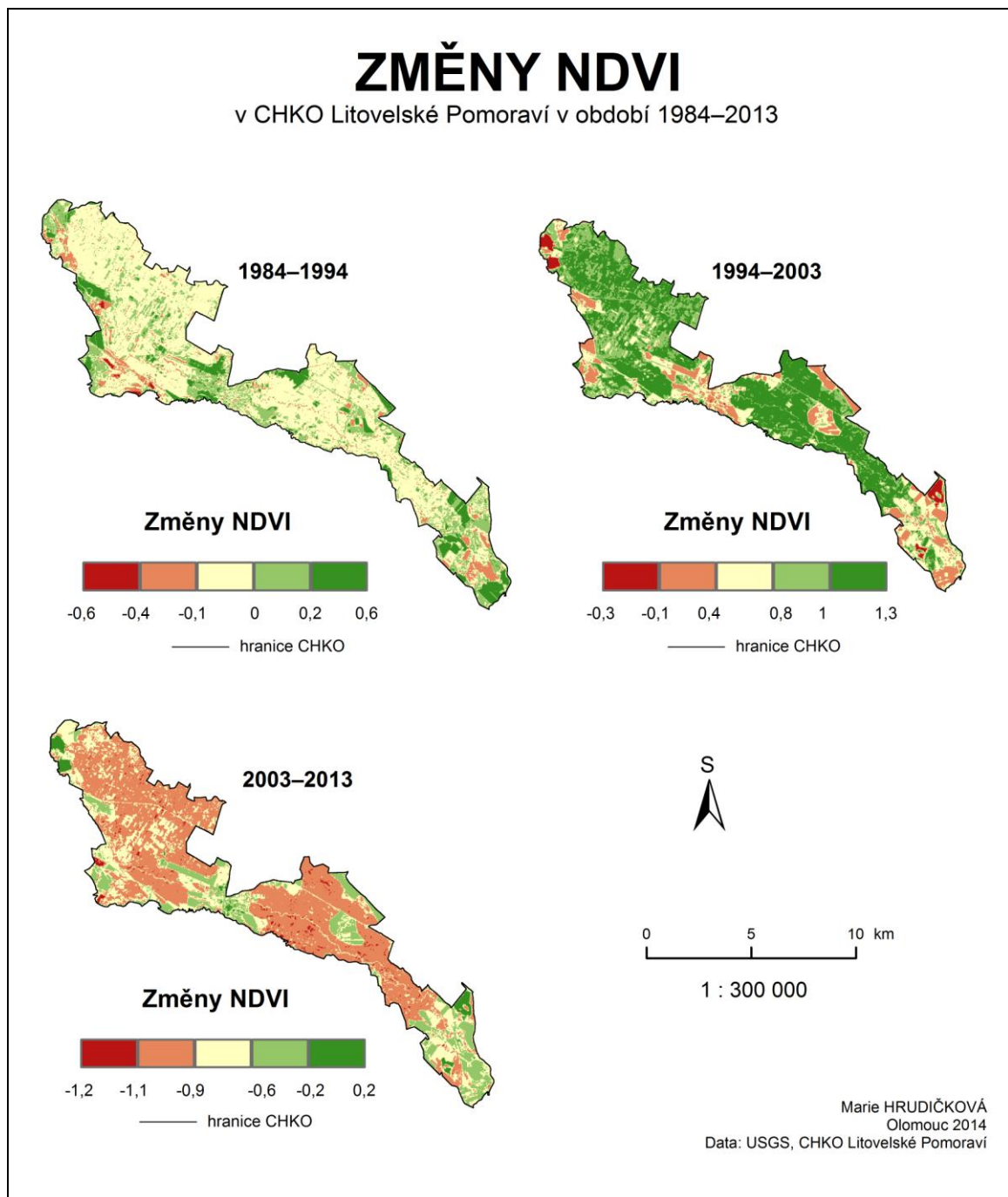
Klasifikace v letech 1992–1994				
Rozloha [ha]			Změna rozlohy [%]	
	1992	1994		1992 1994
Les	5 070	4 804	Les	-5,2
Travní porost	2 445	1 202	Travní porost	-50,8
Zemědělská plocha	2 825	3 332	Zemědělské plocha	82,54
Vodní plocha	156	156	Vodní plocha	0

Příloha 14 Srovnání rozloh 2000–2009

Klasifikace v letech 2000–2009								
Rozloha [ha]					Změna rozlohy [%]			
	2000	2003	2006	2009		2000 2003	2003 2006	2006 2009
Les	5 145	5 734	5 363	5 138	Les	11,5	-6,5	-4,2
Travní porost	1 592	1 818	2 542	2 580	Travní porost	14,21	39,82	1,51
Zemědělská plocha	2 613	1 782	1 396	1 595	Zemědělské plocha	-31,8	-21,6	14,26
Vodní plocha	172	160	192	189	Vodní plocha	-6,9	20,2	-6,37

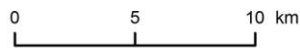
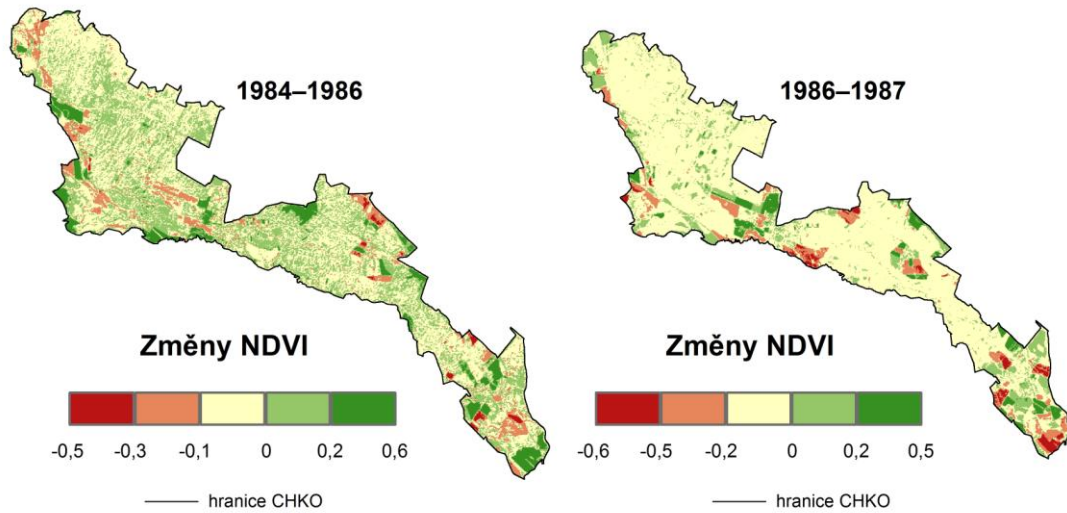
Příloha 15 Srovnání rozloh 2010–2013

Klasifikace v letech 2003–2009				
Rozloha [ha]			Změna rozlohy [%]	
	2010	2013		2010 2013
Les	4 862	4 957	Les	2,0
Travní porost	2 513	3 289	Travní porost	131,9
Zemědělská plocha	1 968	1 026	Zemědělské plocha	-47,9
Vodní plocha	151	132	Vodní plocha	-12,34



ZMĚNY NDVI

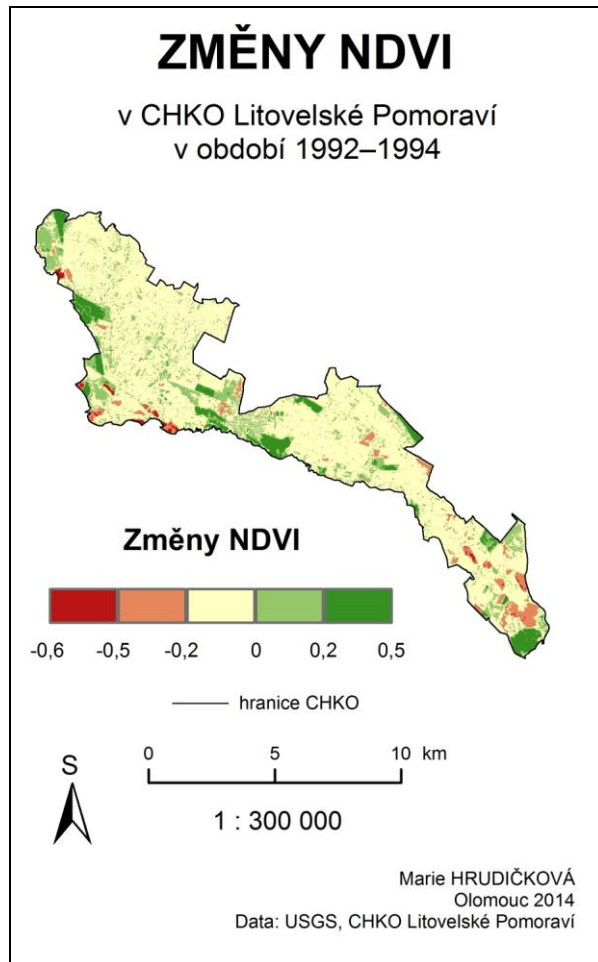
v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1984–1987



1 : 300 000

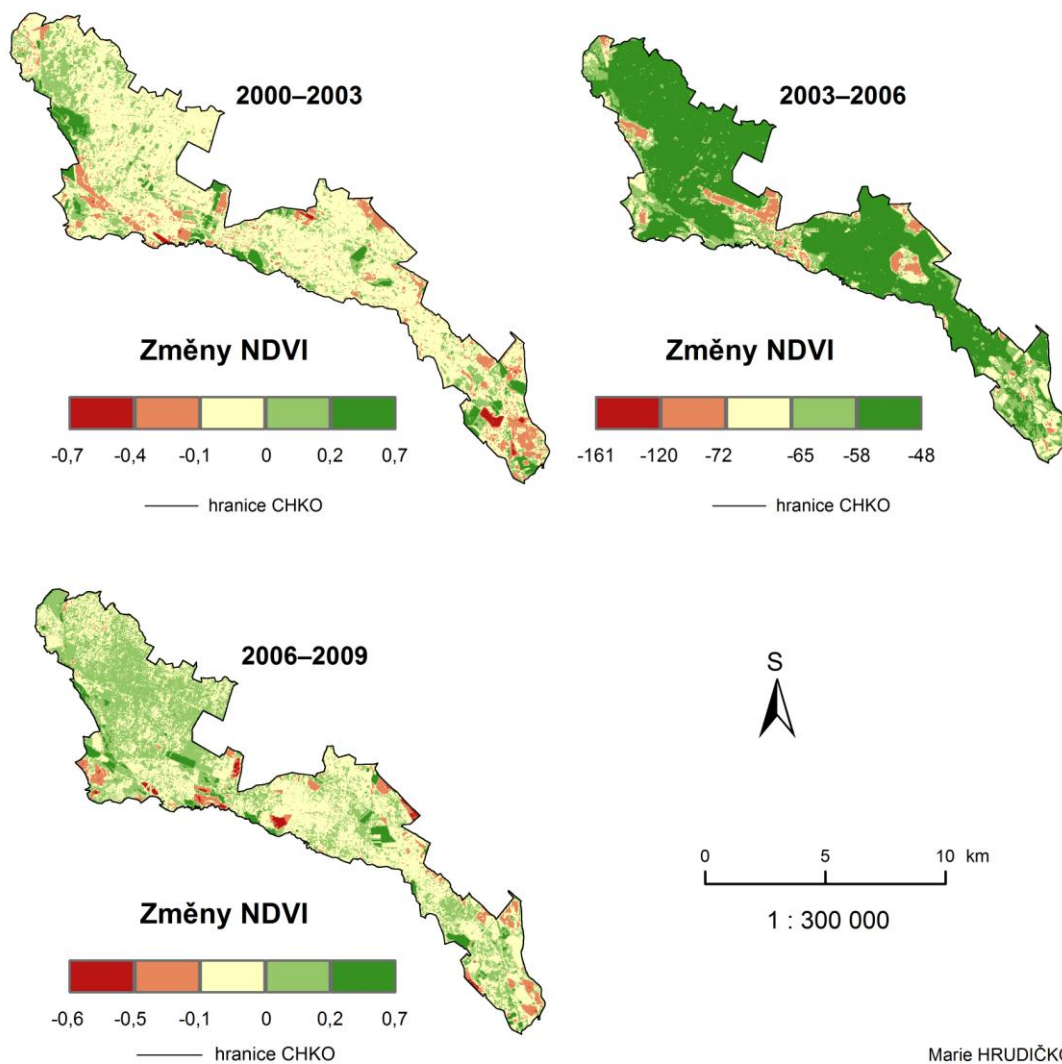
Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

Příloha 18 Změny NDVI 1992–1994



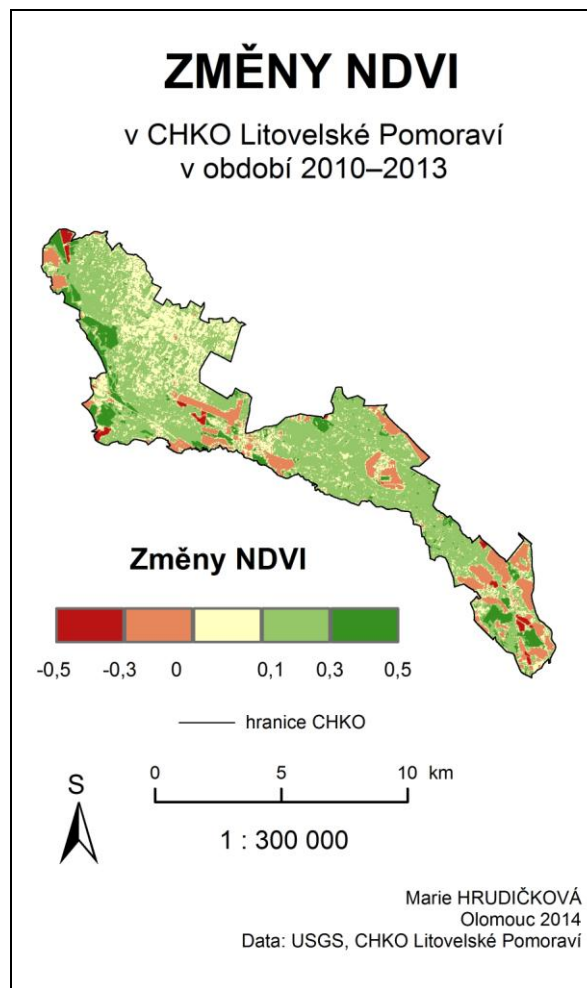
ZMĚNY NDVI

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 2000–2009



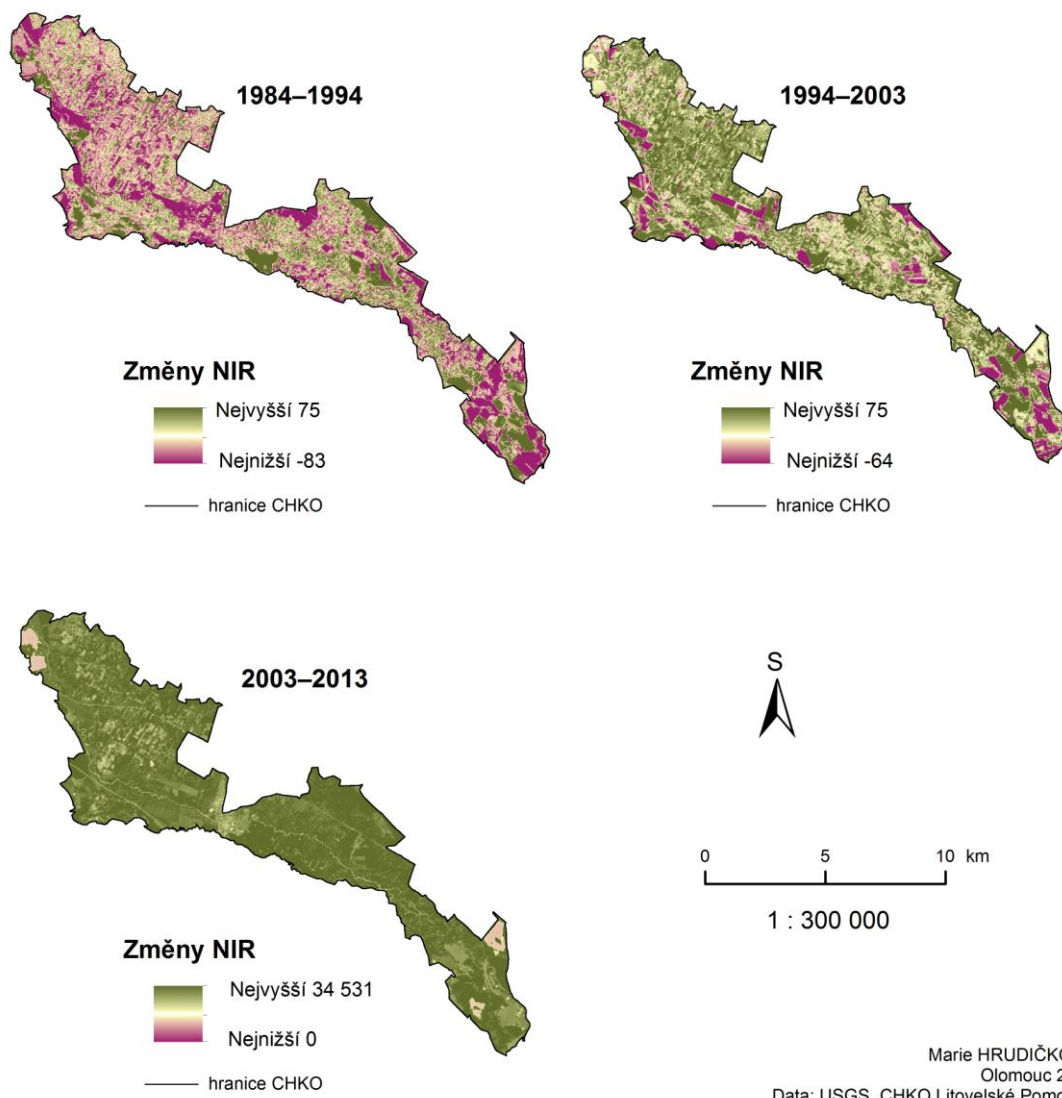
Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

Příloha 20 Změny NDVI 2010–2013



DETEKCE ZMĚN

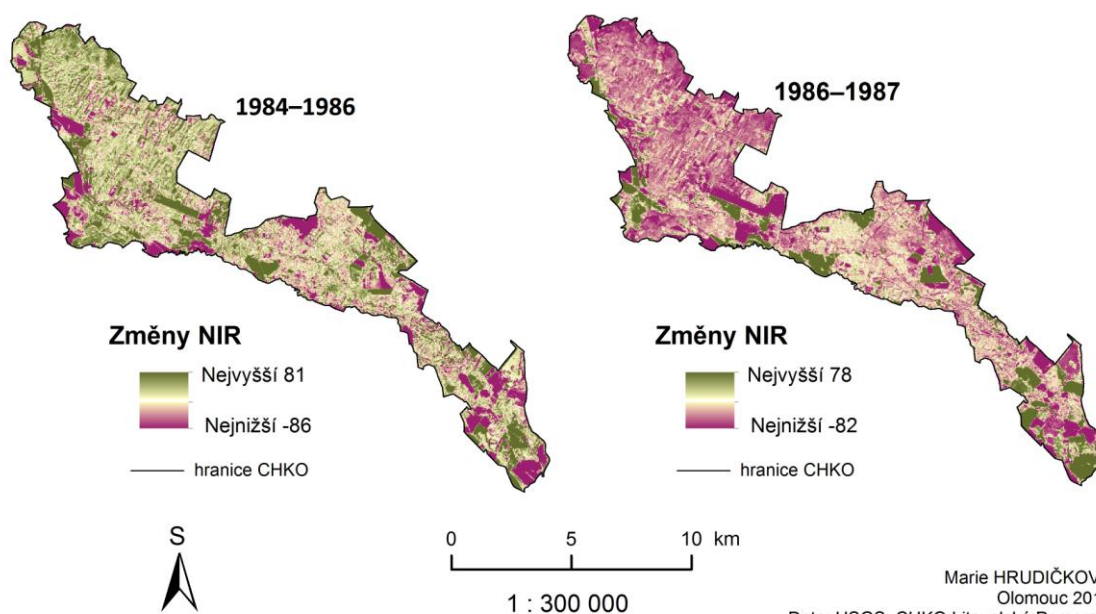
v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1984–2013

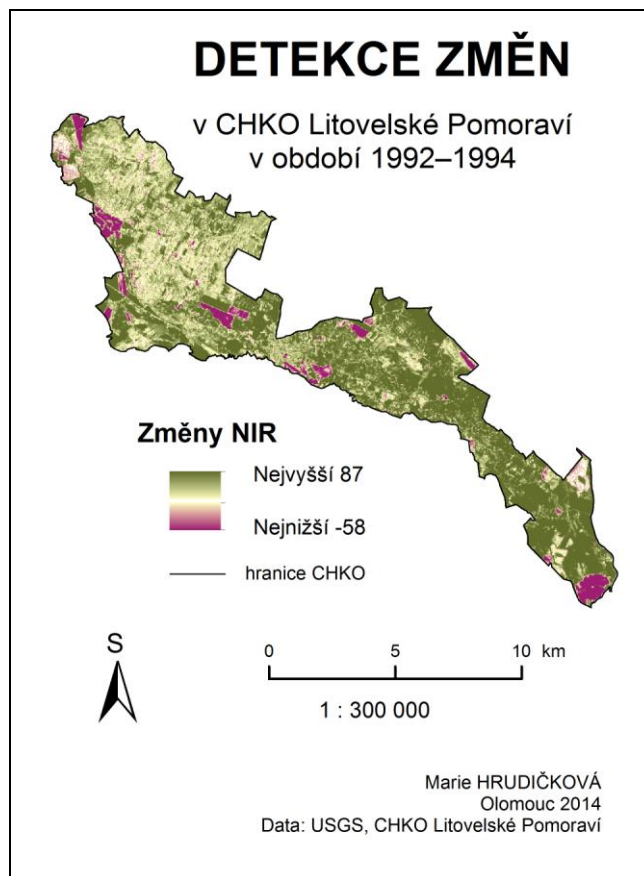


Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

DETEKCE ZMĚN

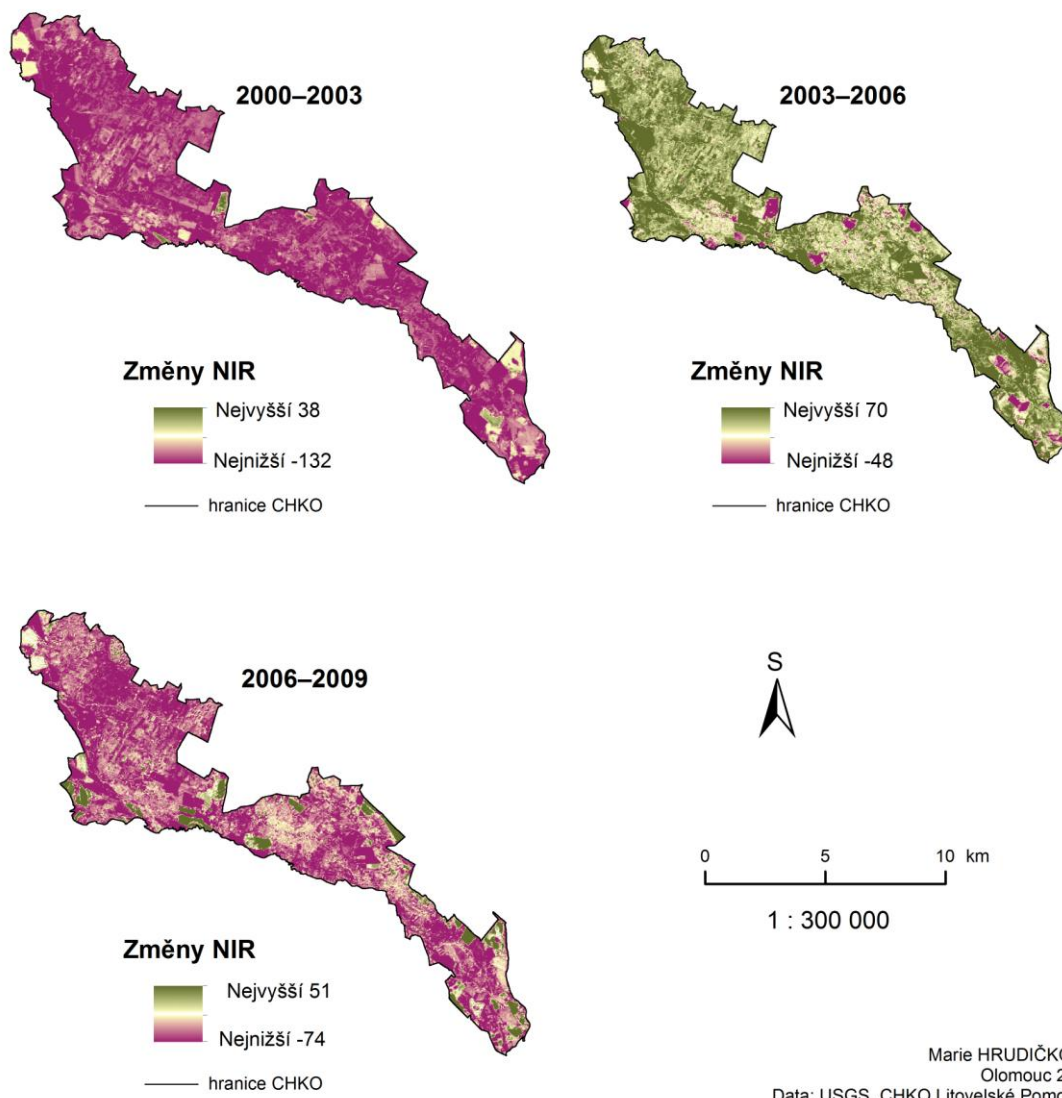
v CHKO Litovelské Pomoraví v období 1984–1987





DETEKCE ZMĚN

v CHKO Litovelské Pomoraví v období 2000–2009



Marie HRUDIČKOVÁ
Olomouc 2014
Data: USGS, CHKO Litovelské Pomoraví

