

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Kateřina SOUKUPOVÁ

**ANALÝZA VÝVOJE VYBRANÝCH MĚST NA
ZÁKLADĚ DAT DPZ**

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 7. května 2014

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Miřijovskému, Ph.D za konzultace a pomoc při vypracování práce a dále také děkuji panu Dr. rer. nat. Maikovi Netzbandovi za rady a cenné připomínky.

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

OBSAH

ÚVOD	6
1 CÍLE PRÁCE	8
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
2.1 URBANIZACE.....	9
2.1.1 Fáze urbanizace.....	9
2.2 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ	10
2.2.1 Družicové systémy	11
2.3 DPZ A URBANISMUS	13
2.4 APLIKACE DPZ V URBANISMU.....	14
2.4.1 CORINE	14
2.4.2 MOLAND.....	15
2.4.3 URBAN ATLAS.....	15
2.5 AKADEMICKÉ PRÁCE	16
3 VYMEZENÉ ÚZEMÍ	18
3.1 OSTRAVA	18
3.2 KOŠICE.....	19
3.3 KATOVICE.....	20
3.4 LIPSKO	20
3.5 SZÉKESFEHÉRVÁR	20
4 METODY ZPRACOVÁNÍ	22
4.1 STUDOVANÁ LITERATURA.....	22
4.2 POUŽITÁ DATA	22
4.3 POUŽITÉ PROGRAMY	23
4.4 POUŽITÉ NÁSTROJE	23
4.4.1 Georeferencování a převzorkování	23
4.4.2 Řízená klasifikace	24
4.4.3 Postklasifikační úpravy	25
4.4.4 Vyhodnocení přesnosti klasifikace	26
4.5 POSTUP ZPRACOVÁNÍ	26
5 VYHODNOCENÍ DRUŽICOVÝCH DAT	27
5.1 VÝSLEDKY VYHODNOCENÍ DRUŽIOVÝCH DAT	27
5.2 LANDSAT.....	27
5.2.1 Ostrava.....	28
5.2.2 Katovice.....	29

5.2.3 Székesfehérvár	30
5.2.4 Lipsko	31
5.2.5 Košice	32
5.3 QUICKBIRD	33
6 DISKUZE	46
7 ZÁVĚR	47
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

ÚVOD

Vývoj lidské společnosti probíhá už tisíce let. V dnešní době je tento proces spjat zejména s urbanizací a jejími fázemi. Kvůli suburbanizaci dochází k rozrůstání městských sídel do svého okolí a tím i k zabírání okolních zemědělských půd a vegetací. Mnohdy to vede až k enormním záborům půd a ve větších městech v důsledku tohoto rozvoje vznikají buď slumy a chudinské čtvrti na okraji města anebo dochází k vyliďňování center za současného vzniku luxusních čtvrtí a satelitních městeček. Tento proces přeměny krajiny je nejlépe viditelný z výšky a díky vzniku dálkovému průzkumu lze touto metodou změny dobře detekovat.

Pokud si vezmeme samotné rozrůstání města, tak v dávné minulosti jej šlo zachytit pouze v analogických mapách, do kterých byly údaje zapsány z průzkumů prováděných pouze pomocí vizuální interpretace. Pověřené osoby mapovaly území, které pak zakreslovaly, a díky jejich práci vznikala kartografická díla. Později se začalo k mapování využívat v tehdejší době moderních či revolučních prostředků, jako například balónů, následně holubů s připevněnou kamerou či posléze různými prototypy letadel. Byť ve své době byly údaje takto získávané velmi ceněné, z dnešního pohledu a v dnešní moderní společnosti jsou již nepoužitelné.

Druhá polovina dvacátého století přinesla novou metodu, jak získávat data o Zemi a o objektech na ní umístěných. Vynález družice lze považovat za převratný nejen pro kartografii, ale i pro obory související. I díky tomu dnes existuje například geoinformatika, jejíž praktické výstupy by možná ocenil i slavný starověký kartograf Claudius Ptolemaios. Technologickým pokrokem a neustálým vylepšováním senzorů na družicích, které mají čím dál lepší prostorové rozlišení, pomocí kterého lze rozeznat či správně detekovat i malé objekty na Zemi, můžeme docílit kvalitních snímků a jejich správných analýz. Vidíme tak, jak se město rozrůstá za své hranice, aniž bychom museli toto území obcházet a ručně zakreslovat tak, jak to činili lidé v minulosti.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je provést hodnocení změny vývoje vybraných měst na základě dat a postupů DPZ.

K dispozici jsou družicové snímky vysokého rozlišení ze systému Landsat, který má prostorové rozlišení v panchromatickém spektru 15 m a v multispektrálním 30 m na hranu pixelu. Šířka scény je 180 km. Data jsou pro každé vymezené území z jiného roku podle možností snímků, se kterými se dá pracovat.

Snímky budou ořezány na zájmové oblasti pěti měst – Ostrava, Košice, Katowice, Lipsko a Székesfehérvár, tím dojde k úbytku objemu dat a urychlení procesu v software ERDAS Imagine.

Pro města jsou k dispozici snímky z roku 1986 až 2013, avšak jednotlivé roky se vždy neshodují. Vývoj měst bude vyhodnocen pomocí metod řízené klasifikace, kdy zájmové oblasti budou rozděleny do 4 informačních tříd – zastavěné území, vegetace, zemědělská půda a vodstvo.

Nad dostupnými daty bude provedena i postklasifikační úprava pomocí majoritního filtru nebo sieve filtru, který odstraní plochy, které jsou menší než zadaná prahová hodnota a poté dojde k vyhodnocení celé práce a k analýze vývoje měst, kdy budou porovnány v daných městech z jiných regionů a států zastavěné plochy na úkor vegetace a zemědělské půdy.

Výsledky porovnání klasifikací z různých časových horizontů budou vykazovat úbytek orné půdy a nárůst městské zástavby v důsledku procesu suburbanizace. Zejména v okrajových částech se vytváří nová urbanizovaná plocha kvůli obytné zástavbě, průmyslové zóně, výstavbě satelitních městeček, hypermarketů atd.

Výstupy budou sumarizovány v přehledných mapách, tabulkách a grafech. Řízená klasifikace bude provedena v software ERDAS Imagine a posléze budou mapové výstupy vytvořeny v prostředí ArcGIS for Desktop.

Celková práce bude obsahovat dvě části. V první, rešeršní, budou detailně popsány možnosti snímku z družicového systému Landsat, zaměřena bude také na misi LDCM. V druhé části bude provedena praktická část bakalářské práce.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Moderním trendem v dnešní době je využívání družicových snímků pro mapování krajiny a jejich zastoupení je v jakémkoliv oboru nenahraditelné. Jejich význam je důležitý nejen pro poznání minulosti území, ale i pro odhadnutí tendence budoucího vývoje. Proto se touthle problematikou zabývá mnoho studií a odborných prací.

2.1 URBANIZACE

Podle Slovníku humánní geografie (Johnston a kol. 2009) lze urbanizaci definovat mnoha způsoby. Jedním z nich je například tvrzení, že jde o typický způsob života lidí, kteří bydlí ve městě. Tuhle myšlenku vyslovil Louis Wirth, který na počátku 20. století popsal urbanizaci v Chicagu. Dále je uvedeno, že urbanizace je proces stávající se městským. John Friedmann (2002) rozlišuje tři možnosti významu urbanizace. První je demografické, kdy průběh urbanizace definuje jako rostoucí koncentraci lidí ve městech a městských sídlech, kde hustota obyvatel je vyšší než v okolních oblastech, které jej obklopují. Druhým významem urbanizace je ekonomický koncept. Zde Friedmann odkazuje na ekonomické aktivity, které automaticky spojujeme s městy, a současně vylučujeme s venkovskými aktivitami, jako je zemědělství, lesnictví nebo rybolov. S jeho názorem souhlasí Lofebvre, (2003) který tvrdí, že růst městské zástavby se rozšiřuje za své hranice a tím zasahuje do zbytku agrární oblasti. Na to navazuje myšlenka Friedmanna (2002), který uvádí, že ekonomickou urbanizací dochází k vymizení zbytkových zemědělských činností a nakonec k úplnému zaniknutí tradičního venkova. Posledním významem je sociokulturní pojetí, které označuje začlenění se do městského způsobu života.

2.1.1 Fáze urbanizace

Podle van den Berga (1982) je urbanizace fází, kdy se obyvatelé stěhují z venkova do měst a koncentrují se v hustě zastavených částech. Tím dochází k rozdílnému tempu růstu jednotlivých částí. Proces byl vyvolán průmyslovou revolucí, díky které byla vyšší nabídka pracovních míst, a sociálními změnami, kdy došlo ke zrušení nevolnictví a tím mohli lidé migrovat do měst. Dalším důvodem bylo snížení mezd v zemědělství a rozvoj průmyslových center. Tyto závody jsou obestavovány novými obytnými budovami, kde se lidé usazují z důvodu blízkosti těchto nově vybudovaných továren, protože v tomto období ještě nedošlo ke zvýšení automobilové dopravy.

Další fází je suburbanizace. Obyvatelé se stěhují z center měst do jejich zázemí z důvodu lepší kvality životního prostředí a levnějších investic do bydlení. Tím vznikají tzv. suburbia neboli satelitní městečka. Centra měst ztrácí obytnou funkci a mění se na místa administrativních, společenských a kulturních aktivit. Díky vývoji automobilové a hromadné dopravy dochází k lepší provázanosti zázemí s jádrem města

To vede i k nevýhodám a negativním dopadům na společnost. Z důvodu dojíždění obyvatel do centra dochází k ucpání center měst automobilovou dopravou. Následkem toho se vymežil pojem desurbanizace. Pracovní zázemí se pro obyvatele stává méně dostupným, snižuje se dopravní dostupnost, chybí místa na parkování a celkově dochází k úpadku vnitřních měst. Proto se terciérní sektor města přesouvá do nově vybudovaných příměstských center. Tím se původní venkovské oblasti mění ve městská sídla, upadá životní úroveň center, dochází k většímu záboru půdy, čímž roste jejich cena, vzniká nezaměstnanost a vzdělání mladí lidé se stěhují do zázemí.

Poslední fází je reurbanizace, při které dochází k obnovení historických center měst, zlepšení dopravní situace a celkových podmínek pro život v jádru města. K tomu slouží programy na zlepšení prostředí a dopravní dostupnosti. Součástí tohoto procesu je i tzv. gentrifikace, kdy dochází k obnovení obytných zón díky příchodu nových mladých ekonomicky aktivních obyvatel, neboli yuppies, kteří nahrazují starší a chudší obyvatelstvo.

2.2 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Lillesand (2008) popisuje dálkový průzkum jako vědu a umění získávat informace o objektech, oblastech nebo jevech pomocí dat naměřených zařízením, které nejsou s těmito objekty, oblastmi a jevy v přímém kontaktu.

Dálkový průzkum (dále jen DP) je metoda získávání informací např. o zemském povrchu ze vzdálených objektů bez přímého kontaktu. To je možné díky existenci nebo vytvoření silových polí mezi snímacím zařízením a snímaného objektu. Elektromagnetická energie je hlavní silové pole používané v DP. Elektromagnetické záření dopadající na senzor může být detekováno a analyzováno. Energie vyzařuje ze zdroje, který může být pasivní, např. Slunce, a aktivní, např. laserové a mikrovlnné vysílače s anténou. Záření se šíří od zdroje k objektu, kde s ním integruje. Část energie se odrazí směrem k snímači, kde jsou vstupní hodnoty zpracovány a uloženy. Tyto hodnoty jsou poté transformovány do obrazů, které mohou být předzpracovány a následně analyzovány pro získání informací o objektu (Konecny G., 2003).

Tyto materiály lze rozdělit do skupin podle fyzikální podstaty, nosiče, účelu atd. Data DP se mohou také rozlišovat podle formy vzniku. Konvenčními metodami vznikají fotografické snímky. Fotografie určité oblasti vznikne centrální projekcí pomocí objektivů na citlivých fotografických vrstvách. Obraz tak vznikne v jeden okamžik v době expozice. Výhodou této metody je možnost zachycení detailu, který je mnohdy pouhým okem nepostřehnutelný. Další předností je konstrukce topografických map velkých měřítek anebo k vyhotovení digitálního modelu terénu. Avšak nevýhodou je rozsah intervalu vlnových délek, v kterém se fotografie pořizují. Pro tento druh snímání se nejčastěji využívají letadla, která nesou na svých palubách speciální skenery (Dobrovolný, 1998).

Nekonvekčními metodami vznikají snímky postupně po řádcích za pomoci radiometrů a skenerů. Kvůli odlišné technice vzniku dochází k typickým zkreslením a nepřesnostem. Mají menší prostorovou rozlišovací schopnost, ale na druhé straně mohou být pořízeny ve větším elektromagnetickém spektru. Jejich digitální podoba umožňuje automatické zpracování (Dobrovolný, 1998).

2.2.1 Družicové systémy

Díky rychlému technologickému vývoji se družicové snímky staly nejpoužívanějším zdrojem informací o naší planetě, které se postupem času využívají ve větším počtu oborů.

Archeologové používají tento program pro identifikaci prvků na snímku, které nemohou být viděny stáním na zemi. Podle klasifikace a identifikace růstu rostlin mohou určit, kde se nacházejí pohřbené archeologické vykopávky.

Specialisté rekultivace krajiny používají satelitní a letecké snímky pro vizuální reprezentaci místa včetně oblastí poruch, změn v kvalitě vody, změn ve vegetaci a k topografickému mapování. Mapy s detekcí změn mohou určovat a kvantifikovat poruchové změny vegetačního krytu a terénu v průběhu času.

Biologové *používají* snímky zase pro identifikování biodiverzity pastvin. Úspěch v ozelenění v rekultivovaných důlních oblastech může být identifikován, kvantifikován a sledován v průběhu nějakého období. Klasifikace může sloužit pro určení skladby vegetace a druhu pokryvu. Pomocí detekce se dá předpovědět změna a rozsah lesního porostu. Dále mohou být sledovány např. mokřady a jiné přírodní prvky krajiny.

Inženýři například využívají tyto data k vymezení důlních poklesů. Také díky fotogrammetrickým metodám s vysokým rozlišením stereo snímků mohou vytvářet přesné topografické mapy. Digitální modely terénu slouží k analýzám zásob, skladovacích nádrží a otevřených jam. Mohou i provádět měření výpočtu sklonu, aspektu a nadmořské výšky.

Geologové mohou satelitní snímky používat pro identifikace anomálií v magnetickém a elektrickém poli Země. Detekují lomové zóny, vizualizují skalní útvary nebo identifikují specifické tvary reliéfu. Určují vlastnosti povrchu, jako jsou změny a jiné známky mineralizace v podzemních ložiskách, rudách, ropy, zemního plynu a podzemních vodách.

Hydrologové díky DPZ sledují jakost vody, její znečištění, identifikují místa, kde se podzemní voda dostává na povrch.

Důvodem se stal přesun z vojenské a výzkumné sféry do komerční. Data poskytovaná např. družicemi Landsat jsou volně dostupná a může si je pořídit podle potřeby jakýkoliv uživatel. V dnešní době si může zákazník nadefinovat parametry a podmínky, při kterých snímek z komerční družice vznikne. Všechna data, která vznikají, jsou vždy archivována. Tím narůstá počet programů, které jsou založeny na studiu vývoje krajiny a na detekci změn v území. Díky archivu, aktuálnosti, které analogové mapy

nemohou dosáhnout, a snadné dostupnosti jsou snímky nezastupitelnou složkou informačního zdroje, sloužící k mapování jevu, které jsou pro uživatele GIS důležité. Jedná se například o různé aktuální děje jako je rozsah záplav, velikost lesních požárů a atmosférické situace. Stále častěji se stávají působivější alternativou leteckých a pozemních mapování a to především pro přizpůsobení cen na trhu. Jsou důležitým zdrojem dat při mapování přírodních katastrof, jako jsou například požáry, povodně nebo znečištění. Svá uplatnění nalézají v oblastech životního prostředí, například při mapování poškození lesa nebo vegetačního stresu, v zemědělství se jedná o mapování land use a land cover nebo těžby dřeva, a i v dalších oborech jako je třeba geologie.

Mezi výhody snímku patří vysoká rychlost mapování území, bezkontaktní metoda, aktuálnost a vyšší počet spektrálních pásem.

LANDSAT

Program Landsat je nejdéle trvajícím misí určenou k pozorování a získávání snímků Země z vesmíru. Jako inspirace pro tento program sloužil snímek z vesmíru od prvních astronautů. Když ho spatřil tehdejší ministr vnitra Stewart Udall, kde uviděl znečištění produkované elektrárnami v jeho rodné zemi, vyzval vládu, aby vytvořila program družic dálkového průzkumu Země. A tak pod vedením USGS a NASA byl vytvořen program ETRS. Začal v roce 1972 a do dnešního dne bylo vypuštěno celkem osm družic na oběžnou dráhu. První družice nesla označení ETRS-A (Earth Resources Technology Satellite, česky Technologické družice pro mapování zdrojů Země) a po úspěšném vypuštění na oběžnou dráhu nosnou raketou Delta 900 z kosmodromu u letecké základny Vandenberg v Kalifornii byla později přejmenována na ETRS-1. Až o tři roky později, po vypuštění družice ETRS-2, byl tento program oficiálně přejmenován na Landsat. Díky tomuto programu došlo i k rozvoji celkového dálkového průzkumu Země. Data pořízená z těchto družic slouží lidem ke studiu Země a k detekci dynamického vývoje krajiny způsobené jak přírodní tak lidskou činností. Snímky z těchto družic jsou nejčastěji využívané díky své historii snímání (42 let) a také velkou výhodou je, že jsou volně dostupné. Ke dnešnímu dni bylo úspěšně vypuštěno 7 družic – Landsat-1 až -5 a Landsat-7 a -8. Po neúspěšném startu se Landsat-6 zřítíl do oceánu.

Landsat-8 (LDCM – The Landsat Data Continuity Mission)

LDCM, spolupráce mezi NASA a United States Geological Survey (USGS), je v pořadí osmý satelit v programu Landsat, který byl vynesena na oběžnou dráhu 11. února 2013 a pořizuje snímky z výšky 705 km. Navazuje na úspěšnou historii šesti družic. Od této družice se očekává, že bude rozšiřovat, zdokonalovat a rozvíjet jedinečnost a přesnost dat zemského povrchu. Poskytuje informace o tom, jak jsou využívány zdroje vod, půd a lesů. Tyto zprávy pomáhají lesním hospodářům rozhodnout, jak rozmístit plodiny na obnovu krajiny po požáru, po napadení škůdců, anebo nemoci původních rostlin. Dále informace využívají vodohospodáři k identifikaci znečištění zdroje vod a půd. Data také zemědělcům pomáhají předpovídat národní i globální produkci rostlin.

Po vypuštění do vesmíru byl satelit LDCM přejmenován na Landsat-8. Na rozdíl od Landsat-7, který má radiometrické rozlišení 8 bitů, tato nová družice získává data s rozlišením 12 bitů (0–4095). Nese dva senzory, OLI (Observational Land Imager) a TIRS (Thermal Infrared Sensor), které snímají ve stejných vlnových délkách jako předchozí senzory na dřívějších satelitech.

Podle Dr. James R. Irons Kromě toho navíc OLI obsahuje dva kanály, které snímají nové části elektromagnetického spektra. Používají se zejména pro detekci oblak cirrus a pro pozorování pobřežních zón a aerosolů v atmosféře.

Senzor TIRS shromažďuje data ze dvou úzkých spektrálních pásem v tepelné oblasti, na které se dříve vztahovalo pouze jedno široké spektrální pásmo. Tyto dva senzory představují pokrok v technologii a výkonu senzorů.

Oba tyto vědecké nástroje měří a získávají data s rozlišením 15–100 m v závislosti na vlnových délkách.

QUICKBIRD

V roce 1993 byla založena společnost WorldView Imaging Corporation, která se později přejmenovala na EarthWatch Incorporated a v roce 2002 změnila definitivně název na DigitalGlobe, který trvá dodnes. O dva roky dříve dostala firma licenci od NOAA na provoz družice o rozlišení 0,5 m. Tím společnost zvýšila rozlišení z plánovaného metru na 61 cm, díky změně dráhy oběhu kolem Země.

QuickBird 2

Campbell (2011) ve své knize uvádí, že tato v pořadí třetí a už jediná družice byla vypuštěna na oběžnou dráhu dne 18. října 2001 pomocí nosné rakety Delta II z vojenské základny Vandenberg, která se nachází v Kalifornii v USA. Váží 1028 kg a obíhá kolem Země po heliosynchronní dráze ve výšce 496 km. Satelit nese na své palubě dva senzory, panchromatický a multispektrální, které snímají Zemi s přesností 61cm a 2,44 m a v odchýlení 72 cm a 2,88 m. Panchromatický skener má rozsah vlnových délek od 445 nm do 900 nm. Multispektrální skener obsahuje 4 pásma - modré 450–520 nm, zelené 520–600 nm, červené 630–690 nm a blízké infračervené 760–900 nanometrů. Frekvence snímání je 3 dny. Snímky pořízené touto družicí mají velké množství využití od tvorby digitálních modelů terénu, topografických map velkých měřítek, po územní plánování a precizní zemědělství.

2.3 DPZ A URBANISMUS

Mapování zastavěných ploch pomocí DP lze rozdělit na dvě skupiny. První možností jsou projekty zaměřené na mapování land use a land cover, kdy jsou vymezované i hranice zastavěných oblastí. Druhou skupinou je detailní zkoumání struktur sídel. Pro tuto druhou oblast výzkumu jsou důležité podrobnější snímky s vysokou prostorovou rozlišovací schopností než v prvním případě (Burian, 2009).

Významnou možností využití DP při urbánních studiích je sledování časových změn, kdy se využívají snímky z různých časových období. Díky tomu se dají pozorovat změny ve struktuře území.

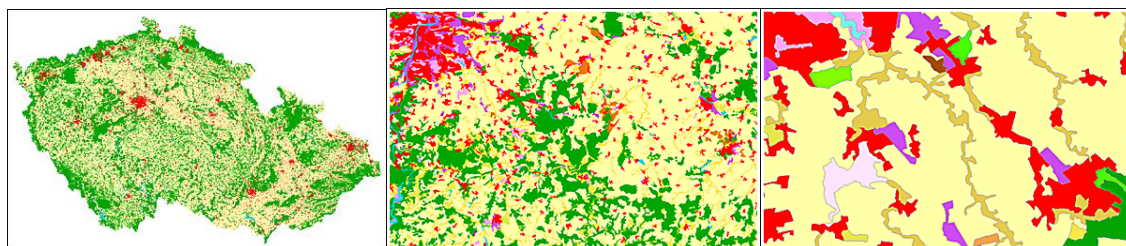
Díky technologickému pokroku a vývoji jsou data z družic přesnější a detailnější a lze je využívat v mnoha aplikačních oblastech jako je například urbanismus a územní plánování, detekce urban sprawl, detekce změn zástavby, sledování změn land use a land cover, atd.

2.4 APLIKACE DPZ V URBANISMU

2.4.1 CORINE

Mezinárodní program CORINE (Coordination of Information on the Environment) byl zahájen Evropskou komisí v roce 1985. Cílem tohoto programu je sběr, koordinace a zajištění kvalitních informací o životním prostředí a přírodních zdrojů, které je srovnatelné v rámci Evropského společenství. CORINE má tři části a to Land Cover (krajinný pokryv), Biotopes (biotopy) a Air (vzduší). O šest let později byl program rozšířen i do střední a východní Evropy.

Cílem tohoto projektu je vytvoření jednotné databáze krajinného pokryvu Evropy na základě stejné metodiky, která se bude pravidelně aktualizovat po uplynutí určitých let. V této databázi se nachází polygony, které vznikly interpretací družicových snímků nasnímaných v příslušném referenčním roce. Výstupem pak jsou mapy vegetačního pokryvu v měřítku 1 : 100 000, který je rozdělen do 44 informačních tříd. Tyto mapy pak informují o rozložení krajinného pokryvu v daném roce. Zatím je tento program zpracován pro roky 1990, 2000 a 2006. Dále je projekt tvořen změnovými databázemi, které vyjadřují přírůstek a úbytek oblastí jednotlivých tříd mezi dvěma referenčními roky. Informace poskytované tímto programem slouží k lepší *informovanosti* o využívání krajinného pokryvu a jsou podkladem pro řešení odborných prací a vědeckých projektů.

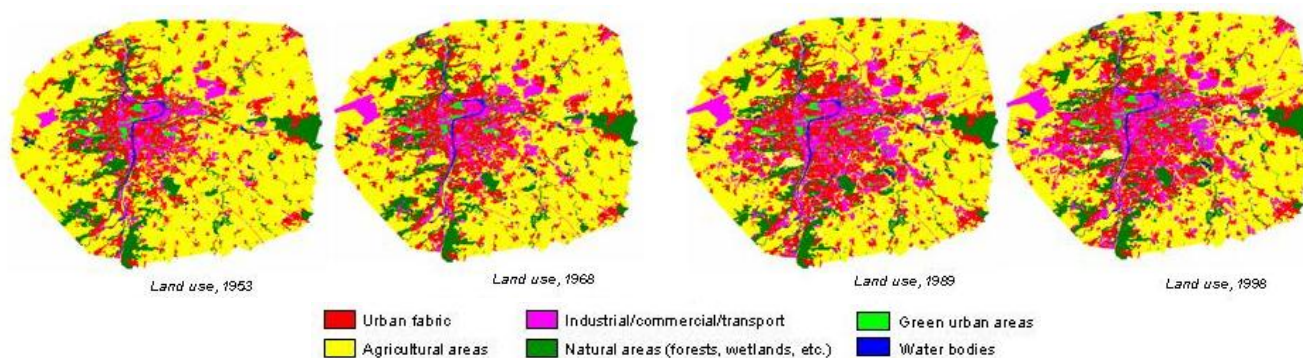


Obr. 1 CORINE land cover pro Českou republiku, zdroj: CENIA

2.4.2 MOLAND

MOLAND (Monitoring Land Use/Cover Dynamics) je výzkumný projekt pod správou italského Institutu pro životní prostředí a udržitelný rozvoj. Tento program byl zahájen v roce 1998 pod názvem MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics) s cílem sledovat vývoj městských oblastí a identifikovat trendy v evropském měřítku. Práce zahrnuje výpočet ukazatelů a posouzení vlivu antropogenních stresových faktorů se zaměřením na rozšiřování sídel, dopravy a cestovního ruchu. Zabývá se tak celkovým vlivem člověka na krajinu. Od roku 2004 MOLAND přispívá k hodnocení a analýzám dopadů extrémních povětrnostních jevů, to vše v rámci výzkumu pro přizpůsobování a vyrovnávání se se změnou klimatu. Hlavním cílem je poskytnout nástroje územního plánování, které mohou být použity pro hodnocení, monitorování a modelování vývoje městského a regionálního prostředí. Rysem projektu je umožnit kvantitativní a kvalitativní srovnání na celoevropské úrovni. Další charakteristikou je přijmout metodiku, která je současně aplikovaná na území celé EU a současně i na regionálním a lokálním rozměru. V rámci projektu byla zahájena i řada doplňkových aktivit jako jsou GEOLAND, ADAM a PLUREL.

V současné době je tato metodika aplikována na rozsáhlou síť měst a regionů o rozloze cca 70 000 km². V České republice je sledovanou oblastí úsek mezi Prahou a Drážďany ve směru plánované dálnice D8.



Obr. 2 Rozsah zástavby v Praze v roce 1953, 1968, 1989 a 1998, zdroj: MOLAND

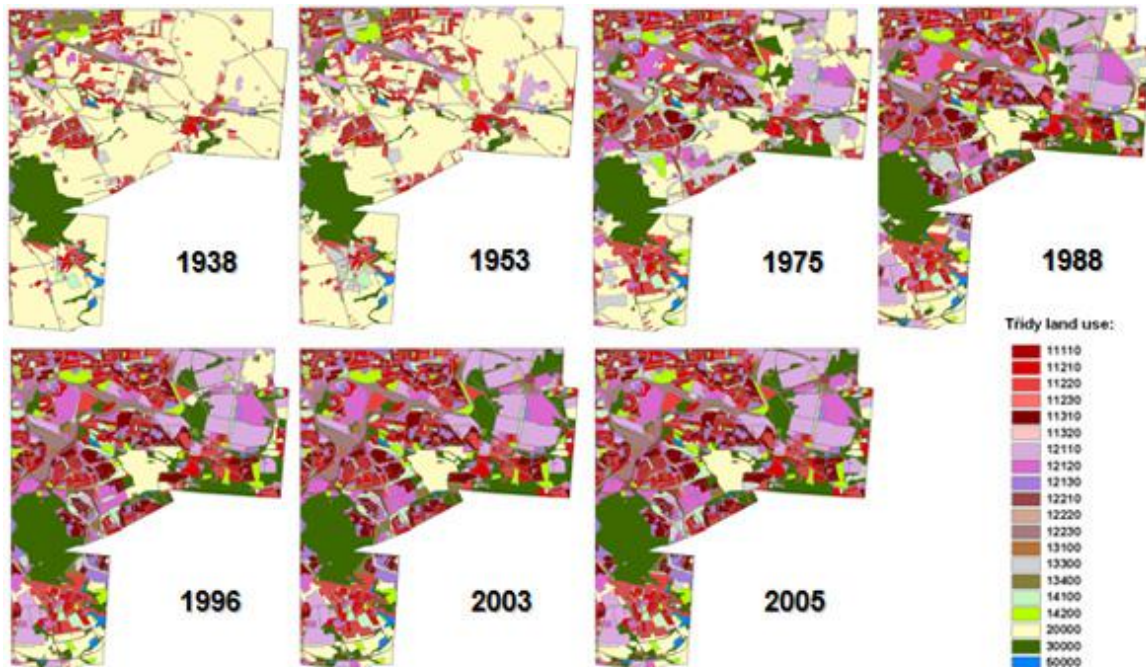
2.4.3 URBAN ATLAS

Urban Atlas je evropská mapovací služba vycházející z iniciativ Evropské komise a Evropské kosmické agentury (ESA). Poskytuje detailní informace o využití území evropských aglomerací na základě interpretace snímků z družice SPOT 5. V rámci jednotné metodiky bude prováděno každé tři roky mapování a tím se budou vyhotovovat podklady pro vyhodnocení změn městského území v Evropě.

Od roku 2010 je k dispozici první land use, který zahrnuje i větší česká města, samozřejmě včetně Prahy. Pro hlavní město byly využity družicové snímky z roku 2006 a 2007. Vyhodnocení zahrnuje jednotnou legendu o využití území. Vychází z výstupů

aktivit Evropské kosmické agentury GMES. Slouží pro *ilustraci* stavu a vývoje města v delší časové řadě.

Z tohoto projektu lze vyčíst změny zastavěného území, zeleně i zemědělské půdy.



Obr. 3 Využití území části Prahy, zdroj: Geoportal Praha

2.5 AKADEMICKÉ PRÁCE

Na Katedře geoinformatiky v Olomouci se řešilo mnoho prací na téma urbanismus, ale na detekci vývoje města pomocí metod dálkového průzkumu jsou zaměřena zejména dvě díla a to bakalářská práce Petra Závodníka na téma Využití technologie DPZ při monitoringu dynamiky rozvoje města Olomouce a magisterská práce Petry Sádovské s názvem Vývoj urbanizovaného území na základě leteckých snímků.

Obě jsou zaměřené na vývoj města Olomouce, avšak v bakalářské práci jsou podkladem data z družice Landsat, zatímco v magisterské jsou využívány letecké snímky.

Petr Závodník ve svém díle provedl klasifikaci nad dvěma snímky z roku 1990 a 2000, které vzájemně porovnal a detekoval tak nové urbanizované plochy. Výsledky klasifikace z roku 2000 srovnal s územním plánem pro město Olomouc. Na rozdíl od mé práce byla tato řešena v prostředí ArcView GIS Image Analysis a byla zde použita neřízená klasifikace pomocí nástroje *Categorize* a klasifikátoru *Isodata*.

Diplomová práce Sádovské je zaměřena na vývoj zástavby Olomouce pomocí leteckých snímků z roku 1927 až 2009. Byla vytvořena za pomoci programu ERDAS IMAGINE 2010 a funkce *Mozaic Pro* a následně byla data ručně digitalizována a vyhodnocena.

Na Karlově univerzitě se podobným tématem například zabývala ve své diplomové práci Barbora Vostracká, která také mapovala změny zástavby s využitím dat DPZ. To bylo realizováno pomocí zpracování dat z družice QuickBird a leteckých snímků. Pro satelitní snímek byla použita klasifikace per pixel, díky které došlo k vymezení oblasti zástavby, zatímco urbanizované plochy na leteckých snímcích byly vizuálně interpretovány.

Ze zahraničí stojí za zmínku studie Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and Landsat data od Paolo Villa, který ve městě Miláno v Itálii detekoval vývoj zástavby pomocí SVI indexu. Jako podkladová data této práce použil družicové snímky Landsat. Hlavním přínosem této studie je návrh metodiky pro mapování multitemporální analýzy vývoje městské oblasti pomocí snímků Landsat.

3 VYMEZENÉ ÚZEMÍ

3.1 OSTRAVA

Statutární a krajské město Ostrava, ležící na východě poblíž polských hranic, je třetí největší město České republiky, ve kterém žije přes 300 tisíc obyvatel. Skládá se z 23 městských částí, které se společně rozprostírají na 331,5 km². Lesy tvoří z celkové plochy 16,2%, zemědělská půda 47,1% a vodní plochy mají nejnižší podíl rozlohy, a to 3,5%. Ostrava je jedním z nejvýznamnějších sídelních a průmyslových center. Nachází se v členitém terénu geomorfologického celku Ostravské pánve na soutoku řek Lužiny, Odry, Opavy a Ostravice. Díky strategicky výhodné poloze docházelo k vývoji jak v celostátním tak i v mezinárodním měřítku.

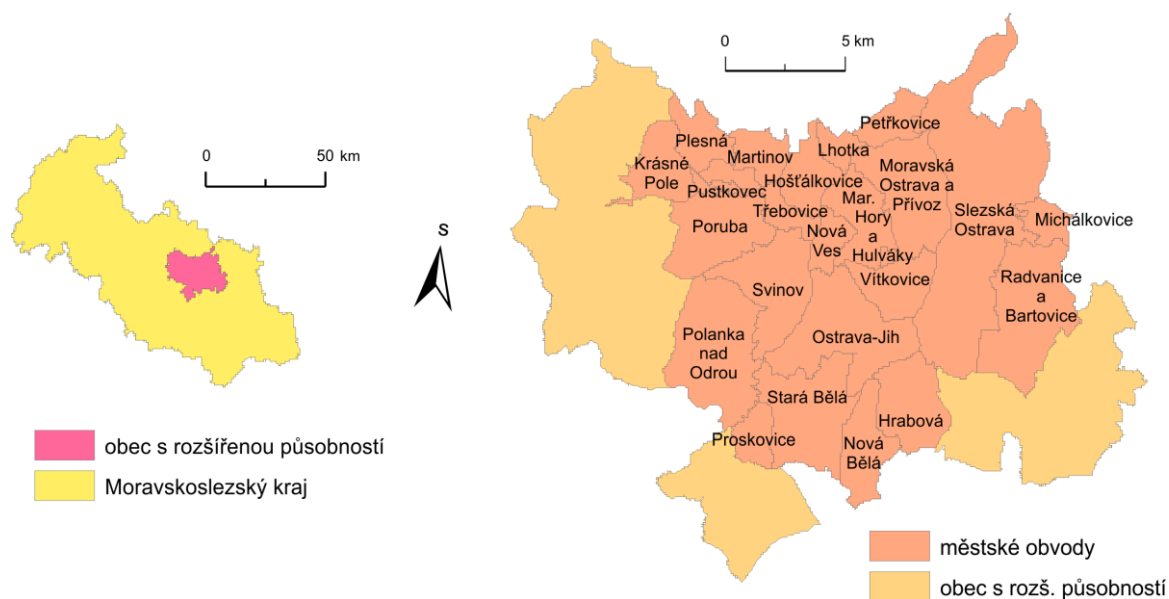
První zmínky o osídlení spadají až do doby kamenné. Archeologické nálezy dokazují, že zde před 25 tisíci lety tábořili lovci mamutů. Byly tu nalezeny důkazy o tom, že pravěcí lidé používali uhlí z povrchových ložisek. Jedná se o první doložené použití černého uhlí na světě.

Na počátku 19. století byly založeny Vítkovické železárny, což mělo za důsledek růst aglomerace. V roce 1924 došlo ke sloučení sedmi obcí a vznikla tzv. Velká Ostrava. To mělo za následek významný stavební vývoj města. Bylo zde vybudováno mnoho obchodních domů, bank a správních budov. V letech 1929–1934 ovlivnila chod města světová hospodářská krize. Na podzim roku 1938 došlo kvůli Mnichovské dohodě k zabrání pohraničí Německem, které vyvrcholilo 15. března 1939, kdy byla nacistickou armádou okupovaná celá Česká republika. Všechny podniky se dostaly do správy německého koncernu Göringových závodů a byly přeorientovány na válečnou výrobu.

V poválečných letech docházelo k rozvoji těžkého průmyslu se zaměřením na hornictví a ocelářství, což vedlo k označování města jako „ocelové srdce republiky“ a „město uhlí a železa“. Na konci 40. let 20. století se začalo se stavbou rozlehlého komplexu Nová huť v Ostravě-Kunčicích. To mělo za následek růstu nových okrajových čtvrtí spojené s procesem suburbanizace. Mezi nejdůležitější nově vystavená sídliště patří Poruba, Zábřeh, Hrabůvka, Výškovice a Dubina. Od roku 1945 se stala Ostrava univerzitním městem. Díky divadlům a nesčítelně mnoho kulturních středisek město poskytovalo obyvatelům kulturní a společenské zázemí.

Po převratu a nastolení demokracie došlo k potlačení důlní činnosti, která zde trvala více než dvě stě let. Na přelomu 21. století se ve Vítkovicích přeorientovali na strojírenskou výrobu. Od roku 2000 se Ostrava stala sídlem nově vzniklého Moravskoslezského kraje.

VYMEZENÉ ÚZEMÍ OSTRAVY



Obr. 4 Vymezené území Ostravy

3.2 KOŠICE

Město Košice je druhé největší město na východě Slovenské republiky v blízkosti hranic s Maďarskem. Leží na obou březích řeky Hornád na styku Košické kotliny a Slovenského rudohoří. Skládá se z 22 městských částí o rozloze 242,8km² a bydlí zde okolo 240 tisíc lidí.

Počátky osídlení můžeme datovat do doby kamenné a první písemná zmínka o tomto městě pochází z roku 1230. Stejně jako Ostrava mají i Košice díky výborné poloze obchodní a strategickou výhodu, a proto v dřívějších dobách zaznamenaly rychlý vzestup. Díky uděleným privilegiím docházelo k rozkvětu řemeslné výroby.

Až do počátku 18. století si Košice zachovaly postavení druhého města Uherska. V roce 1657 zde byla postavena univerzita.

Po rozpadu Československa v období druhé světové války patřily Maďarsku. Patnáct let po válce se město stalo krajským centrem východního Slovenska. Na jihovýchodním předměstí zde byl vystaven hutní závod, což mělo za důsledek zvýšení počtu obyvatel, a proto se začalo s výstavbou nových sídlišť. Košice byly označovány za jedno z nejrychleji rostoucích měst. Od roku 1993 jsou sídlem Ústavního soudu Slovenské republiky.

3.3 KATOVICE

Významné historické město Katowice se nachází v oblasti Horního Slezska v jižním Polsku. Je součástí největší aglomerace v tomto státě. Leží na řekách Klodnica a Rawa. Jeho celková rozloha činí 164,7km² a žije zde okolo 312 tisíc obyvatel. Město je členěno do pěti obvodů a celkově do 22 čtvrtí.

První zmínka o tomto městu se datuje do roku 1598, ale historie sahá až do 14. století. Rozvoj obce byl spjat s výstavbou železniční tratí z Berlína do Myslowice. Díky industrializaci a rozvoji komunikačních sítí došlo k rychlé urbanizaci obce. Od roku 1742 za pruské anexe zde byl rozvíjen těžký průmysl, zejména ocelárny a uhelné doly. Za druhé světové války město patřilo Třetí říši. Po válce za dob komunismu zde byla vystavěna nová sídliště. Mezi lety 1953–1956 došlo k přejmenování na Stalingród. Město v době industrializace utrpělo škody zejména na životním prostředí, avšak díky novým nařízením byla většina těchto škod napravena.

3.4 LIPSKO

Leipzig neboli Lipsko je okresní město na severozápadě Německa ve státě Sasko. S jeho rozlohou 297,4 km² se řadí k jeho největším městům, kde žije okolo 521 tisíc lidí.

Bylo založeno Slovy v 10. století a první písemná zmínka se datuje do roku 1015. O sto let později se díky trhům stalo významným centrem. V roce 1409 zde byla založena univerzita, díky které došlo k rozvoji města nejen ve vzdělanosti ale i v řemeslu a průmyslu.

Nejnámější událostí, která se zde stala, je bitva u Lipska, jež se odehrála 16. až 19. října 1813.

V roce 1839 zde byla vystavěna železniční trať do Drážďan, což vedlo k rozvoji území. Lipsko se tak stalo významným komunikačním uzlem. Došlo k procesu urbanizace, kdy se lidé začali stěhovat do města za prací, a tak město narůstalo obrovských rozměrů.

Během Kříšťálové noci zde byly vypáleny židovské budovy a synagogy. Město bylo zničeno bombardováním při osvobození americkou armádou. V období komunismu zde byly vystavovány nové sídliště a obytné čtvrti.

Po pádu totalismu bylo Lipsko přebudováno v jedno z nejmodernějších měst Východního Německa.

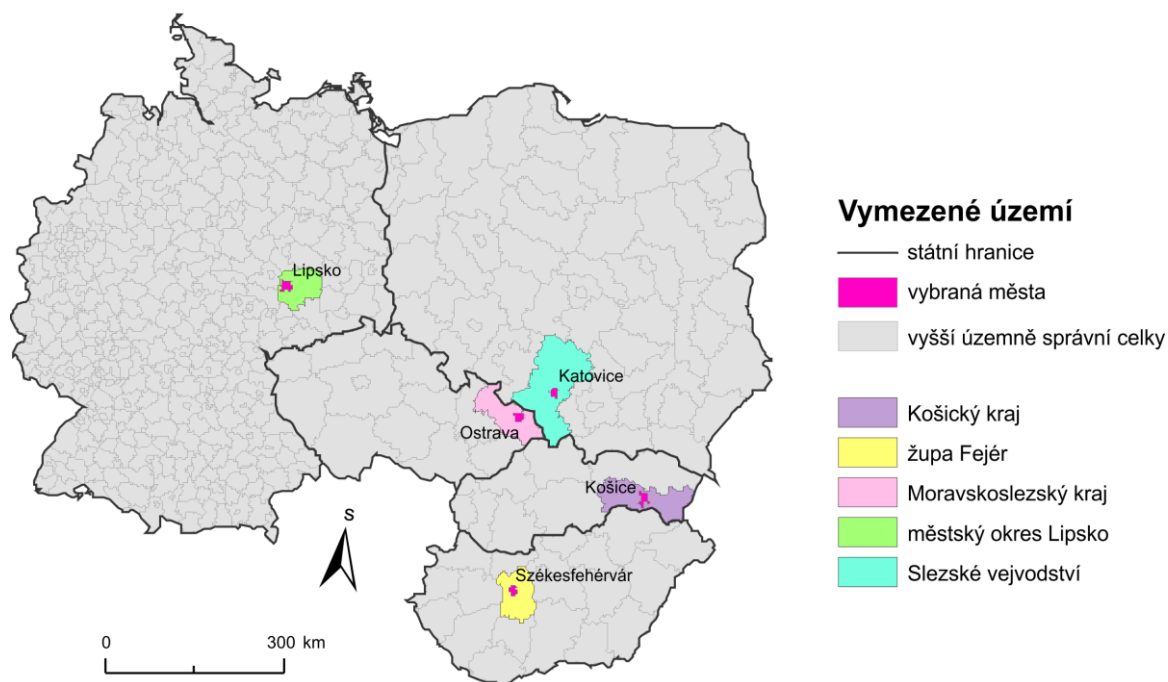
3.5 SZÉKESFEHÉRVÁR

Székesfehérvár, doslova přeloženo jako Stoliční Bělehrad, je jedno z nejstarších maďarských měst. S jeho rozlohou 170,9km² a se 101 tisíci obyvateli patří mezi menší maďarská města. Je centrem maďarské župy Fejer.

Město bylo založeno na křižovatce cest vedoucích z jihu od Balkánského poloostrova na sever na Slovensko. Už v roce 972 zde bylo založeno panovnické sídlo velkoknížete. V pozdějších letech byl městu udělen titul královského města.

V průběhu několika staletí se zde vystřídaly nadvlády jiných kultur, například v 17. století toto město okupovali Turci. Za vlády Marie Terezie se město stalo sídlem biskupa. V období po druhé světové válce došlo i zde k industrializaci a výstavbě nových čtvrtí a sídlišť. Velmi významný byl strojírenský průmysl a zpracovatelský závod hliníku. Na konci socialistického režimu bylo hodně závodů a továren zavřeno a tím přišlo hodně lidí o práci. Nicméně díky dobré lokalizaci a dobrému dopravnímu spojení město přitahuje mnoho zahraničních firem, které zde investují svůj kapitál a budují nadnárodní společnosti, které podporují obchod a přechod na tržní ekonomiku Maďarska.

VYMEZENÉ ÚZEMÍ VYBRANÝCH MĚST



Obr. 5 Vymezené území pěti vybraných měst

4 METODY ZPRACOVÁNÍ

4.1 STUDOVANÁ LITERATURA

Kvůli licenci na ERDAS Imagine 2013 byla praktická část řešena od října do prosince roku 2013. Zároveň s tím probíhalo studium dostupné literatury.

4.2 POUŽITÁ DATA

Jako podkladová data jsou vybrány snímky z družicových systému Landsat a QuickBird. Jedná se o snímky v rozmezí 1986 – 2013 let. Data ze systému Landsat byla stažena z americké webové stránky USGS (U. S. Geological Survey) <http://earthexplorer.usgs.gov/> a obsahovala vždy mé zájmové území jednoho z pěti měst. Ne všechna se dala použít kvůli atmosférickým vlivům, které znemožní zpracování snímku. Jednotlivá území byla ořezána a tím došlo ke zmenšení objemu dat a k následnému lepšímu chodu programu.

Pro má vybraná území byly použity scény z družic Landsat-4,-5,-7 a -8. Snímky byly pořízeny senzory TM, ETM+ a OLI a jsou z období od dubna do září mezi lety 1986 a 2013. Prostorové rozlišení každého multispektrálního snímku je 30 metrů a obsahují podle typu senzoru rozdílný počet spektrálních pásem. Celkový snímek se rozprostírá na území o rozloze 185x185km. Pro každé jednotlivé město bylo zvoleno specifické kartografické zobrazení. Pro města Ostrava, Košice, Katovice a Székesfehérvár bylo vybráno zobrazení UTM Zone 34N a pro Lipsko UTM Zone 33N. A jako souřadnicový systém byl zvolen jednotně WGS 84.

Data s velmi vysokým prostorovým rozlišením z družice QuickBird byla zakoupena Katedrou Geoinformatiky UP v Olomouci.

Tab. 1: Přehled použitých snímků ze systému Landsat

Město	Snímek	Senzor	Rok	Období
Ostrava	LT51890251986168XXX01	TM	1986	červen
	LT51890251991246XXX02	TM	1991	září
	LE71890252001121SGS00	ETM+	2001	květen
	LC81890252013210LGN01	OLI	2013	srpen
Košice	LT51870261986138XXX03	TM	1986	květen
	LT51870261991168XXX03	TM	1991	červen
	LE71870262002174EDC00	ETM+	2002	červen
	LC81860262013189LGN00	OLI	2013	červenec
Katovice	LT51890251986168XXX01	TM	1986	červen
	LT51890251991182XXX03	TM	1991	červenec
	LE71890252002156SGS00	ETM+	2002	červen
	LC81880252013251LGN00	OLI	2013	září
Lipsko	LT51930241986212XXX09	TM	1986	červenec
	LT41930241990151XXX01	TM	1990	květen
	LE71930242002232EDC00	ETM+	2002	srpen
	LC81930242013126LGN01	OLI	2013	duben
Székesfehérvár	LT51880271986145XXX03	TM	1986	květen
	LT41880271992186XXX02	TM	1992	červenec
	LT51880272002173MTI00	TM	2002	červenec
	LC81880272013139LGN01	OLI	2013	květen

4.3 POUŽITÉ PROGRAMY

Tato práce byla vypracována pomocí programů ERDAS Imagine 2013 a ArcGIS for Desktop.

4.4 POUŽITÉ NÁSTROJE

4.4.1 Georeferencování a převzorkování

Tato metoda pomocí vhodných vřícovacích bodů převede rastrový družicový snímek do správného souřadnicového systému. Tento proces byl vytvořen v software ERDAS Imagine 2013, kde byla použita funkce *Control Points* z toolboxu *Transform & Orthorect* a tím došlo k přepsání původních zdrojových souřadnic na nové správné podle referenčních.

Georeferencování je metoda, při které se k registrovaným datům dodá informace o absolutní poloze alespoň jednoho obrazového prvku. Tímto procesem se mění pouze

informace o poloze pixelů na rozdíl od DN hodnot, které se nemění (Dobrovolný, 1998). Byl vybrán souřadnicový systém UTM Zone 33N/34N a kartografické zobrazení WGS 84.

K převzorkování obrazu byla vybrána metoda nejbližšího souseda (*nearest neighbor*). Jedná se o způsob převzorkování, při kterém se do nové pozice jen posune digitální hodnota nejbližšího pixelu z původního obrazu. Je to nejméně přesný způsob, ale zachová hodnoty původních pixelů, což je důležité pro pozdější klasifikaci obrazu (Dobrovolný, 1998).

4.4.2 Řízená klasifikace

Klasifikace je proces, při kterém dochází k přiřazování informačního významu k pixelům. Nahrazují se hodnoty radiometrických charakteristik původního snímku, které vyjadřují spektrální vlastnosti objektů, hodnotami vyjadřující tzv. informační třídy. Klasifikace je založena na použití rozhodovacích pravidel tzv. klasifikátorů, podle kterých jsou všechny prvky obrazu zařazeny do určité třídy (Dobrovolný, 1998).

Řízená klasifikace může být definována jako průběh použití vzorků o známé identitě k zařazení neznámých obrazových prvků. Těmito vzorky jsou pixely, které jsou lokalizované v trénovacích plochách (*training areas*). Zpracovatel definuje tyto trénovací plochy určením oblastí na snímku, které jsou hledaným druhem povrchu a jejichž identita je jasně známá. Takové oblasti by měly být typickými spektrálními vlastnostmi a samozřejmě by se měly vyznačovat homogenitou dle jednotlivých informačních tříd, které budou klasifikovány. Zároveň by neměly obsahovat neobvyklé plochy a neměly by překračovat hranici mezi kategoriemi. Následná klasifikace obrazu se provádí pomocí použití vhodných algoritmů, které zařadí pixely snímku do jednotlivých informačních tříd podle typu povrchu (Campbell, 2011).

Podle Dobrovolného (1998) se tento proces dělí do pěti fází.

1. definování trénovacích ploch
2. výpočet statistických charakteristik pro tyto oblasti charakterizující jednotlivé třídy, jejich editace a výběr vhodných pásem pro vlastní klasifikaci
3. volba vhodného rozhodovacího pravidla tzv. klasifikátoru
4. zatřídění všech pixelů do vymezených tříd
5. úprava, hodnocení a prezentace výsledků

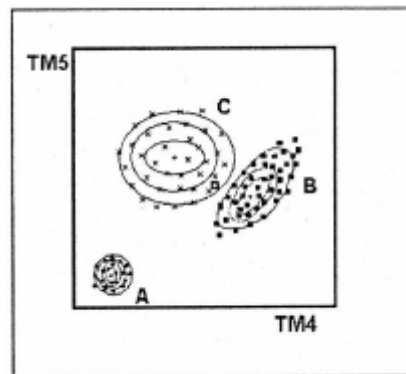
Klasifikátory se zabývala v roce 2011 ve své bakalářské práci studentka Eva Tögelová, která porovnávala klasifikátory per-pixel pro identifikaci zástavby. Podle jejich výsledků je nejlepší pro multispektrální snímky rozhodovací pravidlo maximální pravděpodobnosti (*maximum likelihood*).

Tento klasifikátor je častou a oblíbenou metodou klasifikace snímků. Hodnotí rozptyl, korelaci a kovarianci každé třídy při zatřídování každého neznámého pixelu.

Vychází z předpokladu, že shluky obrazových prvků mají normální rozdělení (Dobrovolný 1998).

Vypočte se pravděpodobnost, že hodnota pixelu se vyskytuje v rámci rozdělení jedné informační třídy, dále že se vyskytuje v druhé třídě atd. A nakonec po výpočtu pro všechny kategorie se zařadí tam, kde je pravděpodobnost největší, nebo nikam, pokud je hodnota tohoto obrazového prvku menší, než hodnota prahu (Kolář 1997).

Znázornění shluků pomocí korelačního pole dvou pásem multispektrálního obrazu znázorňuje obr. 6. Každý shluk byl spojen o stejné pravděpodobnosti výskytu pixelu s určitou hodnotou. Tím vznikly izolinie, které mají tvar elipsy. Tento klasifikátor je výpočetně náročnější a je také daleko citlivější na nedostatky v trénovacích plochách (Dobrovolný, 1998).



Obr. 6 Klasifikátor maximální pravděpodobnosti (Dobrovolný, 1998)

V prostředí ERDAS Imagine 2013 se řízená klasifikace provádí pomocí nástroje *signature editor*, kde se pomocí AOI vrstev vybírají trénovací plochy. Ty by měly být rovnoměrně rozmístěny po snímku a měly by obsahovat dostatečný počet pixelů. Do editoru se poté tyto trénovací plochy přidávají jako nové třídy, kde se také mohou sloučit na základě spektrální podobnosti. Informační třídy se posléze převedou na klasifikovaný obraz pomocí funkce *supervised classification*, kde se nastaví všechna zmíněná pravidla, např. klasifikátor maximální pravděpodobnosti.

4.4.3 Postklasifikační úpravy

Klasifikovaná data často obsahují šum „pepř a sůl“ a špatně zařazené nebo osamocené pixely, které se zařazují do tříd podle hodnot jednoho obrazového prvku a neberou ohled na své okolí.

Jedním z nejlepších shlazujících filtrů je *majority filter*. Při této úpravě filtrační okno projíždí nad klasifikovanými daty a mění hodnoty pixelů. Jestliže ve středu tohoto okna není majoritní *class*, tak ji filtrační okno změní na onu majoritní *class*. Když se v tom okně ani žádná taková hodnota nenachází, tak nedojde k žádné změně (Lillesand, 2008).

K této úpravě slouží nástroj *statistical filtering* v záložce *thematic*, kde se dá vybrat typ filtru a nastavit velikost filtračního okna 3x3, 5x5 nebo 9x9 pixelů.

4.4.4 Vyhodnocení přesnosti klasifikace

Podle Lillesanda (2008) není klasifikace dokončena, dokud není zhodnocena její přesnost. To se dělá pomocí *accuracy assessment* v záložce *supervised classification*. Tam se definuje počet náhodných bodů (*random points*), podle kterých se hodnotí přesnost. Ideální počet se pohybuje okolo 250 bodů. Ty se vytvoří rovnoměrně po celé oblasti klasifikovaného snímku. Poté uživatel přiřazuje hodnoty tříd vytvořeným bodům podle vizuálního porovnání. Výsledkem je poté chybová matice, která uvádí přesnost jednotlivých tříd, kde porovnává hodnoty referenčních dat s hodnotami vytvořené klasifikace.

4.5 POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Prvním krokem jsou geometrické korekce. U některých snímků rektifikace není potřeba, protože už data obsahují informaci o souřadnicovém systému, avšak pro ty, které tuto hodnotu postrádají, je důležité, aby jim byl souřadnicový systém přidělen. Snímky jsou transformovány pomocí vhodně vybraných vlíčovacích bodů. Nejnižší povolený počet identických bodů jsou 4 páry. Jelikož bude obraz následně klasifikován, musí být použit model nejbližšího souseda pro převzorkování.

Další částí práce bylo vytvoření shapefile jednotlivých měst, podle kterých je možné ořezat snímek, aby ubyl objem dat a tím mohl software pracovat rychleji.

Následný výřez se zpracovává pomocí řízené klasifikace. Na vymezeném území se zvolí vhodně situované trénovací plochy, podle kterých se vytvoří klasifikovaný obraz. Trénovací plochy by měly být rovnoměrně rozmístěné po území, měly by zahrnovat reprezentativní pixely jednotlivých informačních tříd a zároveň obsahovat i dostatečný počet pixelů. Trénovací plochy se dají následně spojovat do finálních informačních tříd. Pomocí klasifikátoru maximální pravděpodobnosti se vytvoří téměř konečný výstup. Aby byla zlepšena i vizuální stránka, použije se pro shlazení řízené klasifikace majoritní filtr s velikostí filtračního okna 3x3. Tím se výsledek upraví a odfiltrují se obrazové prvky, které byly špatně zařazeny.

Posledním krokem se spočítají rozlohy klasifikovaných objektů pomocí přidání atributu *area* a automatického převedení na rozlohu území v kilometrech čtverečních. Tato data jsou pak statisticky vyhodnocena a upravena pomocí finálních výstupů v podobě map, grafů a tabulek.

5 VYHODNOCENÍ DRUŽICOVÝCH DAT

5.1 VÝSLEDKY VYHODNOCENÍ DRUŽIOVÝCH DAT

Výsledky, ke kterým se touto prací dospělo, jsou zpracovány do přehledných map, grafů a tabulek.

První částí jsou mapy vyhotovené ze snímků družicového systému Landsat pro jednotlivá území, která znázorňují město ve 4 obdobích vývoje a změn v celkovém rozmezí 27 let. Výstupy byly vytvořeny pomocí řízené klasifikace a oblasti byly zařazeny do 4 informačních tříd.

Další částí jsou zpracovaná data ze satelitu QuickBird, kde snímek pokrývá jen určitou část zájmového území a tím může dojít jen k porovnání procentuálního zastoupení informačních tříd z vybraných území pěti měst. Dále byly jednotlivé zájmové oblasti ořezány daty Landsat, aby došlo k přesnému vymezení oblasti jak ze systému Landsat, tak ze systému QuickBird, a bylo možné je navzájem porovnat.

Poslední částí jsou tabulky a grafy, díky kterým je možné studované oblasti rychle a snadno porovnat.

5.2 LANDSAT

Analýzou vývoje je sledován rozvoj sítě komunikací a zástavby ve městech Ostrava, Katovice, Košice, Lipsko a Székesfehérvár v letech 1986, 1991 (1990,1992), 2001 (2002) a 2013.

Cílem práce bylo vyhodnotit možnosti snímků a nástrojů pro urbanistické aplikace a také potvrdit nárůst zástavby na úkor vegetace a zemědělských půd, což se také podařilo. U každého z měst se dokázalo, že postupem času se projevuje proces suburbanizace a dochází tak k rozrůstání oblasti sídla do svého okolí.

Problémem je u výstupů z Landsat klasifikovaná třída *zemědělská půda a vegetace*, která se liší od skutečného stavu z důvodu vegetačních období, a tak mohlo dojít ke klasifikování vegetace do zemědělské půdy a naopak. Avšak z důvodu zadání mé bakalářské práce na to nebyl brán zřetel.

V mém studovaném území došlo k výraznému nárůstu zastavěné plochy na úkor převážně zemědělské půdy. Tím se zvýšil podíl této třídy na celkové ploše území. Pokles byl zaznamenán u vegetace a zemědělské půdy. Výrazně klasifikaci ovlivňuje změna senzorů z TM na ETM+ a tím dochází i k lepší automatické interpretaci jednotlivých oblastí. To lze porovnat i pomocí procentuální přesnosti jednotlivých klasifikací, kdy se hodnoty pohybují u TM skeneru okolo 83 % a u ETM+ a OLI okolo 93 %.

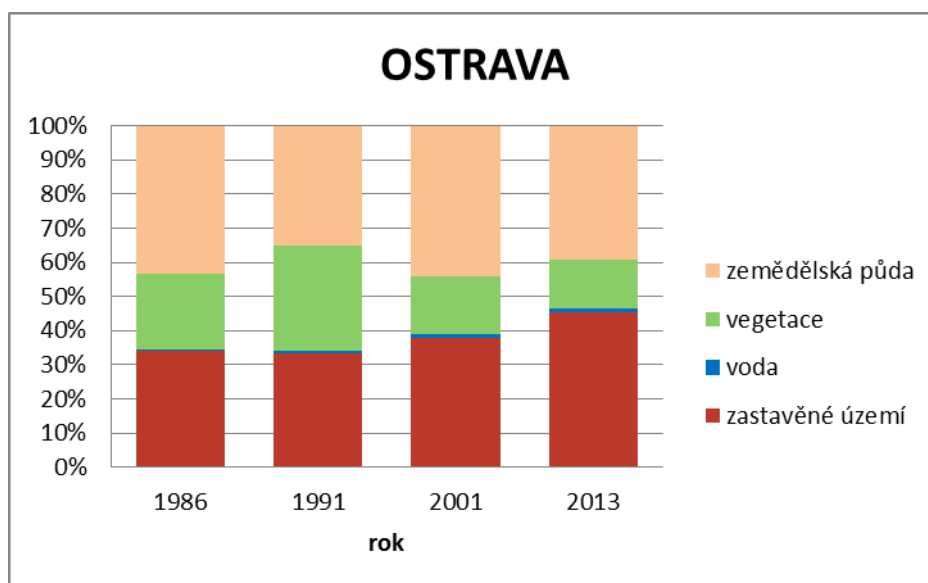
Pro každé město je zpracována mapa, graf a tabulka, kde lze nejnadhěji rozeznat rozdíly mezi vybranými roky.

5.2.1 Ostrava

V mém vymezeném území pro město Ostravu můžeme v rozmezí 27 let pozorovat nárůst zastavěného území zejména díky připojování menších vesniček z okolí k jádru města a následnému propojování těchto oblastí. Díky tomu docházelo k lepší provázanosti těchto míst a ke zlepšování infrastruktury. Celkově došlo od prvního sledovaného roku k nárůstu urbanizovaných ploch o 25,1 % (v rámci této jedné informační třídy). K nárůstu patrným pouhým okem, dochází už v prvním období mezi lety 1986 a 1991, avšak k žádné významné statistické změně podle výsledků nedošlo. V prvním období se dokonce hodnota zástavby zmenšila o 2,5 %. Jelikož se podle klasifikace však jedná „jen“ o 1,8 km², tak na tuto negativní změnu není brán ohled. V další fázi sledovaného období se město zejména rozrůstá směrem na východ a v západní části dochází k postupnému budování čtvrti Poruba. Zejména díky lepšímu senzoru družice Landsat-7 dochází k lepšímu vymezení města a jeho vnitřní struktury. V této druhé fázi se do roku 2001 městská zástavba zvětšila o 12 %. Největší plošná změna zastavěného území nastala ve třetím období mezi lety 2001 a 2013, kdy se podíl zastavěných ploch zvýšil o 16,9 %, což bylo nejvíce za sledované období. V roce 1991 vegetace vykazuje nejvyšší a zemědělská půda nejnižší hodnoty. Důvodem může být kvalita snímku i vegetační období jednotlivých rostlin v tomto území, které značně působí na výstupy řízené klasifikace. Velkým faktorem, který ovlivňuje výsledky, je kvalita snímku a s ní spojená i přesnost výsledné klasifikace. Řízené klasifikace provedené na snímcích pořízených ze senzoru TM mají přesnost 84 % a 84,60 % a kappa koeficient činí 0,75 a 0,77. Nízké hodnoty jsou z důvodu horší snímací schopnosti skeneru, která je způsobena nižším počtem spektrálních pásem. Díky vývoji a vylepšení skeneru na družici Landsat-7 a nové vypuštěné družici Landsat-8 se docílilo uspokojivějších výsledků. V roce 2001 byla přesnost 93,2 % a o 12 let později 92,4 %.

Tab. 2: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

Třída	1986	1991	2001	2013
zemědělská půda	93,2	75,7	94,9	84,2
vegetace	47,7	66,4	36,3	31,1
voda	1,3	1,9	2,4	2,3
zastavěné území	73,4	71,6	81,4	98,0



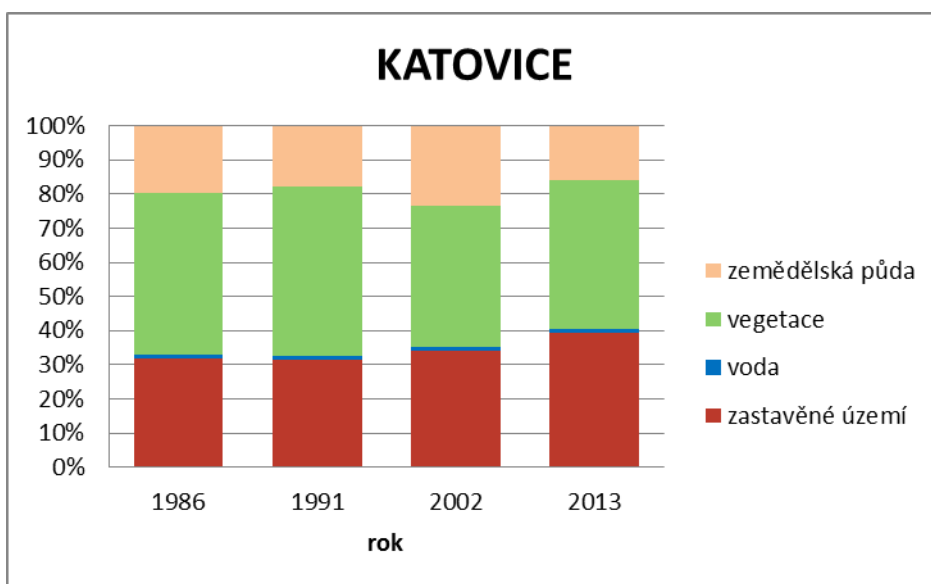
Graf 1 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

5.2.2 Katovice

V tomto městě se pomocí řízené klasifikace podařilo detekovat rozsah zástavby v letech 1986, 1991, 2002 a 2013. Za celých 27 let se plocha města zvětšila jen o 18,7 %. Stejně jako u města Ostravy však rok 1986 vykazuje vyšší hodnoty než o 5 let později. Také se jedná o malou část území s hodnotou nižší o 1,5 % než z roku 1986, a proto s ohledem na prostorovou rozlišovací schopnost je tento výkyv zanedbatelný. Největší změny, které se dají pozorovat pouhým okem, nastaly v druhém období mezi lety 1991 a 2002, kdy došlo ke změně senzorů a tím i k lepší klasifikaci jednotlivých informačních tříd. V tomto vymezeném období došlo k nárůstu zastavěných ploch o 7,4 %. V roce 2002 došlo i k rozeznání komunikace, která vede skrz město z východu na západ a zejména se v tomto roce vydetekovaly i změny v jihozápadní části města. V tomto Jižním městě došlo k výstavbě nových městských částí Zarzecze, Kostuchna a Podlesie. Největší změny však nastaly v letech 2002 a 2013, kdy se za 11 let urbanizované plochy rozrostly o 13,5 %. Výsledky hodnot rozlohy informačních tříd vegetace a zemědělské půdy nejsou nijak rozdílné. Pouze v roce 2002 se rozsah vegetace snížil na úkor zemědělských půd, avšak příčinou může být již zmiňované vegetační období nebo druh vysázených rostlin na polích. Urbanizovaná plocha se rozrůstá do okolí a čím dál více zabírá zejména ornou půdu. První dva snímky pořízené družicí Landsat-5 mají přesnost řízené klasifikace také pod 85% a kappa koeficient se pohybuje okolo 0,7. Až díky změně senzorů a družic se přesnosti dalších dvou zvýší o 10% a kappa koeficient se už více blíží k požadované hodnotě 1.

Tab. 3: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

Třída	1986	1991	2002	2013
zemědělská půda	32,9	29,7	38,6	26,0
vegetace	78,0	82,4	68,7	72,4
voda	1,8	1,6	1,6	1,7
zastavěné území	53,0	52,2	56,4	65,2



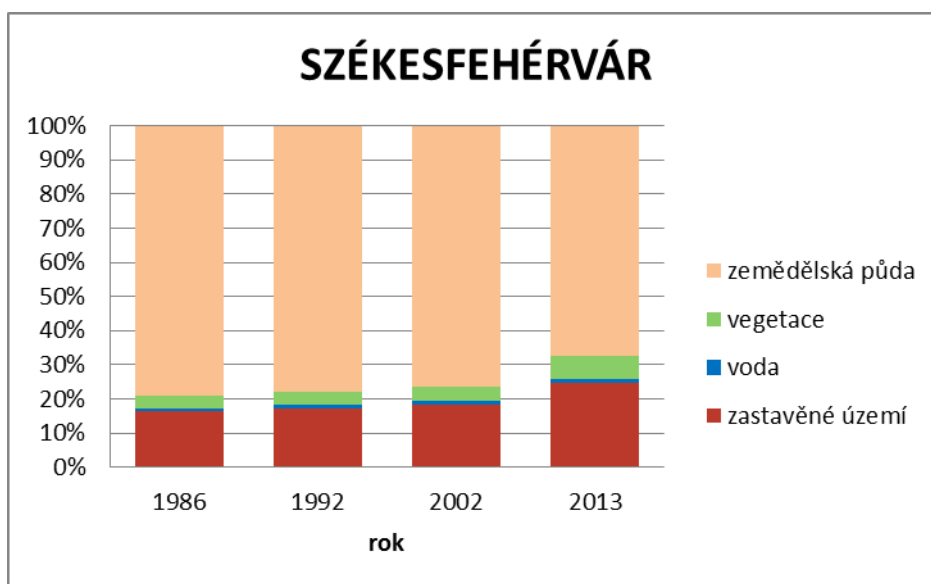
Graf 2 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

5.2.3 Székesfehérvár

Ve vymezeném území města Székesfehérvár nedocházelo v rozmezí 27 let k výrazným změnám. Díky změně sensorů z TM na ETM+ lze detekovat lépe strukturu města a komunikací, které vedou napříč územím. Od roku 1986 došlo ke zvýšení zástavby o 32,9 %. V prvních dvou obdobích se struktura tohoto území nijak zásadně nezměnila. Do roku 1992 se zvýšila zástavba pouze jen o 3,7 % a o 10 let později o 6,6 %. Zatímco v poslední fázi došlo k největší změně v tomto území. Za posledních 11 let se rozloha urbanizovaných ploch změnila o 25,4 % což je mnohonásobně více než v předchozím období. V tomto území se vyskytuje nejvíce zemědělských půd než v ostatních městech, tudíž můžeme říct, že se město rozvíjí převážně jen do polí, luk a pastvin ve svém okolí. Rozloha vegetace vykazovala první dvě období stejné hodnoty, v tom posledním, od roku 2002 až do 2013, se však podíl této třídy zvýšil o 40 %. Vše nasvědčuje tomu, že k tomu došlo opět díky zlepšení senzoru. Pro toto město jsou snímky z prvních tří sledovaných let z družice Landsat-4 a -5, které měly stejný TM skener. Až při změně družic a díky nové vypuštěné Landsat-8 došlo k lepší detekci změn v krajině. Díky tomu se i od roku 2002 zlepšila přesnost o 6 %. Navzdory tomu kappa koeficient i přes zlepšení snímku z roku 2013 vykazoval nejnižší hodnoty ze všech vytvořených klasifikací.

Tab. 4: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

Třída	1986	1992	2002	2013
zemědělská půda	135,9	134,0	131,7	115,9
vegetace	6,2	6,4	6,6	11,0
voda	1,4	2,2	2,2	2,3
zastavěné území	28,3	29,4	31,5	42,2



Graf 3 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

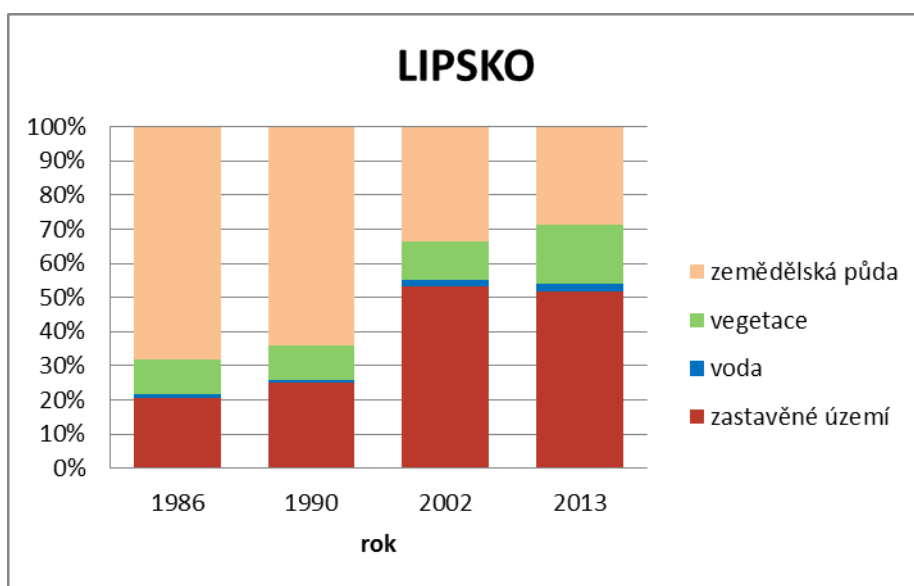
5.2.4 Lipsko

Město Lipsko se vyznačuje nejvyšším nárůstem podílu zastavěných ploch na celkovém vymezeném území. Celkově se jeho urbanizovaná plocha zvětšila o 59,9 %. Od roku 1990 se v období 12 let zvýšila rozloha urbanizovaného území o 53,6 % převážně na úkor zemědělských půd. V tomto městě také došlo k výstavbě nových zastavěných ploch na jihu a průmyslových oblastí na severu území. Mezi prvním a druhým rokem nedošlo k výrazným změnám stejně jako v období mezi lety 2002 a 2013. V první fázi se zástavba zvětšila o 16,3 % zatímco v poslední fázi ke statistickým změnám nedošlo. Spíše je zaznamenán pokles u zastavěného území, ale jelikož se jedná o malou procentuelní změnu (3,2 %), tak by se dalo říci, že zde změna vůbec nenastala (podle prostorového rozlišení družicových dat ze systému Landsat, které činí 30 m v multispektrálním režimu). Na grafu vývoje tohoto města jde přehledně pozorovat zábor zemědělské půdy na úkor zástavby. V tomto území se během 27 let zvýšil i podíl vody, díky výstavbě nových vodních ploch na jihu vymezeného území. Stejně jako u předchozích sídel i zde se přesnost klasifikace ze skeneru TM z družice Landsat-5 pohybuje pod hranicí 85% a tudíž i kappa koeficient nemá vysoké hodnoty. V roce 2002 a 2013 se díky družicím Landsat-7 a -8 přesnost zlepšila o 10% a tím i koeficient kappa má hodnoty bližší 1. Jelikož je Lipsko jedno z nejmodernějších měst ve východní části Německa, tak se dá

očekávat, že se zde bude proces suburbanize projevovat výrazněji než v ostatních vybraných městech i do budoucna.

Tab. 5: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

Třída	1986	1990	2002	2013
zemědělská půda	205,1	191,0	100,5	86,2
vegetace	30,8	30,5	34,7	51,8
voda	2,5	2,6	5,4	6,7
zastavěné území	62,2	74,3	160,0	155,1



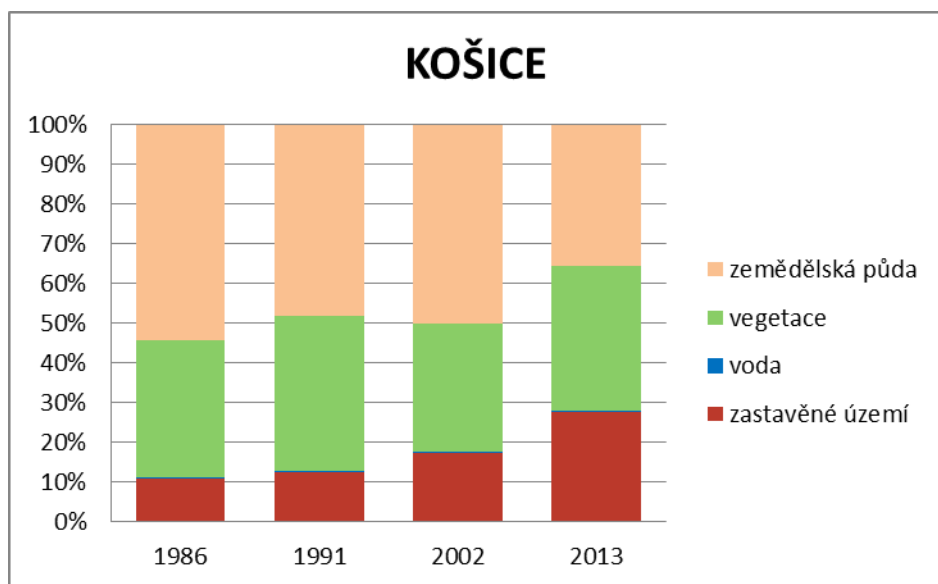
Graf 4 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

5.2.5 Košice

Vybrané město Košice jsou vynikajícím příkladem postupného rozrůstání se do svého okolí na úkor zemědělské půdy. Jako všechna ostatní města se i u tohoto největší změny týkají posledního období, a to mezi lety 2002 a 2013. Za toto období se zvýšil podíl urbanizovaných ploch o 38 %. Celkově se od roku 1986 změnila zástavba za 27 let o 60,6 %. K největší výstavbě průmyslových areálů a obytných zón docházelo v jižní části města, kde vznikla například nová oblast pro bydlení Šaca. V jižní části tohoto města se také vystavělo letiště, které je patrné na klasifikaci z roku 2013. Ačkoli jsou Košice dobrým příkladem rozrůstání města do svého okolí, hodnoty přesností klasifikací a kappa koeficienty nejsou tak vysoké jako u předchozích měst. Nejlépe zhodnocenou řízenou klasifikací je až výstup ze snímku z roku 2013 s přesností 90,4 %. I přes horší výsledky přesností však růst města zachovává trend rozvoje a můžeme říci, že se také rozrůstá za své hranice na úkor zemědělské půdy.

Tab. 6: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

Třída	1986	1991	2002	2013
zemědělská půda	133,4	118,0	122,8	87,9
vegetace	84,2	96,1	79,0	89,9
voda	0,5	0,7	0,9	0,5
zastavěné území	27,0	30,4	42,5	68,6



Graf 5 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

5.3 QUICKBIRD

Snímky z družice QuickBird, které zakoupila KGI, jsou už od pohledu lepší pro využívání urbanistických aplikací. Díky lepšímu prostorovému rozlišení podávají méně zkrácené informace o struktuře a celkové rozloze města.

Pro každé město byla vyhotovena řízená klasifikace s podobným rozdělením do tříd. Navíc vznikla kategorie stín, jelikož díky již zmíněnému lepšímu prostorovému rozlišení lze na snímku spatřit i vržený stín jednotlivých budov a vysoké vegetace. Dále došlo ke spojení travnatých ploch a vegetace, aby bylo porovnání se snímky ze systému Landsat více podobné. Data z družice QuickBird jsou vhodná i pro rozlišování jednotlivých zemědělských plodin, avšak pro tuto práci byly tyto plochy spojeny do jedné informační třídy, jelikož cílem práce nebylo zjistit jaký druh určité plodiny je zástavbou vytlačován.

Podíl zástavby se na snímcích s velmi vysokým rozlišením příliš neliší. Nejvíce urbanizované plochy se vyskytují v Katovicích a Lipsku, kde se procentuální podíl této informační třídy pohybuje okolo 34%, zatímco u zbývajících měst se jedná pouze o 23%.

Nejmenší podíl zemědělské půdy a zároveň největší podíl vegetace se vyskytuje na snímku Katovic. Pomocí časové řady bylo zjištěno, že právě ono polské město je podle procentuálního porovnání nejméně rostoucím sídlem z pěti zkoumaných měst. To je dáno právě těmito faktory. V okolí sídla se nachází mnoho přírodních památek a rezervací, tudíž se zde podle mého názoru natolik neprojevil proces suburbanizace.

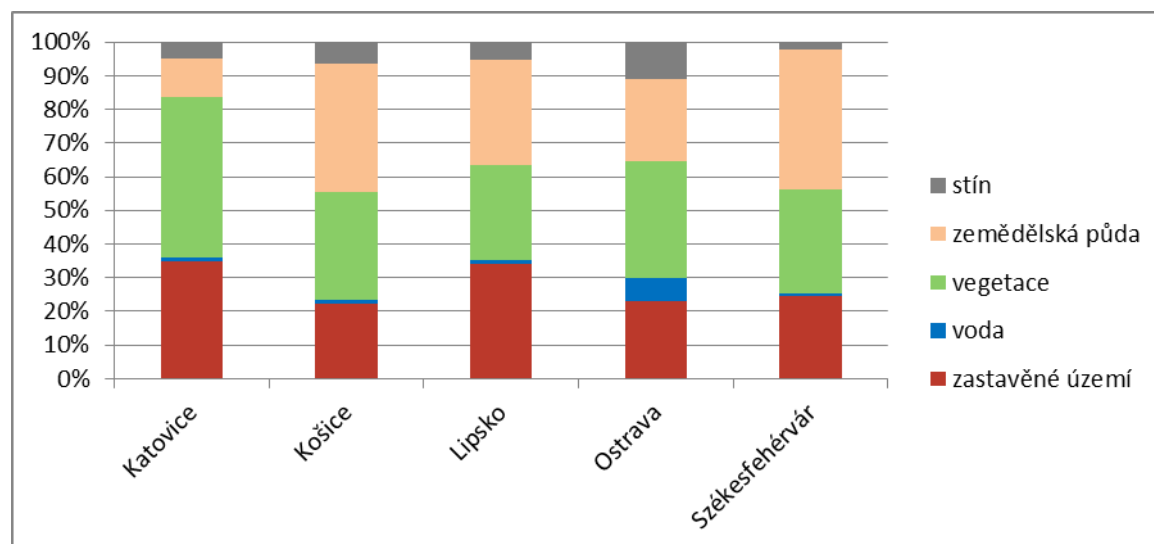
Srovnání pěti měst je provedeno jen v rámci již ořezaných snímků. Celková plocha zakoupených dat se liší, tudíž tyto hodnoty nejsou až tak statisticky významné.

Vybraná zájmová území byla vzájemně porovnána jak pomocí řízené klasifikace, tak pomocí přesností jednotlivých klasifikací a to mezi sebou a i s daty z družic Landsat.

Právě toto srovnání s daty z jiného družicového systému je důležitou částí této práce.

Tab. 7: Rozloha klasifikovaných tříd [km²]

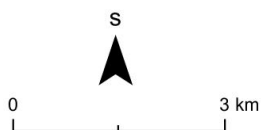
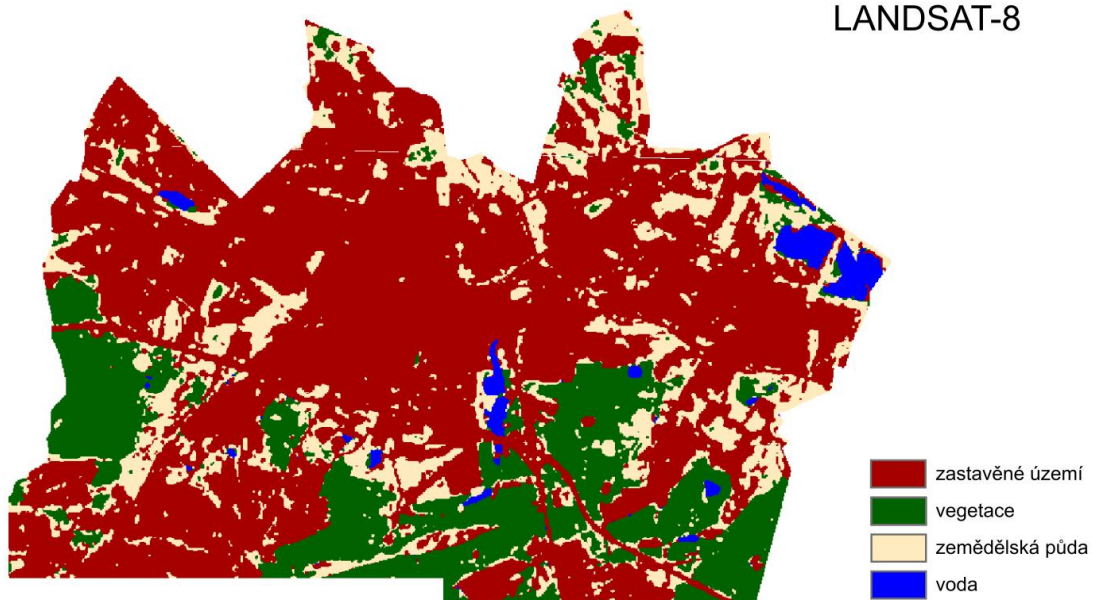
město	zastavěné území	zemědělská půda	vegetace	voda	stín
Katovice	41,3	13,5	56,7	1,7	5,9
Košice	21,1	35,9	30,1	0,9	6,0
Lipsko	38,9	35,9	32,3	1,7	6,0
Ostrava	36,2	38,8	54,4	11,3	17,4
Székesfehérvár	17,7	30,1	22,3	0,6	1,5



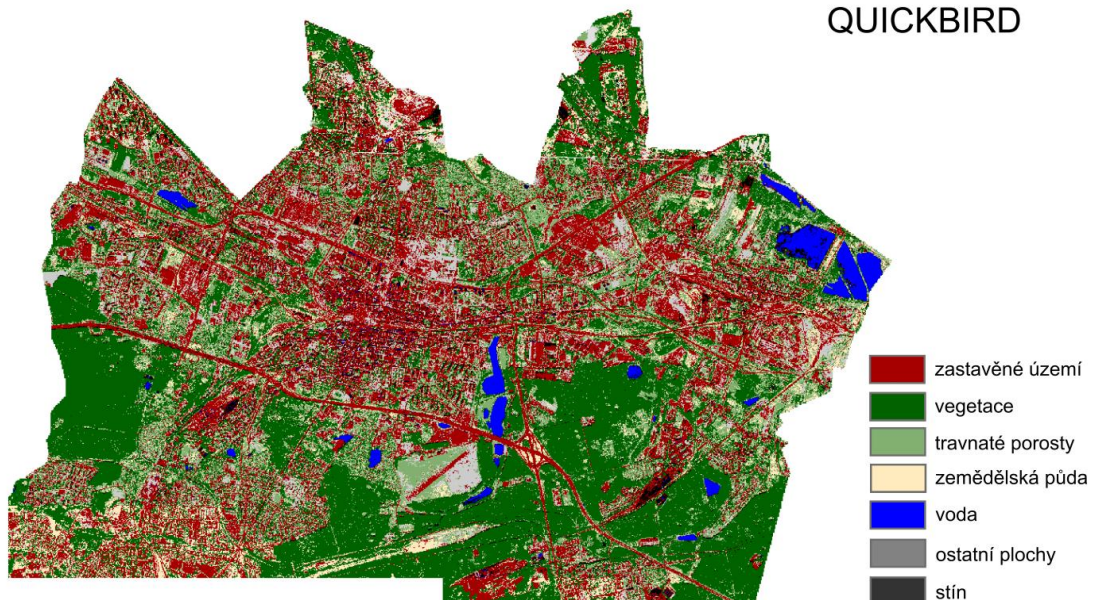
Graf 6 Procentuální zastoupení jednotlivých informačních tříd

VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA KATOVICE

LANDSAT-8

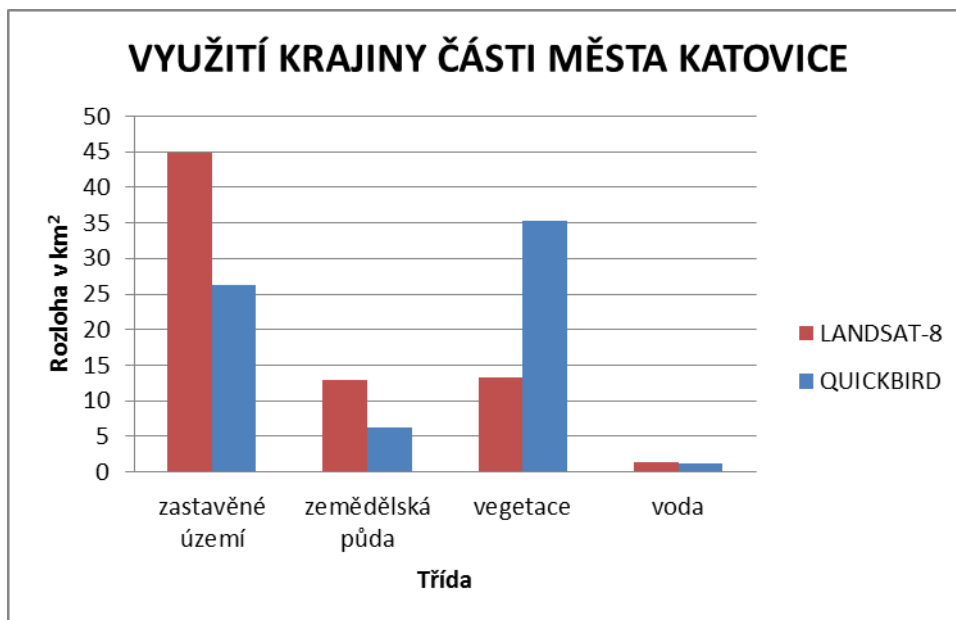


QUICKBIRD



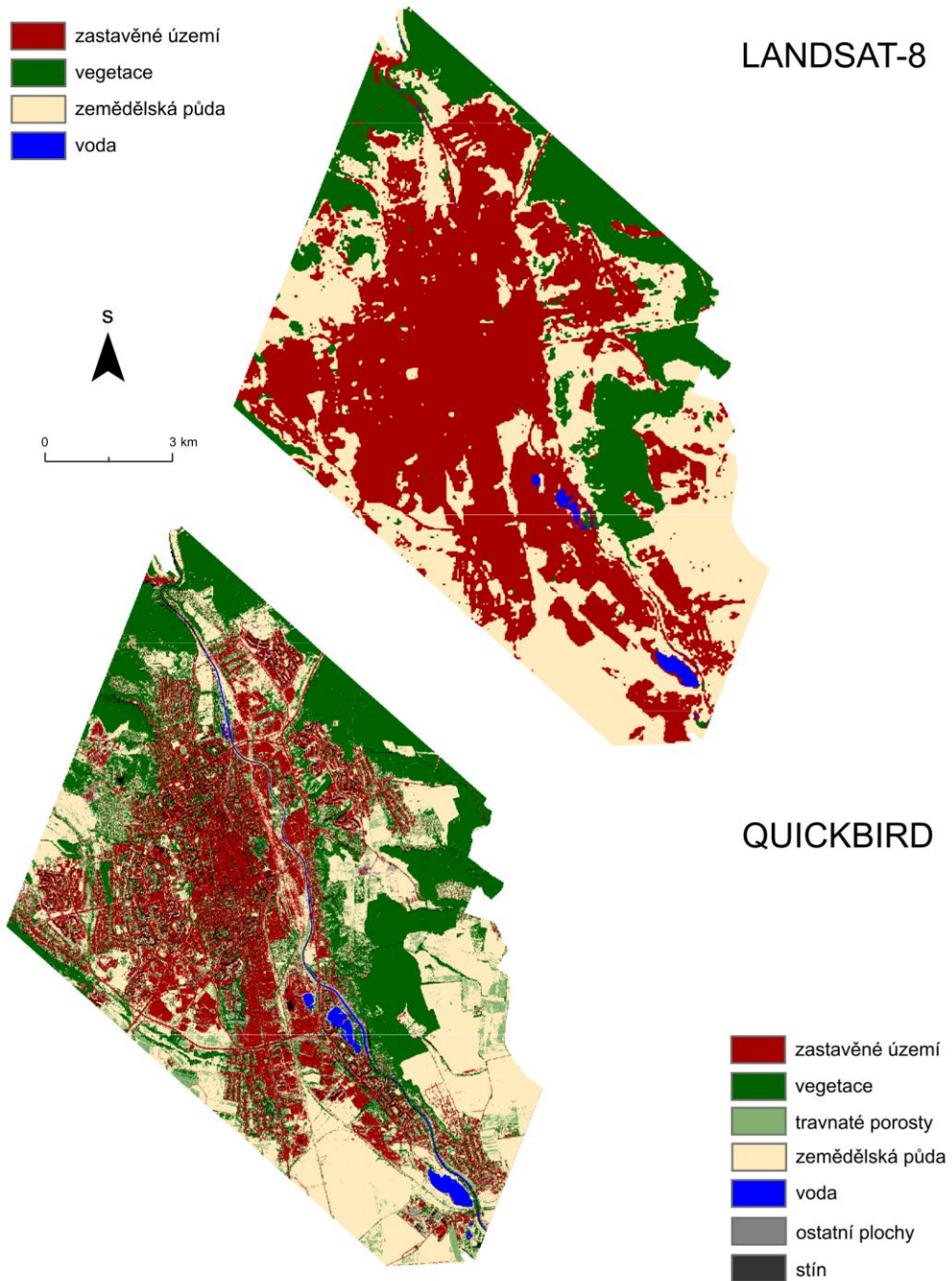
Tab. 8: Porovnání rozloh [km²]

KATOVICE	QuickBird	Landsat
zastavěné území	26,3	44,8
zemědělská půda	6,3	12,9
vegetace	35,3	13,3
voda	1,2	1,4



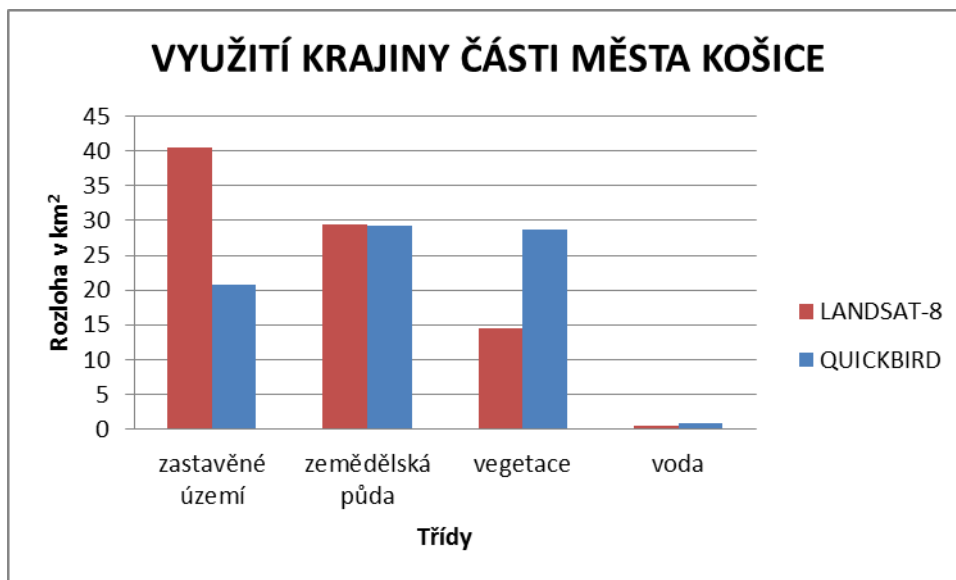
Graf 7 Porovnání rozloh jednotlivých tříd

VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA KOŠICE



Tab. 9: Porovnání rozloh [km²]

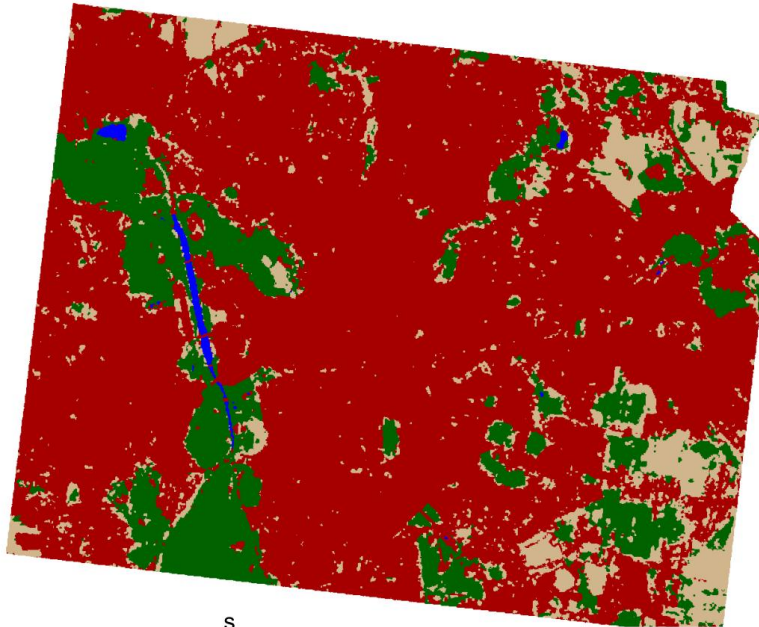
KOŠICE	QuickBird	Landsat
zastavěné území	20,8	40,5
zemědělská půda	29,3	29,5
vegetace	28,7	14,5
voda	0,8	0,4



Graf 8 Porovnání rozloh jednotlivých tříd

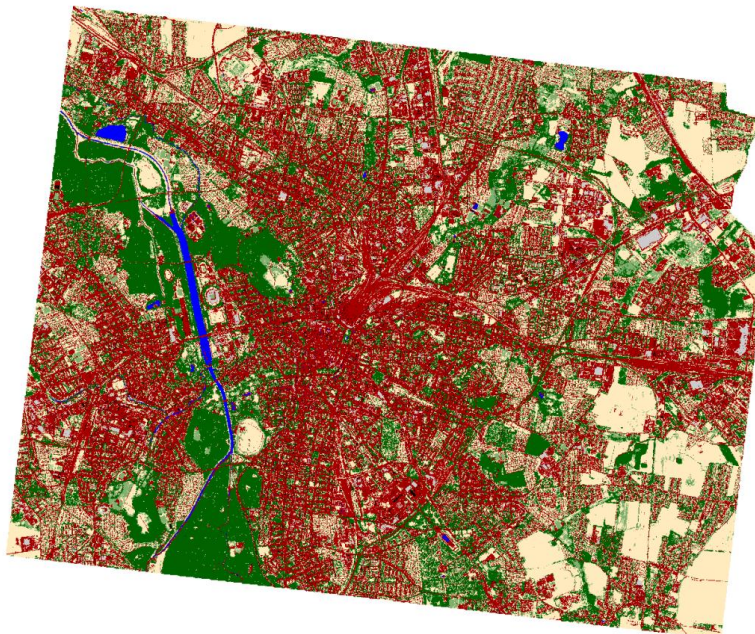
VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA LIPSKO

LANDSAT-8



- zastavěné území
- vegetace
- zemědělská půda
- voda

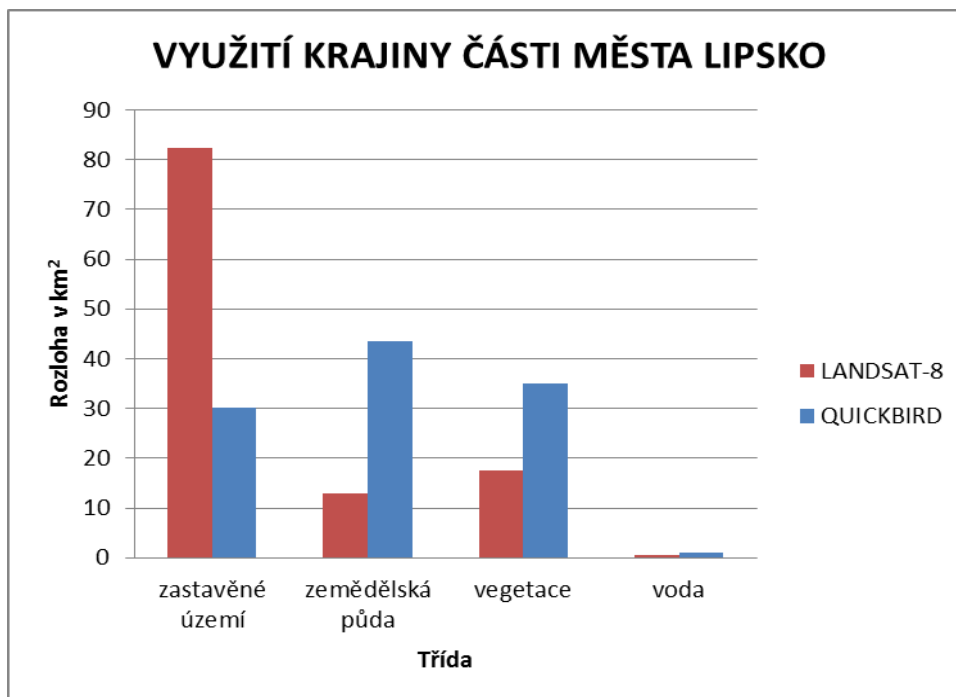
QUICKBIRD



- zastavěné území
- vegetace
- travnaté porosty
- zemědělská půda
- voda
- ostatní plochy
- stín

Tab. 10: Porovnání rozloh [km²]

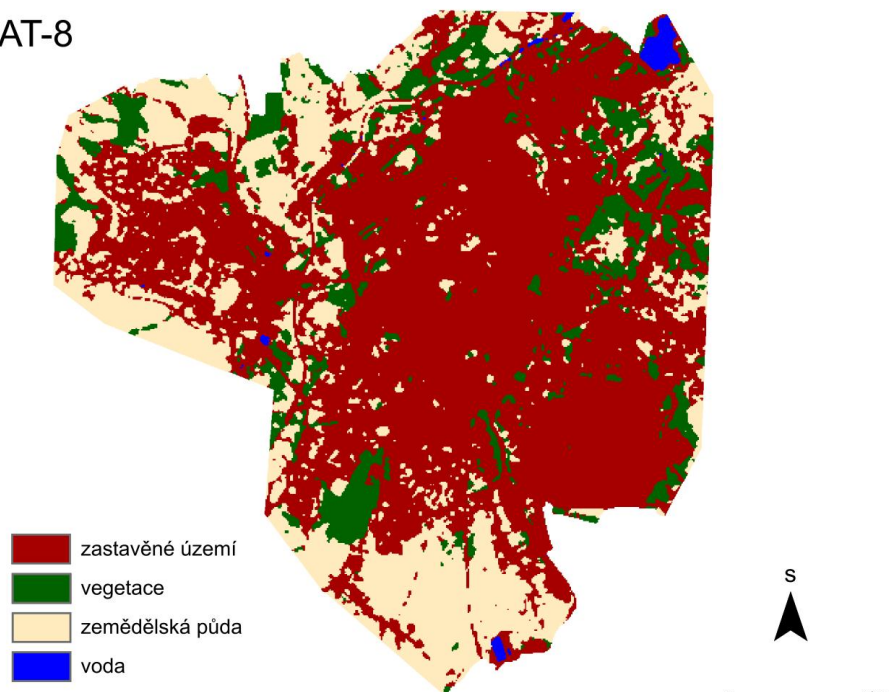
LIPSKO	QuickBird	Landsat
zastavěné území	30,1	82,3
zemědělská půda	43,4	12,8
vegetace	35,1	17,5
voda	0,9	0,5



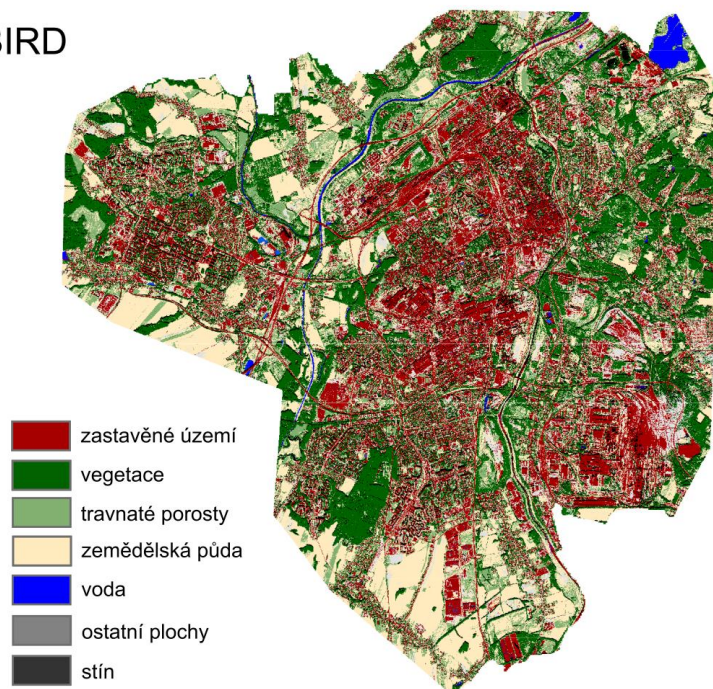
Graf 9 Porovnání rozloh jednotlivých tříd

VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA OSTRAVA

LANDSAT-8

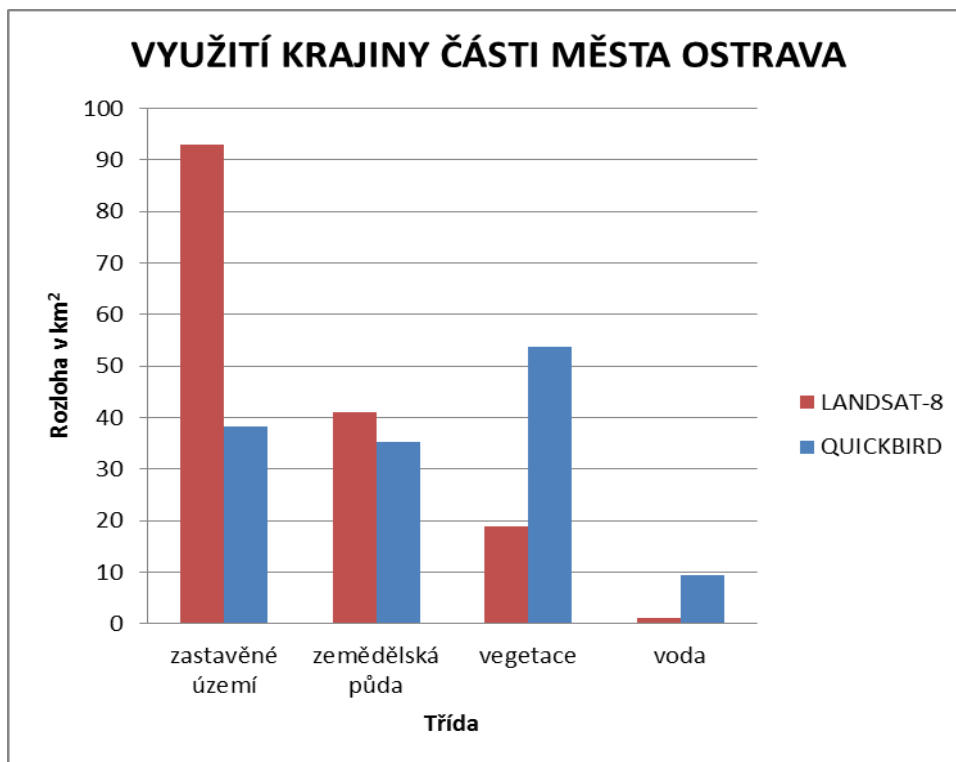


QUICKBIRD



Tab. 11: Porovnání rozloh [km²]

OSTRAVA	QuickBird	Landsat
zastavěné území	38,3	92,9
zemědělská půda	35,2	41,1
vegetace	53,7	18,9
voda	9,5	1



Graf 10 Porovnání rozloh jednotlivých tříd

VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA SZÉKESFEHÉRVÁR

LANDSAT-8

- zastavěné území
- vegetace
- zemědělská půda
- voda

S

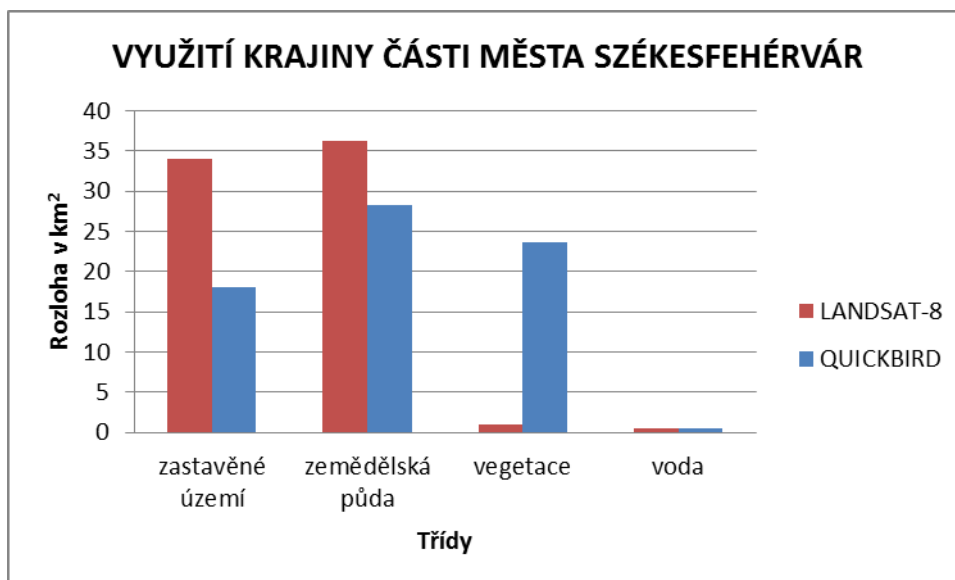
0 3 km

QUICKBIRD

- zastavěné území
- vegetace
- travnaté porosty
- zemědělská půda
- voda
- ostatní plochy
- stín

Tab. 12: Porovnání rozloh [km²]

SZÉKESFEHÉRVÁR	QuickBird	Landsat
zastavěné území	18	34
zemědělská půda	28,2	36,2
vegetace	23,6	1
voda	0,5	0,5



Graf 11 Porovnání rozloh jednotlivých tříd

Při porovnání klasifikací ze snímků, které pořídila družice Landsat a QuickBird, je patrné, že data z programu Landsat nejsou dostačující pro urbanistické aplikace. Nelze rozeznat typ zástavby ani strukturu města.

Velmi zajímavé jsou také rozlohy jednotlivých kategorií. Zastavěná plocha klasifikovaná ze snímku s nižším prostorovým rozlišením vykazuje u každého města více než dvojnásobnou rozlohu. Tudiž nelze tvrdit, že hodnoty, kterých bylo zpracováním těchto dat dosaženo, nejsou správnou hodnotou o rozloze města. Nemůžeme tedy říci, že v roce 2013 byla rozloha urbanizované části města Ostravy 92,9 km². Informační třída zastavěné plochy sice kopíruje správný tvar města, část komunikací a jiných urbanizovaných oblastí, avšak struktura této oblasti se nepodařila pomocí řízené klasifikace identifikovat. V místech s malým výskytem urbanizované plochy nebo jen malého zastavěného objektu se na snímcích z Landsatu klasifikovala velká část i okolního prostředí a tím se znehodnocuje celá klasifikace. Z toho důvodu můžeme usoudit, že snímky s prostorovým rozlišením 30 m na hranu pixelu jsou pro tyto druhy prací nedostačující.

U ostatních tříd už změny nejsou tolik výrazné. Hodnoty jsou buď podobné, nebo jsou u snímku z družice QuickBird vyšší. Díky lepšímu prostorovému rozlišení lze vymezit i strukturu města, ne jen jeho obrys jako u snímku z Landsat, a tak došlo ke klasifikaci pixelů, které spadají do informačních tříd nacházejících se uvnitř těchto

urbanizovaných ploch. U těchto kategorií, vegetace a zemědělská půda, však dochází k rozdílným hodnotám i kvůli vegetačnímu období, jelikož snímky nejsou ze stejného měsíce a rostliny vykazují v jiných ročních období jinou spektrální odrazivost.

6 DISKUZE

Pro interpretaci družicových dat byl zvolen program ERDAS Imagine, který díky studentské licenci poskytuje základní nástroje pro práci se snímky. Řízená klasifikace je jedním z hlavních aplikací, která je vhodná pro rozdělení pixelů do informačních tříd. Avšak pro časové řady není nejlepší. Jedním ze způsobů, které se používají v DPZ firmách v České republice, je například metoda detekce změn, která se provádí pomocí objektové klasifikace například v prostředí eCognition.

Data, která byla v této práci použita, byla zdrojem největších problémů. Jednak kvůli souřadnicovým systémům, které nebyly u některých snímků nastaveny, a také kvůli senzorům družic, které klasifikace výrazně ovlivnily. Tím došlo ke špatnému zařazení pixelů do tříd nebo nedekování objektů, které jsou patrné vizuální interpretací. K tomu docházelo převážně u snímků z družice Landsat-5, která používala ke snímání Země skener Thematic Mapper. Postupem času a díky vylepšení senzorů se tato chyba objevovala méně a přesnost klasifikace se zvýšila. Kvůli možnostem snímku, atmosférických jevů a páskování nemohly být vybrány snímky ze stejného období. Vegetační fáze rostlin jsou rozdílné v různém období roku a tím dochází i k odlišné interpretaci dat.

Největším problémem bylo porovnání časových řad v rámci jednoho města, kdy například rozloha zastavěné plochy z roku 1986 u města Ostravy nabývala vyšších hodnot než o 5 let později, což podle logického uvážení a podle vývoje města a procesu suburbanizace není správné. Avšak hodnoty se lišily jen v rámci jednotek, a podle pracovníků z DPZ firmy Gisat je tento jev zanedbatelný, z důvodu nedostatečného prostorového rozlišení použitých snímků.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla provedena analýza vývoje vybraných měst na základě dat z družicových systémů Landsat a QuickBird. Mezi zájmové oblasti patří města Ostrava, Košice, Katovice, Lipsko a Székesfehérvár. Pro každou sídelní jednotku byla stažena data ze stránky EarthExplorer z různých roků 1986, 1991 (1990,1992), 2001 (2002) a 2013. Roky se neshodují z důvodu možnosti snímku, atmosférických jevů a páskování.

Snímky ze systému Landsat byly převedeny pomocí software ERDAS Imagine 2013 do souřadnicového systému UTM Zone 33N a UTM Zone 34N a následně ořezány pomocí hranic měst, aby ubyl objem dat a mohl tak program lépe pracovat. Následně nad těmito daty byla provedena řízená klasifikace, kde došlo k vymezení oblastí do čtyř informačních tříd a to: zastavěná plocha, zemědělská půda, vegetace a voda. Pro shlazení klasifikace byl použit majoritní filtr o velikosti filtračního okna 3x3. Poté byla provedena přesnost klasifikace pomocí chybových matic a kappa koeficientu. Tímto postupem bylo vytvořeno 20 řízených klasifikací (4 pro každé město).

Výsledky převážně splnily očekávání. Lze konstatovat, že se města rozrůstají do svého okolí na úkor zemědělské půdy nebo vegetace vlivem procesu suburbanizace. Některá města rostou pozvolna (např. Székesfehérvár nebo Košice) a rozdíl není tak razantní jako u jiných měst (např. Lipsko). Příčinou může být výstavba nových čtvrtí, satelitních městeček, ale i celková vyspělost města a nabídka pracovních míst. Nejrychleji rostoucím městem je Lipsko, jelikož se jedná o moderní město ve východní části Německa, které nabízí nejen výhodné bydlení pro obyvatelstvo, ale i lepší ekonomické zázemí. Všechny tyto faktory podle mého názoru nejvíce ovlivňují rozrůstání města. Podle výsledků, ke kterým jsem dospěla v této práci, se za období 27 let nejméně vyvíjelo město Katovice, jelikož se v okolí polského centra nachází hodně přírodních památek (např. rezervace Las Murckowski). Během prvního období nedocházelo k významným změnám, a to shodně u všech měst. Nejzásadnější je skoro vždy (až na město Lipsko) poslední fáze sledovaného období, a to od roku 2001 (2002) až do 2013, kdy je zaznamenán největší procentuální nárůst zastavěné plochy. Lze usoudit, že tento trend bude v následujících dekádách pokračovat a města se budou nadále vyvíjet, ale ne už takovým tempem jako doteď, neboť se ve vyspělejších městech již začal projevovat spíše proces desurbanizace.

Družicová data z družice QuickBird byla také zpracována pomocí řízené klasifikace v prostředí ERDAS Imagine 2013. Tyto snímky byly zakoupeny KGI a byly poskytnuty pro tuto bakalářskou práci. Výstupy byly také shlazeny majoritním filtrem o velikosti filtračního okna 3x3 a následně na nich provedena přesnost klasifikace. Jednotlivé části měst byly porovnány pomocí procentuálních zastoupení informačních tříd.

Poslední fází této práce bylo srovnání stejných částí dat ze systému Landsat a QuickBird. V této části byly zjištěny velké změny zejména v rozloze informační třídy

zastavěná plocha. Klasifikace, na kterou byla použita data s menším prostorovým rozlišením, podává zkreslené informace a hodnoty, které jsou u zastavěné plochy až dvojnásobně vyšší než u klasifikace, při které byly použita lepší data s velmi vysokým prostorovým rozlišením.

Tento rozdíl je natolik výrazný, že bych si dovolila tvrdit, že pro urbanistické aplikace jsou snímky z družice Landsat nevhodné. Jedinou výhodou je, že jsou poskytovány zdarma a časová řada těchto dat spadá až do roku 1972. Pokud je však potřeba docílení přesných výsledků, je lepší použít data s velmi vysokým prostorovým rozlišením. Ty jsou sice zpoplatněny a nemají tak dlouhou historii, ale pro budoucí urbanistické studie jsou podle mého názoru mnohem lepší a výhodnější.

Výsledky této bakalářské práce potvrdily vývoj měst a urbanizační procesy. Ve vymezeném období 27 let došlo k velkému nárůstu zastavěných ploch na úkor zemědělské půdy a vegetace. Na okraji měst se nejvíce projevuje proces suburbanizace, kdy se město neustále rozrůstá do svého okolí.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BURIAN, J. *Implementace geoinformačních technologií do modelování urbanizačních procesů při strategickém plánování rozvoje měst*. Disertační práce, Praha: Karlova univerzita, 2011.

CAMPBELL, J. B., WYNNE, R. H. *Introduction to Remote Sensing*. London and New York: THE GUILFORD PRESS, 2011. 5th edition. ISBN 978-1-60918-176-5.

CENIA. *Česká informační agentura životního prostředí* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.cenia.cz/__C12572160037AA0F.nsf/showProject?OpenAgent&PID=CPRJ7T3H42O2&cat=schedule

CUNI. *Teorie stádií vývoje města* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/~slamak/stages.html>

CZSO. *Charakteristika okresu Ostrava-město* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.czso.cz/xt/redakce.nsf/i/charakteristika_okresu_ostrava_mesto

DigitalGlobe. *QuickBird* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: www.digitalglobe.com

DOBROVOLNÝ, P. *Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu*. 1. vyd. Brno: Masarykova Univerzita, 1998. ISBN 80-210-1812-7.

ERDAS Field Guide. Huntsville (Alabama) : ERDAS, Inc., 2013

ESRI. *ArcGIS for Desktop* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>

Geoportal Praha. *Urban Atlas* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.geoportalpraha.cz/cs/clanek/37/urban-atlas#.U2X4Sv1_s-M

GISAT. *Družicová data* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://gisat.cz/content/cz/druzicova-data>

GREGORY, D., JOHNSTON, R., PRATT, G., WATTS, M. J., WHATMORE, S. *The Dictionary Of Human Geography*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. 5th edition. ISBN 987-1-4051-3287-9.

KATOVICE. *Historie města Katovice* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.um.katowice.pl/en/history.php>

KOLÁŘ, J., HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. *Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1997. ISBN 80-10-01567-X.

KONECNY, G. *Geoinformation Remote Sensing, Photogrammetry and Geographical Information Systems*. London and New York: Taylor and Francis, 2003. 1st edition. ISBN 0-415-23795-5.

KOSICE. *Všeobecné informace o městu Košice* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.kosice.sk>

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons, 2008. 6th edition. ISBN 978-0470052457.

LIPSKO. *Historie města Lipsko* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.leipzig.de/buergerservice-und-verwaltung/unsere-stadt/stadtgeschichte/>

MOLAND. *Monitoring Land Use/Cover Dynamics* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://moland.jrc.ec.europa.eu/>

OSTRAVA. *Statutární město Ostrava - oficiální portál* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.ostrava.cz/cs/o-meste/historie-mesta>

RASHED, T., JURGENS, C. *Remote sensing of urban and suburban areas*. London and New York: Springer, 2010. ISBN 978-1-4020-4371-0.

SÁDOVSKÁ, P. *Vývoj urbanizovaného území na základě leteckých snímků*. Diplomová práce, Olomouc: Univerzita Palackého, 2011.

SZEKESFEHERVAR. *Turisticko-informační publikace města Székesfehérvár* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://turizmus.szekesfehervar.hu/_user/11/leporello_cseh_uj_2013_net.pdf

TÖGLOVÁ, E. *Porovnání per-pixel klasifikátorů pro identifikaci*. Bakalářská práce, Olomouc: Univerzita Palackého, 2011.

USGS. *Landsat Missions* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://landsat.usgs.gov/>

VILLA, P. *Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and Landsat data: The Milan (Italy) city area case study.*, Olomouc: Univerzita Palackého, 2004.

VOSTRACKÁ, B. *Mapování změn zástavby s využitím dat DPZ*. Diplomová práce, Praha: Karlova univerzita, 2008.

Web Of Science. *Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and Landsat data: The Milan (Italy) city area case study* [online]. 2012, č. 3 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=T1Kvbh19fHVfMqJBXtu&page=1&doc=1

ZÁVODNÍK, P. *Využití technologie DPZ při monitoringu dynamiky rozvoje města Olomouc*. Bakalářská práce, Olomouc: Univerzita Palackého, 2004.

SUMMARY

The aim of this thesis is an analysis of the selected cities based on remote sensing data. There are used data from Landsat satellite system and QuickBird where are located these selected cities: Ostrava, Kosice, Katovice, Lipsko and Szekesfehervar. For each residential unit were downloaded Landsat images from year 1986, 1991 (1990,1992), 2001 (2002) and 2013. All these data are available at USGS website called EarthExplorer. Different time of images is due to atmospheric effects and stripping.

Firstly, images from Landsat system were transformed by software ERDAS Imagine 2013 to Coordinate System UTM Zone 33N and UTM Zone 34N and then clipped by border of cities to reduce volume of data to program could work better. After all these data were defined into four classes by using supervised classification: built-up area, areable land, vegetation and water.

Secondly, there were used majority filter (the size of window 3x3) to put away small pixels during post-processing. Then, these classifications were evaluated by accuracy using the error matrix and kappa coefficient.

An analysis of the development is monitored the development of roads and buildings in the cities. The aim of the study was to evaluate the possibility of satellite images and tools for urban applications and also confirm the increase in development urban areas at the expense of vegetation and areable land. The results of this work confirmed the development of cities and urbanization processes. It can be said that cities grow into its surrounding at the expense of areable land or vegetation because of the process suburbanization.. Some cities are growing slowly (e.g. Szekesfehervar or Kosice) and the difference is not so much perceptible as in other cities such as Lipsko. It is because of building new neighborhoods, satellite towns and job vacancies available in the city.

The problem is class areable land and vegetation, which is different from the real situation. It is because of the growing season, and this could lead to classifying vegetation to areable land and the other way around.

In my study area there was a significant increase in built-up areas at the expense of mostly agricultural land. Decrease was seen in vegetation and agricultural land. The classification was influenced by changing sensors TM to ETM + and this has led to a better automatic interpretation of individual areas. This difference can be compared by maps which were made for each city and by the accuracy assessment of each classification. Accuracy by using TM scanner is about 83% and ETM + and OLI around 93%.

QuickBird satellite data were also processed using supervised classification in ERDAS Imagine 2013. These images were purchased by KGI and have been provided for this bachelor thesis. Outputs were also filtered by the majority filter of size 3x3, and then evaluated by accuracy assessment. Each of these cities were compared by the percentage representation of information classes.

There was a problem with classifying area because of shadows of big buildings or vegetation. Therefore the new class shadows was created.

The last part of this study is a comparison the same parts of the data from Landsat and QuickBird. There were detected big changes in the built-up area in this selection. Classification, which was based on data with less spatial resolution, given distorted information and the size of built-up areas are up to twice higher than in the classification where were used data with very high spatial resolution.

This difference is so large that I would argue that images from Landsat system are inappropriate for urban applications. The only advantage is that they are free, and time series of these data goes back to 1972. However, if urbanists need to achieve accurate results, it is better to use data with very high spatial resolution. They are charged and do not have such a long history of scanning, but in my opinion for future urban studies they are much better.

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

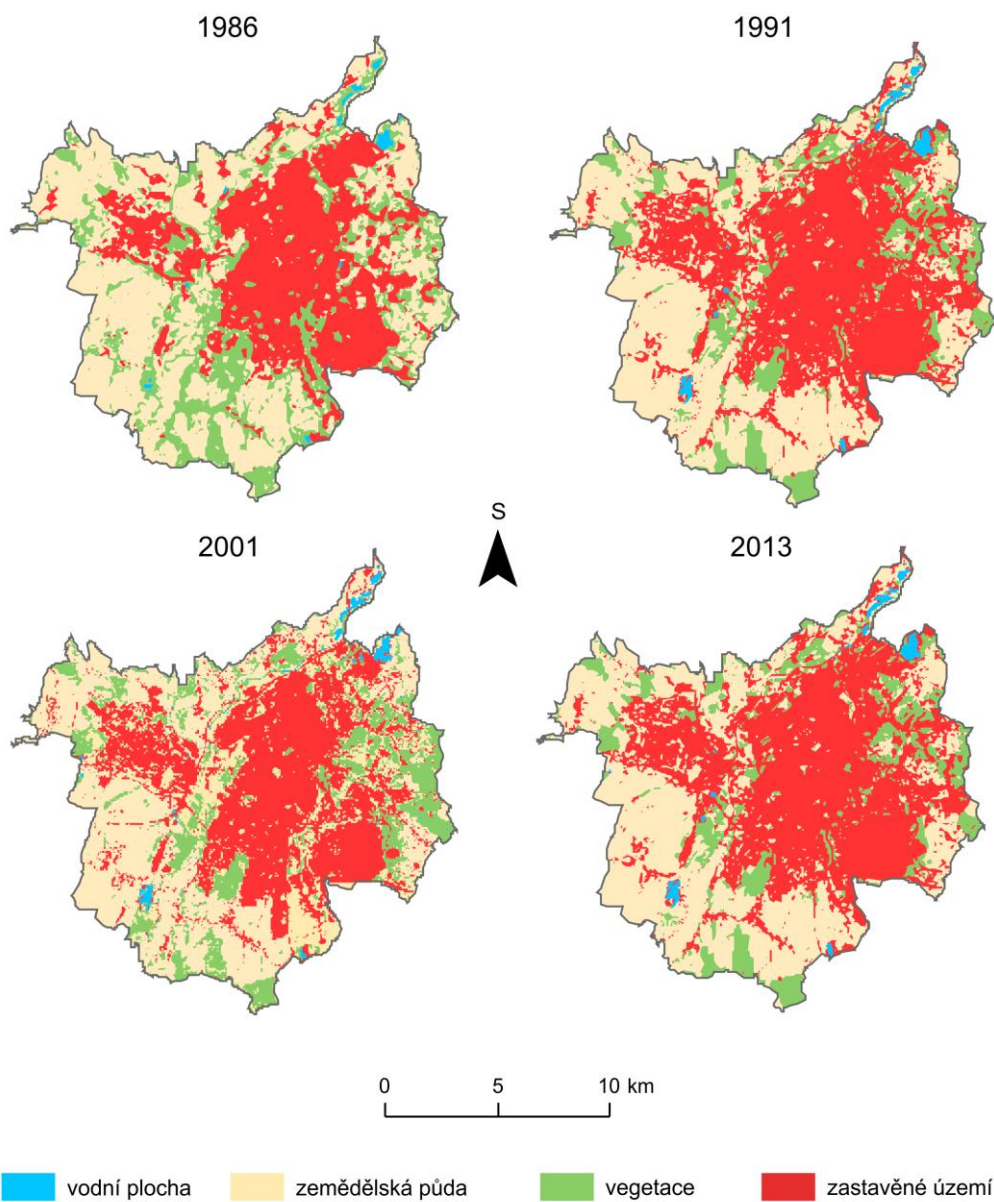
- Příloha 1 Vývoj zastavěného území vybraných měst (Landsat), mapa
- Příloha 2 Využití krajiny části měst (QuickBird), mapa
- Příloha 3 Chybové matice vybraných měst v jednotlivých letech, tabulka
- Příloha 4 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd ze snímků QuickBird ve vybraných městech, graf

Volná příloha

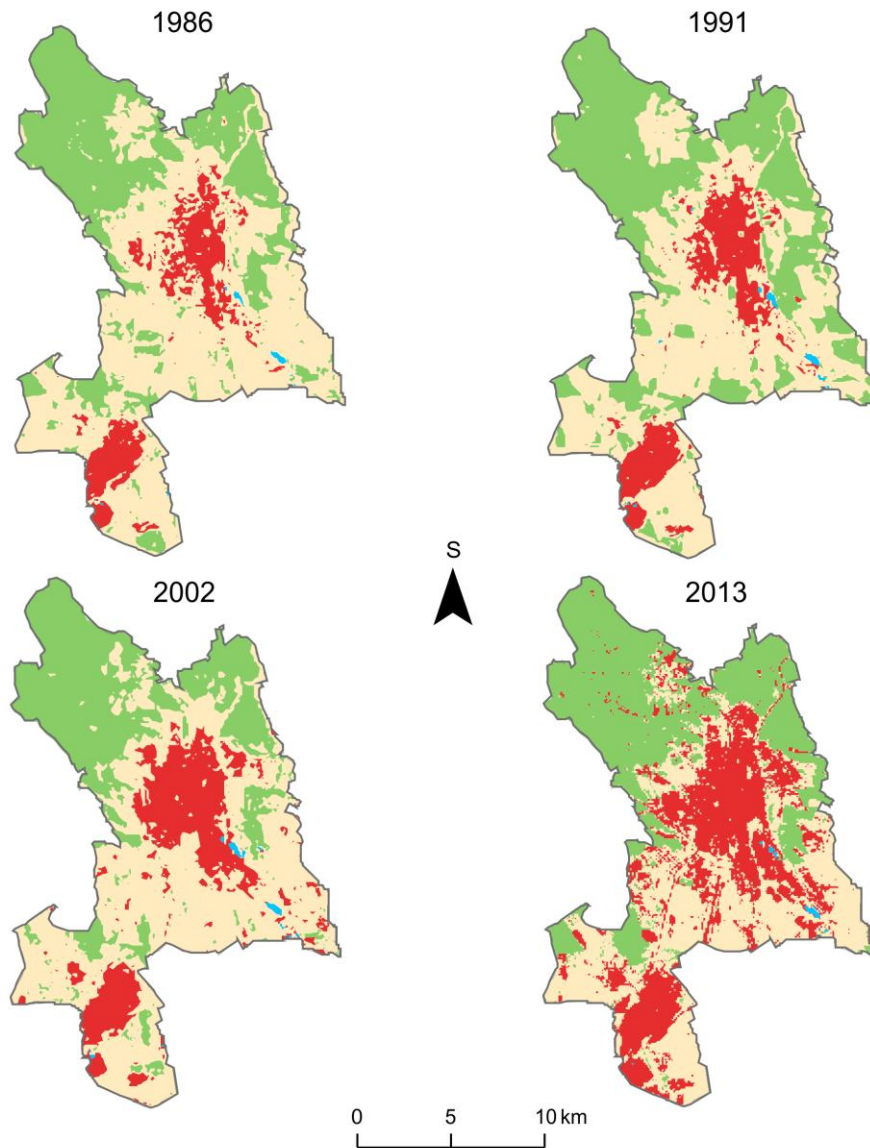
- Příloha 1 DVD – adresáře: Text_Bc
Vstupni_Data
Vystupni_Data
Metadata
WEB

Příloha 1

VÝVOJ ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ MĚSTA OSTRAVA



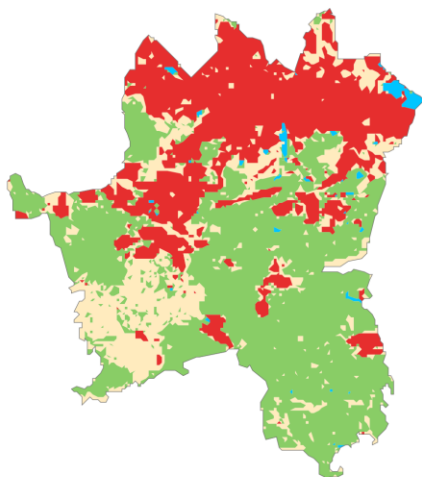
VÝVOJ ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ MĚSTA KOŠICE



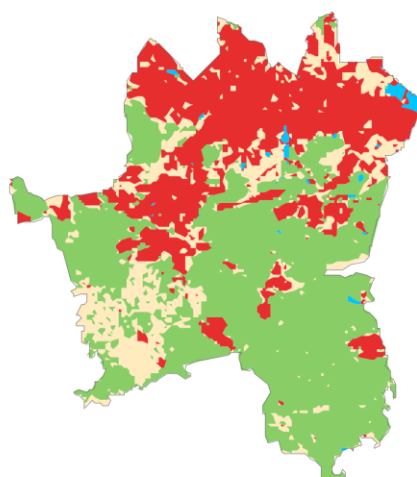
 vodní plocha  zemědělská půda  vegetace  zastavěné území

VÝVOJ ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ MĚSTA KATOVICE

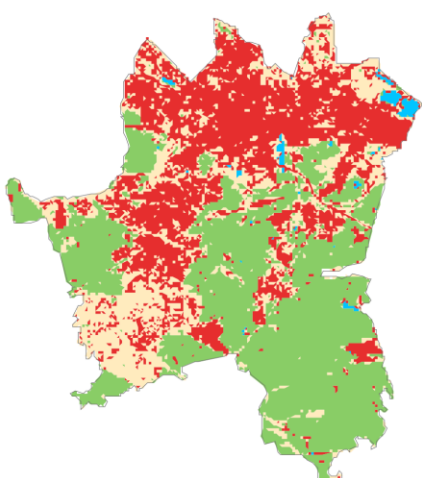
1986



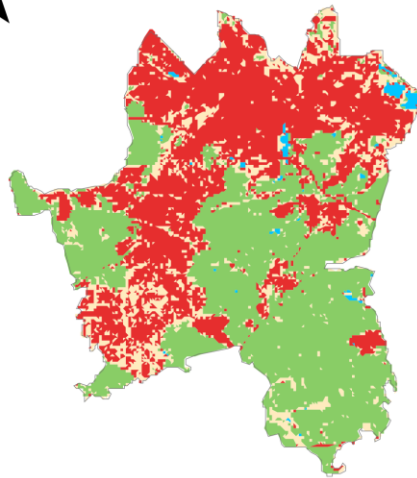
1991



2002



2013

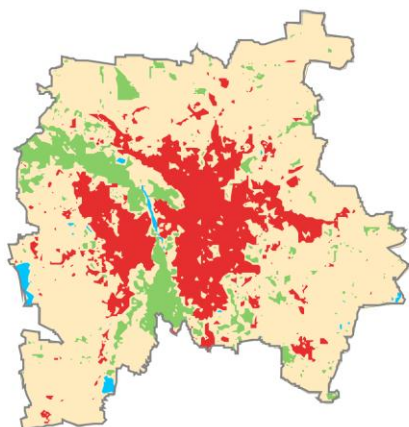


0 5 10 km

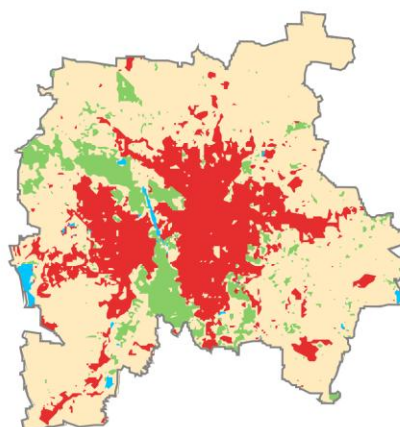
 vodní plocha  zemědělská půda  vegetace  zastavěné území

VÝVOJ ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ MĚSTA LIPSKO

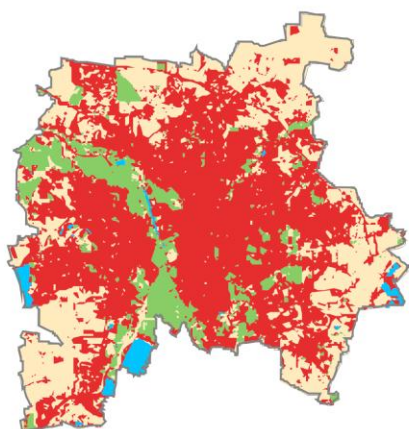
1986



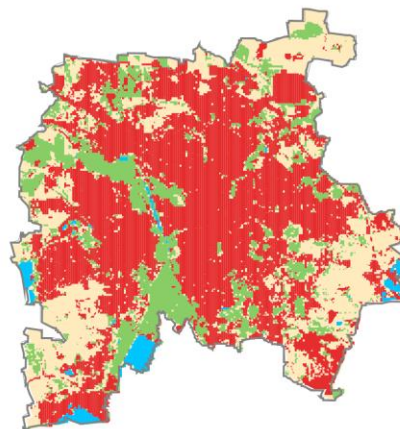
1990



2002

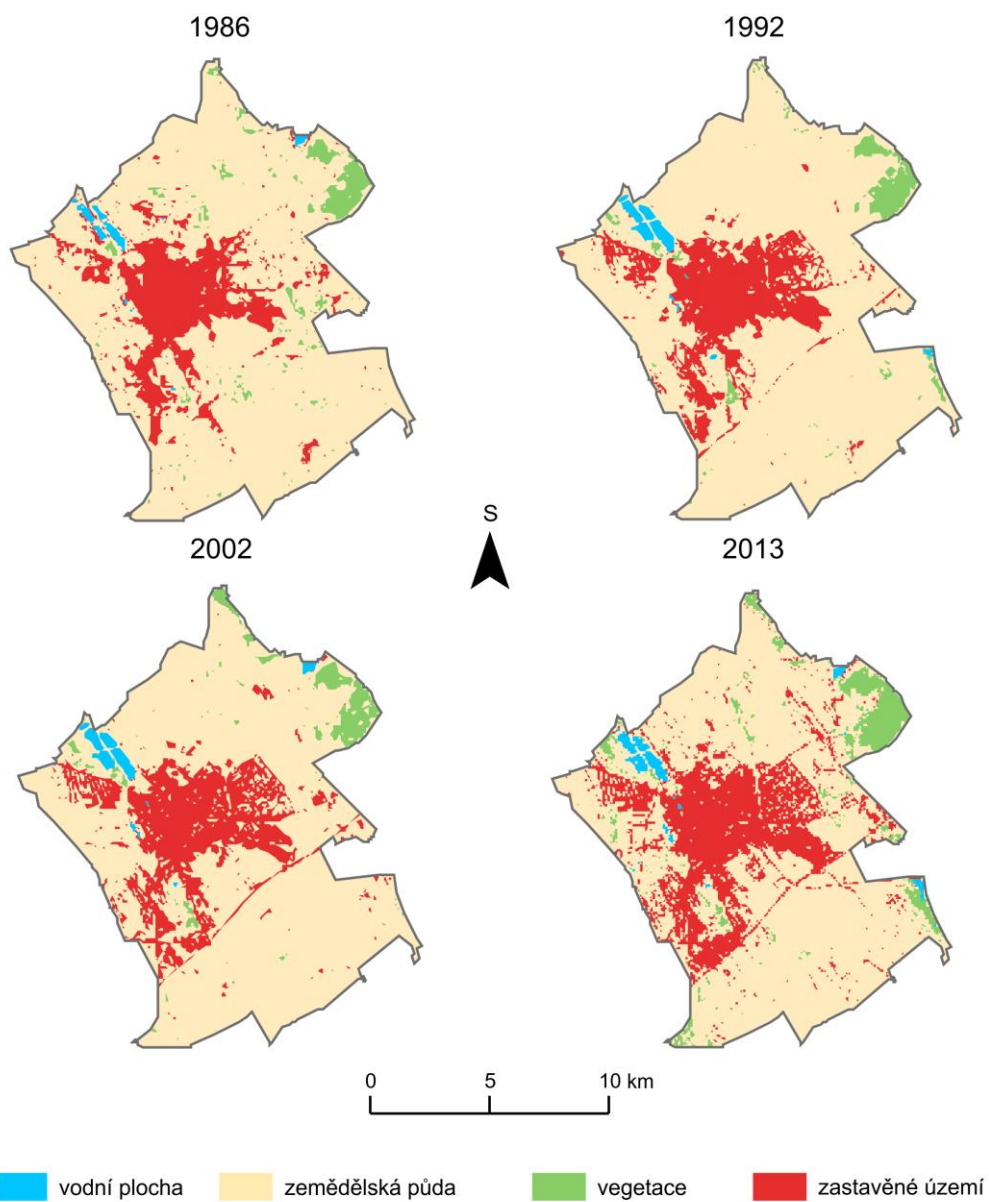


2013

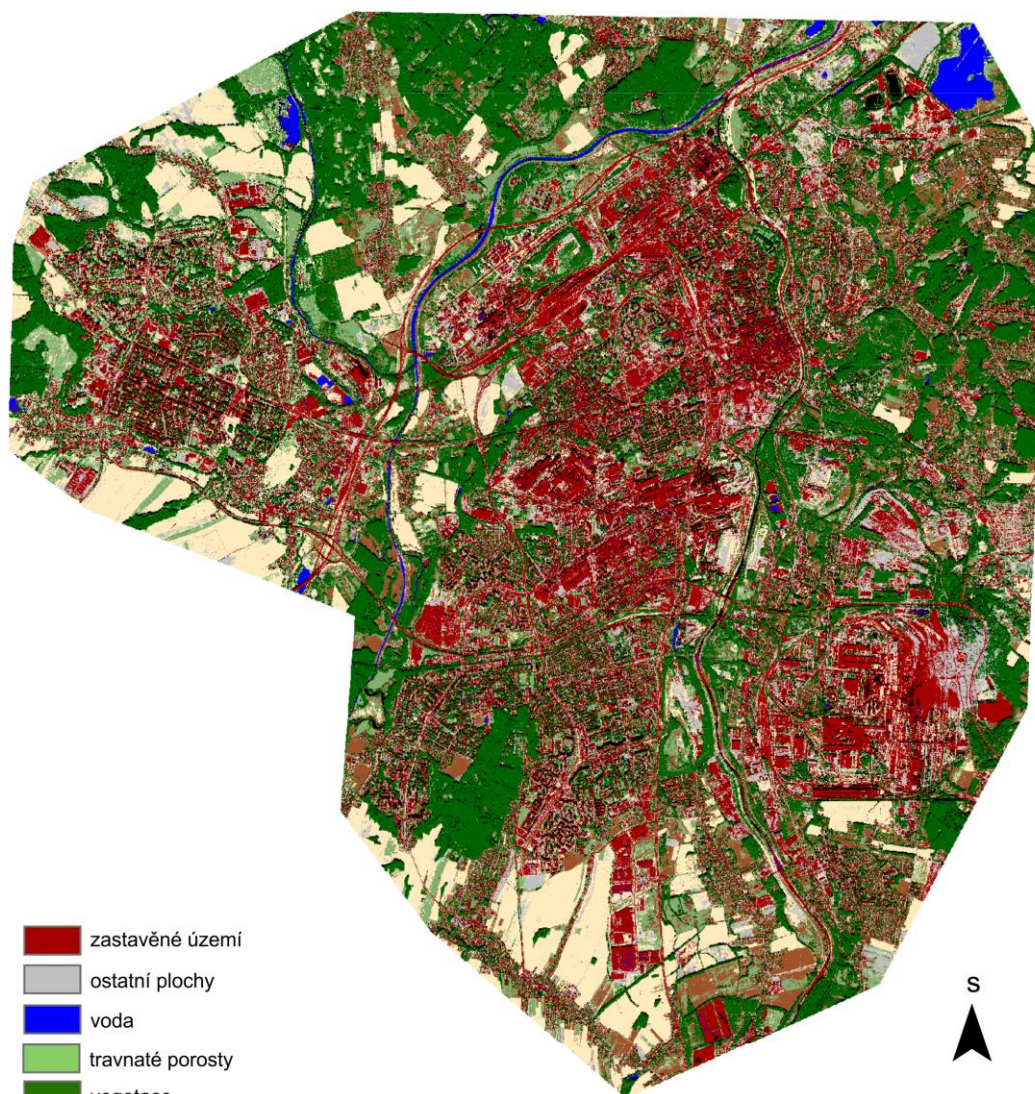


 vodní plocha  zemědělská půda  vegetace  zastavěné území

VÝVOJ ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ MĚSTA SZÉKESFEHÉRVÁR



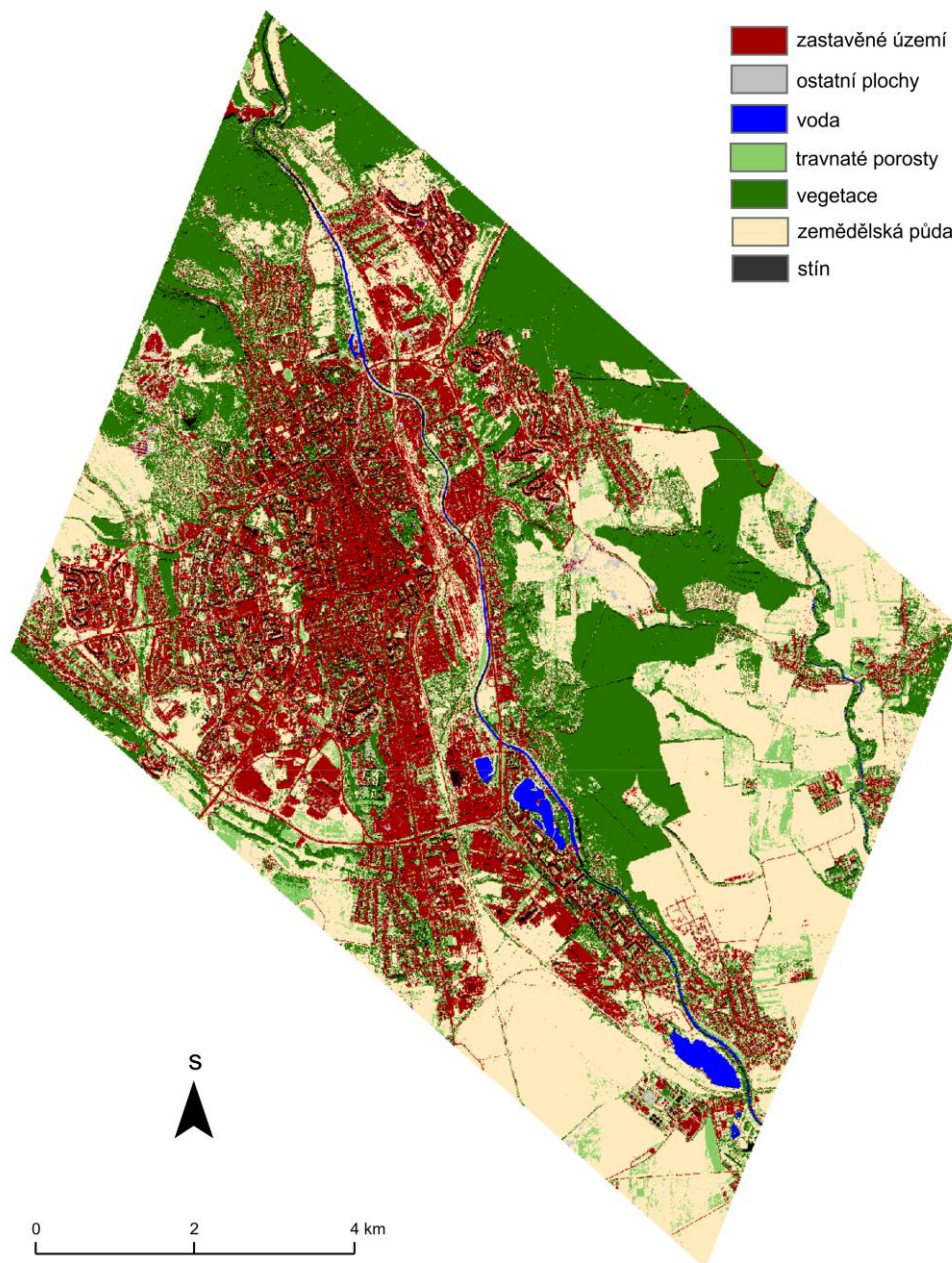
VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA OSTRAVA



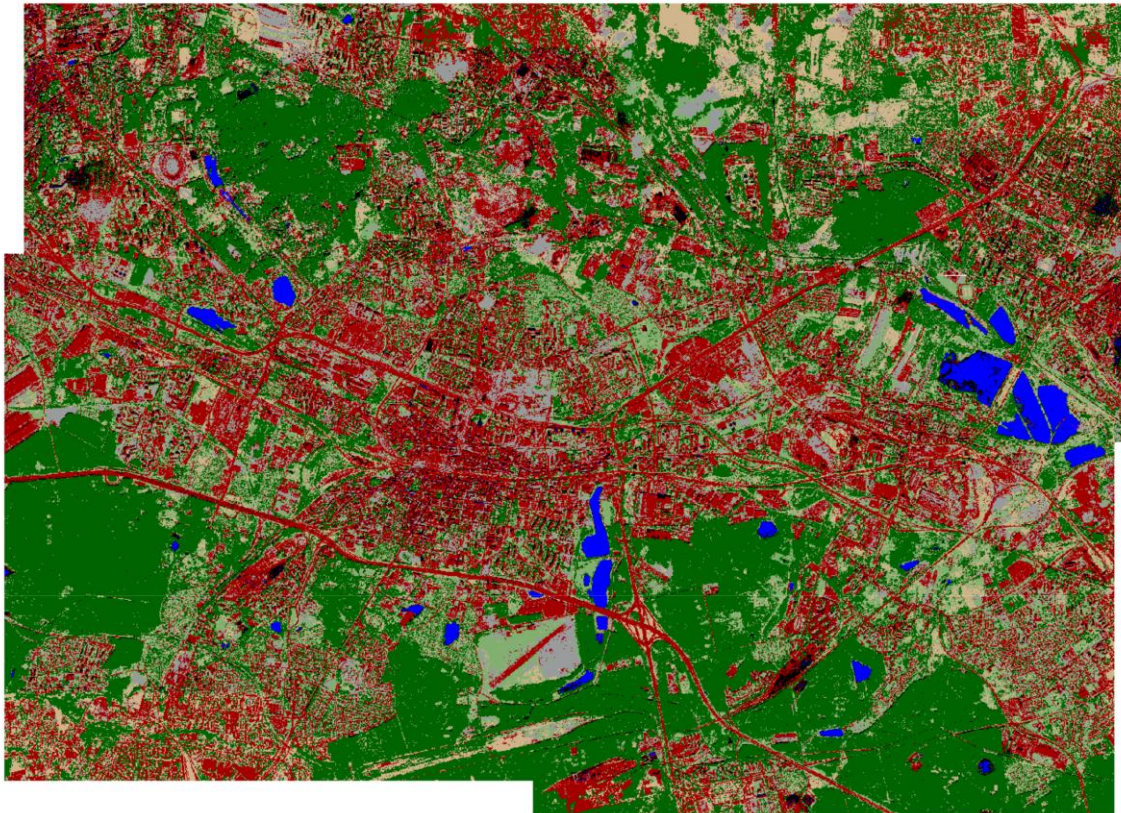
- zastavěné území
- ostatní plochy
- voda
- travnaté porosty
- vegetace
- zemědělská půda
- stín

0 2 4km

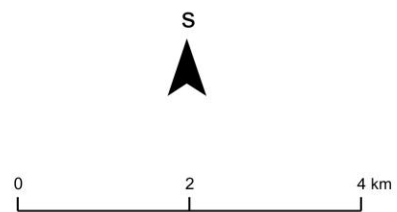
VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA KOŠICE



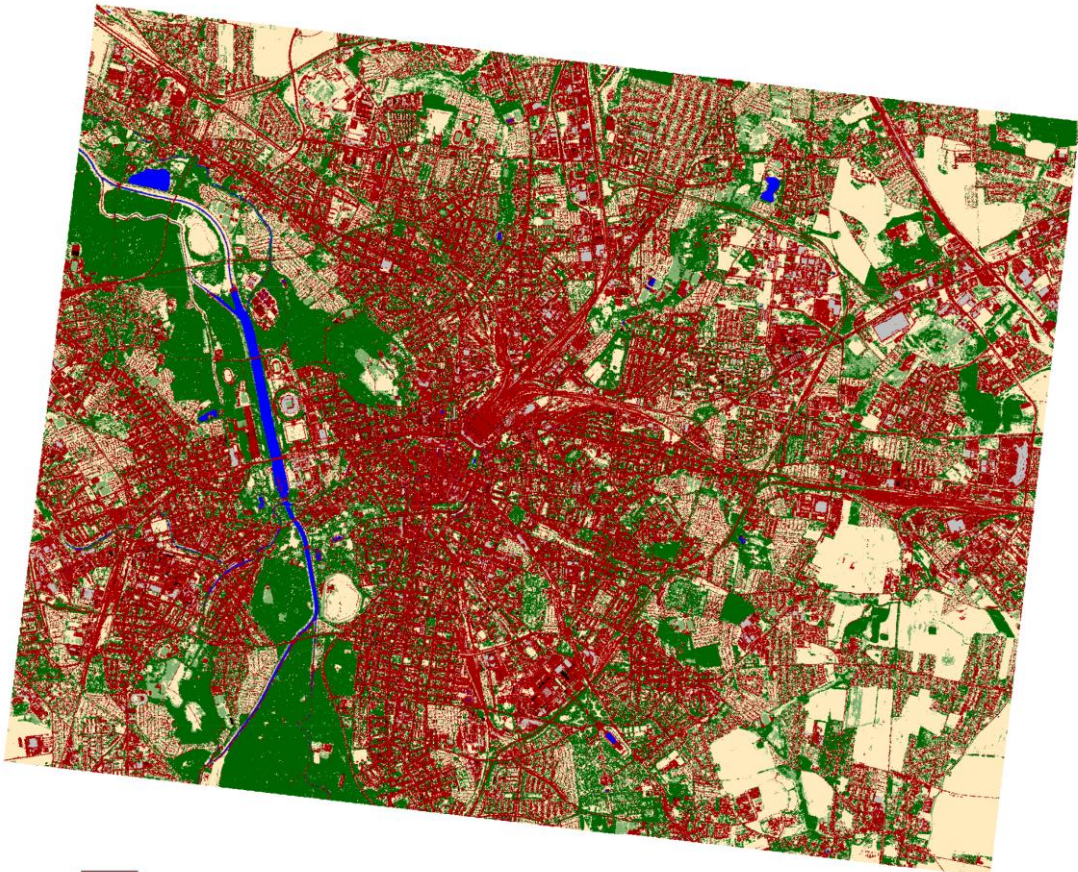
VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA KATOVICE



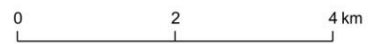
-  zastavěné území
-  ostatní plochy
-  voda
-  travnaté porosty
-  vegetace
-  zemědělská půda
-  stín



VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA LIPSKO

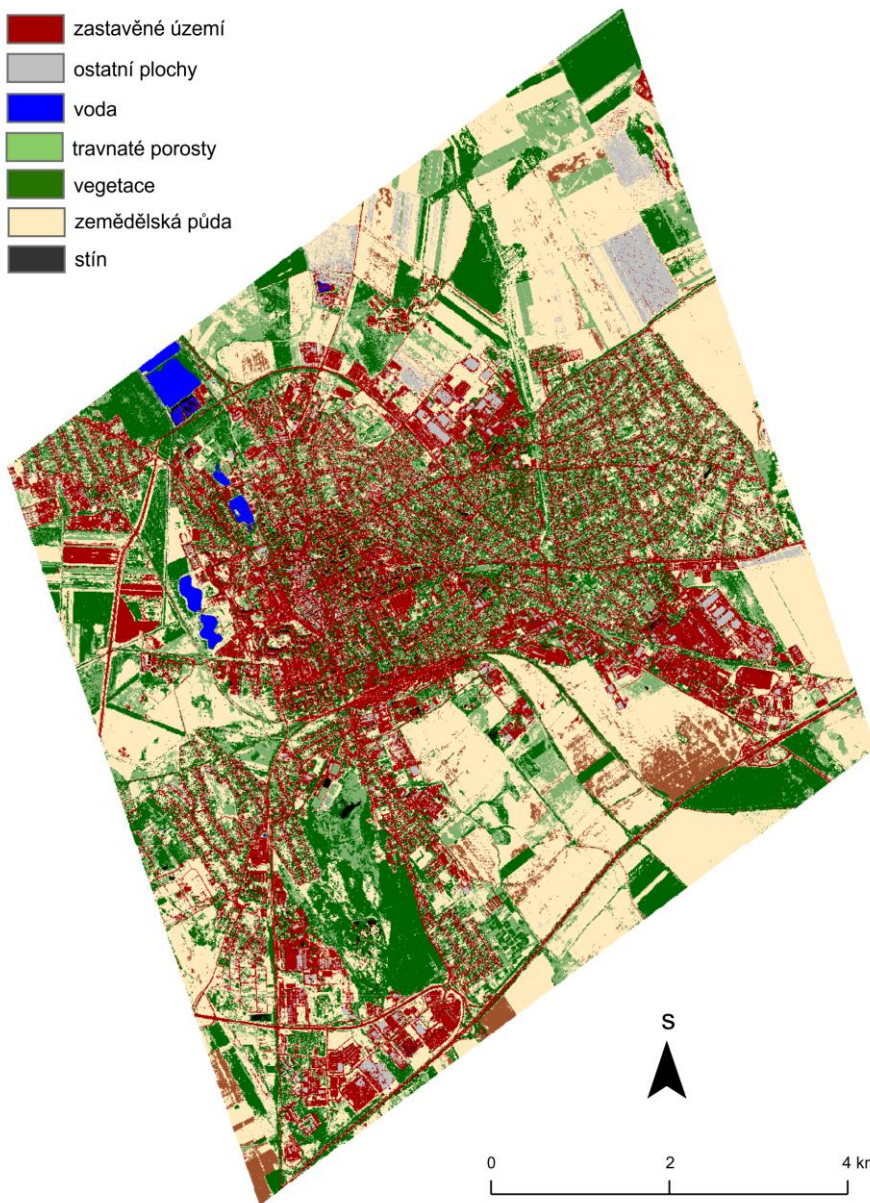


- zastavěné území
- ostatní plochy
- voda
- travnaté porosty
- vegetace
- zemědělská půda
- stín



VYUŽITÍ KRAJINY ČÁSTI MĚSTA SZÉKESFEHÉRVÁR

- zastavěné území
- ostatní plochy
- voda
- travnaté porosty
- vegetace
- zemědělská půda
- stín



Příloha 3

Tab. 12: Chybová matice pro město Ostrava pro rok 1986

Ostrava 1986	vegetace	zastavěné území	voda	zemědělská půda
vegetace	46	0	0	6
zastavěné území	2	69	0	19
voda	0	0	5	0
zemědělská půda	0	13	0	90
Celkem	48	82	5	115

Tab. 13: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Ostrava pro rok 1986

Celková přesnost	84,00%
Kappa koeficient	0,7546

Tab. 14: Chybová matice pro město Ostrava pro rok 1991

Ostrava 1991	voda	vegetace	zemědělská půda	zastavěné území
voda	3	0	0	0
vegetace	0	56	22	3
zemědělská půda	1	3	73	8
zastavěné území	0	0	1	80
Celkem	4	59	96	91

Tab. 15: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Ostrava pro rok 1991

Celková přesnost	84,80%
Kappa koeficient	0,7748

Tab. 16: Chybová matice pro město Ostrava pro rok 2001

Ostrava 2001	voda	zemědělská půda	vegetace	zastavěné území
voda	2	0	0	0
zemědělská půda	0	97	8	3
vegetace	0	2	39	0
zastavěné území	0	0	4	95
Celkem	2	99	51	98

Tab. 17: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Ostrava pro rok 2001

Celková přesnost	93,20%
Kappa koeficient	0,8938

Tab. 18: Chybová matice pro město Ostrava pro rok 2013

Ostrava 2013	vegetace	zastavěné území	voda	zemědělská půda
vegetace	30	5	0	1
zastavěné území	4	120	0	5
voda	0	0	4	0
zemědělská půda	0	4	0	77
Celkem	34	129	4	83

Tab. 19: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Ostrava pro rok 2013

Celková přesnost	92,40%
Kappa koeficient	0,8747

Tab. 20: Chybová matice pro město Katovice pro rok 1986

Katovice 1986	zemědělská půda	vegetace	voda	zastavěné území
zemědělská půda	34	7	0	17
vegetace	6	102	0	13
voda	0	1	1	0
zastavěné území	0	1	1	67
Celkem	40	111	2	97

Tab. 21: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Katovice pro rok 1986

Celková přesnost	81,60%
Kappa koeficient	0,7129

Tab. 22: Chybová matice pro město Katovice pro rok 1991

Katovice 1991	zemědělská půda	vegetace	voda	zastavěné území
zemědělská půda	5	0	0	0
vegetace	0	109	12	12
voda	0	3	10	2
zastavěné území	0	7	9	81
Celkem	5	119	31	95

Tab. 23: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Katovice pro rok 1991

Celková přesnost	82,00%
Kappa koeficient	0,6957

Tab. 24: Chybová matice pro město Katovice pro rok 2002

Katovice 2002	vegetace	zemědělská půda	voda	zastavěné území
vegetace	93	2	0	0
zemědělská půda	7	51	0	1
voda	0	0	1	0
zastavěné území	2	3	0	90
Celkem	102	56	1	91

Tab. 25: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Katovice pro rok 2002

Celková přesnost	94,00%
Kappa koeficient	0,9082

Tab. 26: Chybová matice pro město Katovice pro rok 2013

Katovice 2013	vegetace	zastavěné území	voda	zemědělská půda
vegetace	122	0	0	2
zastavěné území	0	84	0	4
voda	0	0	3	0
zemědělská půda	5	2	0	28
Celkem	127	86	3	34

Tab. 27: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Katovice pro rok 2013

Celková přesnost	94,80%
Kappa koeficient	0,9144

Tab. 28: Chybová matice pro město Székesfehérvár pro rok 1986

Székesfehérvár 1986	vegetace	voda	zastavěné území	zemědělská půda
vegetace	8	0	1	0
voda	0	3	0	0
zastavěné území	3	0	44	3
zemědělská půda	12	0	23	153
Celkem	23	3	68	156

Tab. 29: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Székesfehérvár pro rok 1986

Celková přesnost	83,20%
Kappa koeficient	0,6447

Tab. 30: Chybová matice pro město Székesfehérvár pro rok 1992

Székesfehérvár 1992	zemědělská půda	zastavěné území	voda	vegetace
zemědělská půda	176	29	0	5
zastavěné území	6	26	0	0
voda	0	0	2	0
vegetace	0	0	0	6
Celkem	182	55	2	11

Tab. 31: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Székesfehérvár pro rok 1992

Celková přesnost	84,00%
Kappa koeficient	0,5546

Tab. 32: Chybová matice pro město Székesfehérvár pro rok 2002

Székesfehérvár 2002	zemědělská půda	vegetace	zastavěné území	voda
zemědělská půda	174	3	21	0
vegetace	2	5	0	0
zastavěné území	10	0	33	0
voda	0	0	0	2
Celkem	186	8	54	2

Tab. 33: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Székesfehérvár pro rok 2002

Celková přesnost	85,60%
Kappa koeficient	0,6136

Tab. 34: Chybová matice pro město Székesfehérvár pro rok 2013

Székesfehérvár 2013	vegetace	zemědělská půda	voda	zastavěné území
vegetace	9	0	0	0
zemědělská půda	0	164	0	14
voda	0	0	6	0
zastavěné území	0	7	0	50
Celkem	9	171	6	64

Tab. 35: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Székesfehérvár pro rok 2013

Celková přesnost	91,60%
Kappa koeficient	0,8145

Tab. 36: Chybová matice pro město Lipsko pro rok 1986

Lipsko 1986	vegetace	voda	zemědělská půda	zastavěné území
vegetace	21	0	3	0
voda	0	1	0	0
zemědělská půda	1	0	141	20
zastavěné území	0	0	14	49
Celkem	22	1	158	69

Tab. 37: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Lipsko pro rok 1986

Celková přesnost	84,80%
Kappa koeficient	0,7034

Tab. 38: Chybová matice pro město Lipsko pro rok 1990

Lipsko 1990	voda	vegetace	zemědělská půda	zastavěné území
voda	4	0	6	0
vegetace	0	19	1	0
zemědělská půda	0	2	138	20
zastavěné území	0	1	14	45
Celkem	4	22	159	65

Tab. 39: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Lipsko pro rok 1990

Celková přesnost	82,40%
Kappa koeficient	0,6634

Tab. 40: Chybová matice pro město Lipsko pro rok 2002

Lipsko 2002	zemědělská půda	voda	zastavěné území	vegetace
zemědělská půda	74	0	3	1
voda	0	1	0	0
zastavěné území	6	0	133	0
vegetace	1	0	0	31
Celkem	81	1	136	32

Tab. 41: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Lipsko pro rok 2002

Celková přesnost	95,60%
Kappa koeficient	0,9241

Tab. 42: Chybová matice pro město Lipsko pro rok 2013

Lipsko 2013	voda	zemědělská půda	vegetace	zastavěné území
voda	5	0	0	0
zemědělská půda	0	63	0	5
vegetace	0	3	45	1
zastavěné území	0	5	0	123
Celkem	5	71	45	129

Tab. 43: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Lipsko pro rok 2013

Celková přesnost	94,40%
Kappa koeficient	0,9101

Tab. 44: Chybová matice pro město Košice pro rok 1986

Košice 1986	voda	vegetace	zastavěné území	zemědělská půda
voda	0	0	0	0
vegetace	0	84	0	11
zastavěné území	0	0	28	5
zemědělská půda	1	10	22	89
Celkem	1	94	50	105

Tab. 45: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Košice pro rok 1986

Celková přesnost	80,40%
Kappa koeficient	0,6868

Tab. 46: Chybová matice pro město Košice pro rok 1991

Košice 1991	zemědělská půda	voda	zastavěné území	vegetace
zemědělská půda	102	0	14	9
voda	0	1	0	0
zastavěné území	12	1	31	0
vegetace	6	0	4	70
Celkem	120	2	49	79

Tab. 47: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Košice pro rok 1991

Celková přesnost	81,60%
Kappa koeficient	0,7053

Tab. 48: Chybová matice pro město Košice pro rok 2002

Košice 2002	zemědělská půda	vegetace	voda	zastavěné území
zemědělská půda	123	5	0	11
vegetace	17	68	0	0
voda	0	0	0	0
zastavěné území	1	0	0	25
Celkem	141	73	0	36

Tab. 49: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Košice pro rok 2002

Celková přesnost	86,40%
Kappa koeficient	0,7623

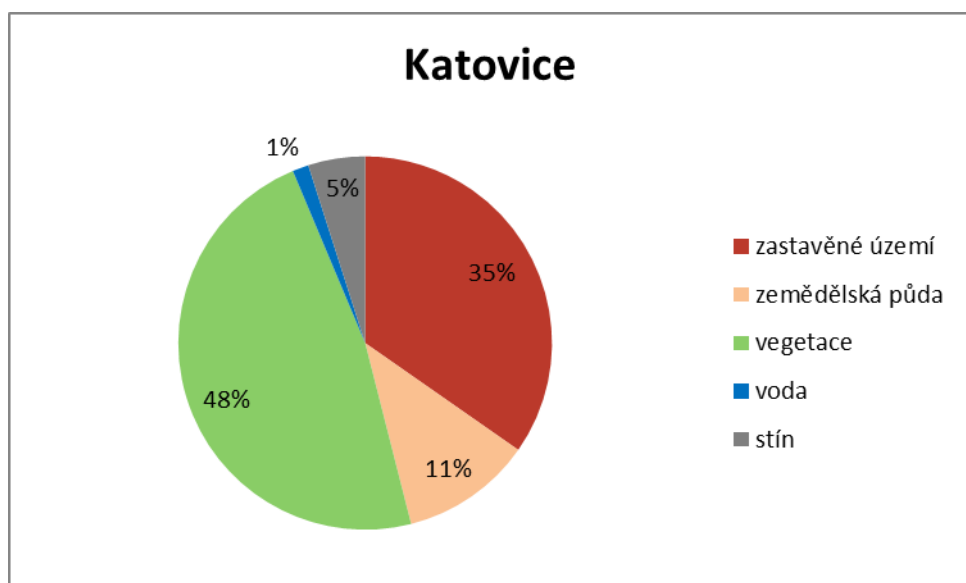
Tab. 50: Chybová matice pro město Košice pro rok 2013

Košice 2013	voda	zemědělská půda	vegetace	zastavěné území
voda	1	0	0	0
zemědělská půda	0	86	8	4
vegetace	0	1	85	0
zastavěné území	0	11	0	54
Celkem	1	98	93	58

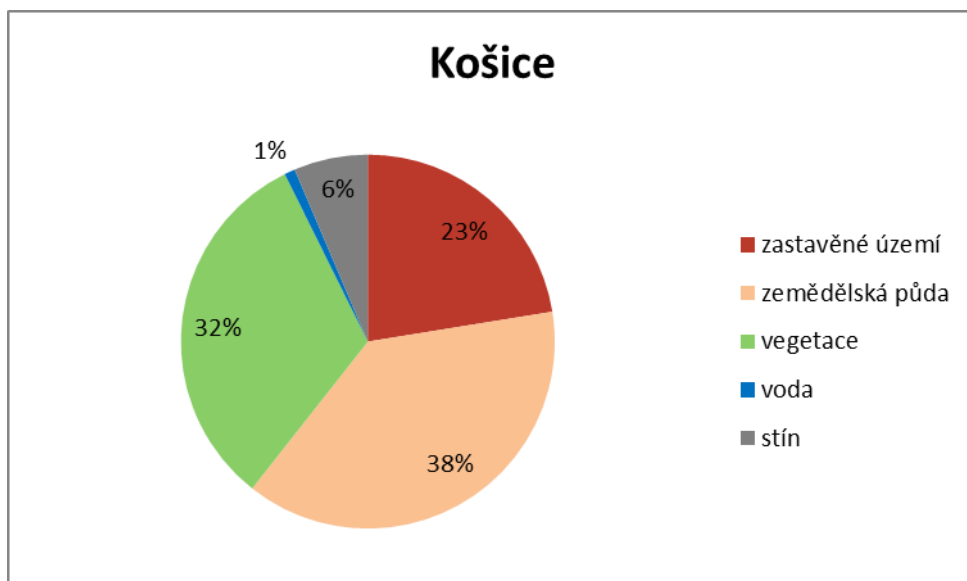
Tab. 51: Přesnost klasifikace a kappa koeficient pro město Košice pro rok 2013

Celková přesnost	90,40%
Kappa koeficient	0,8541

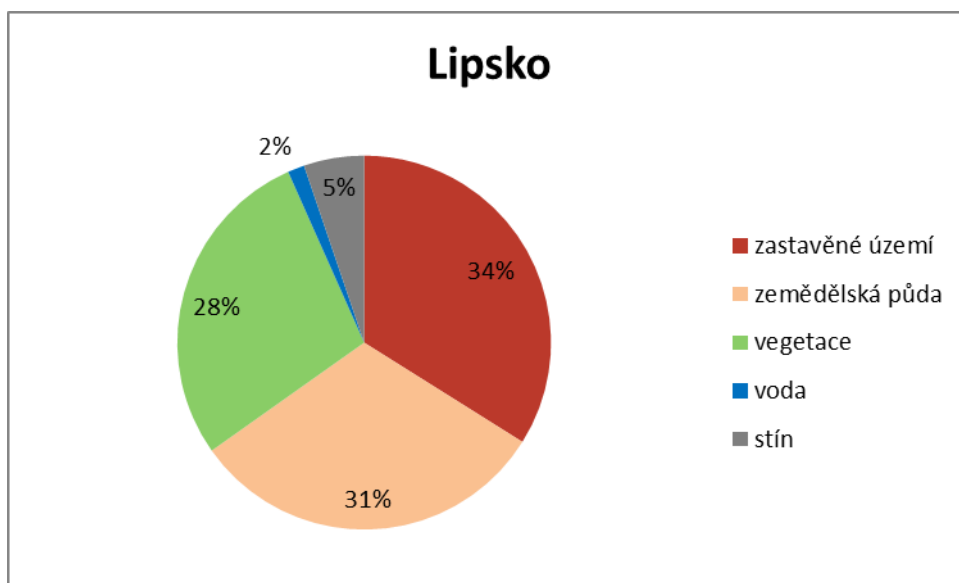
Příloha 4



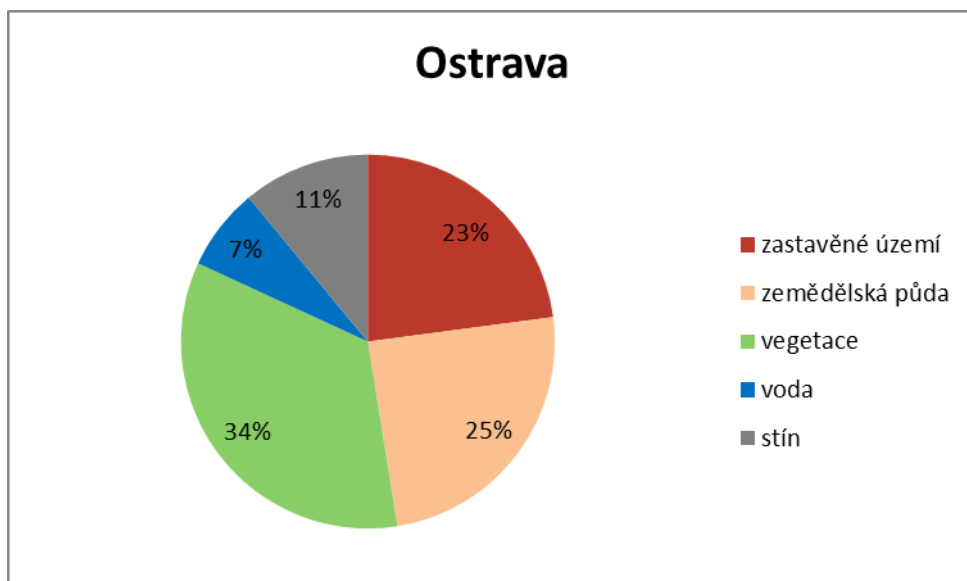
Graf 12 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd na snímku z QuickBird pro rok 2013



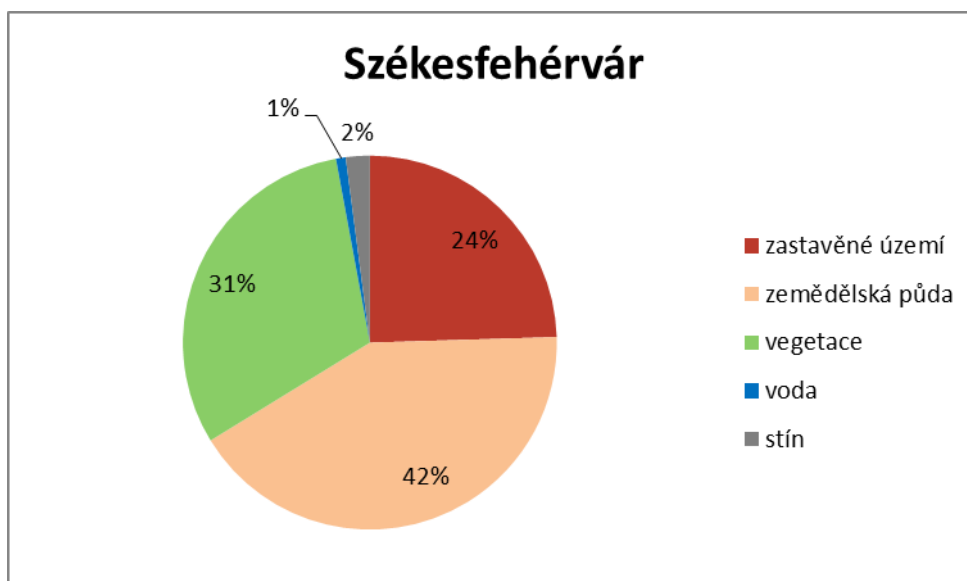
Graf 13 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd na snímku z QuickBird pro rok 2013



Graf 14 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd na snímku z QuickBird pro rok 2013



Graf 15 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd na snímku z QuickBird pro rok 2013



Graf 16 Procentuální zastoupení klasifikovaných tříd na snímku z QuickBird pro rok 2013