

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**VYUŽITÍ GIS PRO POSOUZENÍ ZMĚNY
KRAJINNÉHO POKRYVU NA MODELOVÉM
ÚZEMÍ V DOUPOVSKÝCH HORÁCH**

ČERVEN 2007

JOSEF BRŮNA

ŠKOLITEL: MGR. JAROSLAV VOJTA

1. Obsah

1. OBSAH	2
2. SEZNAM PŘÍLOH	3
2.1. TABULKY	3
2.2. OBRÁZKY A MAPY	3
2.3. PŘÍLOHY	3
3. SOUHRN	4
4. ÚVOD	5
4.1. LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ A DPZ	5
4.2. ZMĚNA KRAJINNÉHO POKRYVU.....	6
5. METODIKA	8
5.1. LOKALITA	8
5.2. POUŽITÁ DATA.....	9
5.3. ORTOREKTIFIKACE	10
5.4. MOZAIKOVÁNÍ.....	13
5.5. KLASIFIKACE	14
5.6. ANALÝZY	17
6. VÝSLEDKY	18
7. DISKUSE	21
7.1. METODIKA.....	21
7.2. VÝSLEDKY	22
8. ZÁVĚR	23
9. MOŽNOSTI DALŠÍ PRÁCE	24
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	25
11. POUŽITÝ SOFTWARE	28
12. PŘÍLOHY	29
12.1. MAPY	29
12.2. CD.....	34

2. Seznam příloh

2.1. Tabulky

TAB. 1 VÝPOČET SOUŘADNIC X A Y PRO RÁMOVÉ ZNAČKY	11
TAB. 2 POČTY VLÍCOVACÍCH BODŮ PRO JEDNOTLIVÉ SNÍMKY	12
TAB. 3 POUŽITÉ KATEGORIE KLASIFIKACE KRAJINNÉHO POKRYVU	16
TAB. 4 ZMĚNOVÁ MATICE KATEGORIÍ KRAJINNÉHO POKRYVU MEZI LETY 1952 A 2005.	19
TAB. 5 ZMĚNOVÁ MATICE LAND USE 1952 A KATEGORIÍ KRAJINNÉHO POKRYVU 2005	19

2.2. Obrázky a mapy

OBR. 1 MAPA ČR S VYZNAČENOU LOKALITOU	8
OBR. 2 VZÁJEMNÁ POLOHA JEDNOTLIVÝCH LETECKÝCH SNÍMKŮ Z ROKU 1952.	9
OBR. 3 ZNÁZORNĚNÍ PROCESU ORTOREKTIFIKACE	10
OBR. 4 PŘÍKLAD VÝSLEDKŮ FUNKCE IMAGE DODGING PROGRAMU ERDAS IMAGINE	13
OBR. 5 ROZHRAŇÍ MEZI SNÍMKY.	14
OBR. 6 GRAF ZASTOUPENÍ KATEGORIÍ KRAJINNÉHO POKRYVU V ROCE 1952 A 2005	20

2.3. Přílohy

PŘÍLOHA 1 ORTOFOTOMAPA VYTVOŘENÁ Z LETECKÝCH SNÍMKŮ Z ROKU 1952	
PŘÍLOHA 2 ORTOFOTOMAPA Z ROKU 2005	
PŘÍLOHA 3 KRAJINNÝ POKRYV V ROCE 1952	
PŘÍLOHA 4 LAND USE V ROCE 1952	
PŘÍLOHA 5 KRAJINNÝ POKRYV V ROCE 2005 - VOLNĚ VLOŽENÁ FOLIE	

3. Souhrn

Cílem práce je posoudit možnosti nástrojů GIS pro zhodnocení expanze dřevin z původních lesních porostů do krajiny po uzavření vojenského újezdu Hradiště v Doupovských horách. Uzavřením obývané krajiny vznikly obdobné podmínky, jaké mohou nastat při vyhlášení bezzásahové chráněné oblasti. Dřeviny mohou libovolně expandovat do krajiny. Bylo zvoleno území 2 x 2,5 km, kolem bývalé obce Tocov, kde souběžně probíhá další výzkum. Na území lze sledovat přechod od antropogenně ovlivněné krajiny s obcí, polnostmi, loukami a lesy na víceméně přírodní krajinu. Tento typ změny je v České republice velmi ojedinělý.

Moderní ochrana přírody má k dispozici geografické informační systémy (GIS), které mimo jiné umožňují statistické zpracování prostorových dat. Náplní práce bylo zpracování dvou podkladů na vybraném území - leteckého snímkování z let 1952 a 2005. Letecké snímkování je v tomto případě nejvhodnější metodou vzhledem k dostupnosti dat a požadované přesnosti. Navíc umožňuje získat data z doby, kdy jiný průzkum nebyl prováděn. Otázkou bylo, jestli je dnešní krajinný pokryv ovlivněn původním.

To bylo zjišťováno pomocí vizuální interpretace snímků. Získaná data pak byla statisticky zpracována. Současný krajinný pokryv mohl být též ovlivněn původním land use. Proto byla přidána vrstva land use zpracovaná Drhovskou (2007) a Kopeckým (2006) podle státní mapy odvozené z roku 1952.

Výstupem jsou zpracované mapové podklady a statistické vyhodnocení změny krajinného pokryvu v souvislosti s původním krajinným pokryvem a land use.

4. Úvod

4.1. Letecké snímkování a DPZ

Pro posouzení dlouhodobých změn v krajině bylo dříve potřeba dlouhodobých studií. Díky moderním technologiím je dnes možné provádět podobné studie i v místech, kde dlouhodobé sledování neprobíhalo.

Nejvíce je dnes používáno satelitní snímkování (Carreiras et al., 2006; Comber et al., 2004; GFW, 2006). Náklady na pořízení a zpracování jsou nižší než u letecké fotografie (Bird et al., 2000; Comber et al., 2004). Jsou však k dispozici až od roku 1972, kdy byl vypuštěn satelit Landsat 1. Původní rozlišení 80x56 m se také zlepšilo, satelit SPOT nabízí rozlišení 5x5 m, které je pro mnohé účely postačující (Miller et al., 2000; Luxford et al., 2004). Nejpřesnější dostupné satelitní snímky poskytují satelity Ikonos s rozlišením 1 m a Quickbird s rozlišením 0,6 m (Internet 1). Přesná data získaná pozemním průzkumem lze pomocí satelitních snímků extrapolovat a získat poměrně detailní informace o velkých oblastech (Bird et al., 2000). Comber et al. (2004) využíval k zpřesnění údajů ze satelitu data o půdě, srážkách a pozemního průzkumu.

Pro dlouhodobější studie je tedy vhodné použít leteckou fotografii, která je na mnohých místech dostupná již od 30. let 20. století (Löfman et Kouki, 2001; Miller et al., 2000; Rocchini, 2004). Byla hojně využívána pro topografické mapování a inventarizaci lesů (Wilson, 1960, sec. Miller et al. 2000).

Historické letecké fotografie představují obrovský zdroj přesných informací, který může být díky digitalizaci dostupný a využitelný pro opakované analýzy a přesné studie (Korpela, 2006; Luxford et al., 2004; Miller et al., 2000). Mohou také sloužit k zpřesnění archivních údajů, poskytují totiž přesnější prostorové údaje než tradiční pozemní průzkum (Miller et al., 2000). Historické letecké fotografie ve svých studiích používali také Aaviksoo (1993), Bird et al., 2000, Korpela (2006), Taylor et al. (2000).

Přesnost získaných dat závisí na způsobu interpretace, přesnosti a rozlišení fotografie. V případě manuální interpretace též závisí na zkušenosti pozorovatele (Quine et Bell 1998, sec. Miller et al. 2000).

Data jsou mnohdy tak přesná, že lze sledovat jednotlivé stromy, měřit jejich výšku i obvod koruny (Korpela, 2006). Z těchto údajů lze pak výpočtem určit nadzemní biomasu (Massada et al. 2006). K podobným studiím je však třeba stereografických párů snímků, které umožňují vytvoření trojrozměrného modelu sledované oblasti. Po úpravě stačí i snímky s velkým překrytem. Stereografické snímky lze využít i pro posouzení kvality pokryvnosti dřevin (Miller et al., 2000).

Vytvořením digitálního modelu povrchu včetně vegetace a následným odečtením digitálního modelu reliéfu (DEM), který byl vytvořen ze snímků mimo vegetační období, vznikne model nadzemní vegetace (Miller et al., 2000; Tanaka et Nakashizuka, 1997). Tuto metodu bohužel nelze použít v neopadavých lesích (Miller et al., 2000). Fujita et al. (2003) porovnával DEM včetně vegetace s DEM získaným pozemním průzkumem. Henbo et al. (2004) porovnával obě tyto metody a zjistil že poskytují srovnatelné výsledky, přičemž pozemní průzkum je časově náročnější. Tanaka et Nakashizuka (1997) používali pro posouzení změny krajinného pokryvu kombinaci leteckých snímků a DEM. Model nadzemní vegetace byl nejčastěji použit pro získání informací o mezerách v porostech a jejich dynamice v průběhu času.

Pro hodnocení kvality vegetace je nejvhodnější infračervená fotografie (Carreiras et al., 2006; Cousins, 2000), která se ale většinou pořizuje přímo pro potřeby dané studie a je tedy z hlediska dlouhodobého sledování nedostupná. Její další výhodou je snadná možnost detekce vlíčovacích bodů v krajině, kde schází výrazné prvky. Snadno se zde totiž detekují rašeliniště nebo skalní výchozy (Cousins, 2000). Podobné výsledky poskytují i satelitní snímky v infračervené oblasti spektra (Carreiras et al., 2006).

Dalším vhodným zdrojem informací o časové změně krajinných složek či využívání půdy jsou historické mapy (Brůna et Křováková, 2006; Cousins, 2000).

4.2. Změna krajinného pokryvu

Mnoho autorů se věnuje změně krajiny způsobené změnou sociálních poměrů, většinou se jedná o změny obhospodařování půdy, nebo opuštění zemědělské půdy (Hietel et al., 2004; Sluiter et de Jong, 2007). Používají přitom různé ekologické proměnné: půdní typ, svažitost, expozici, vlhkost a další.

Způsob využívání půdy před opuštěním přitom ovlivňuje skladbu šířící se vegetace (Bellemare et al, 2002; Kopecký, 2006; Sluiter et de Jong, 2007) i její diverzitu (Hietel et al., 2004; Kopecký, 2006; Vojta et Kopecký, 2006).

Bellemare et al. (2002) používal k posouzení změny krajinného pokryvu historické mapy z 19. století a letecké snímky z 20. století. Současné plochy rozlišoval dle stáří a časové stability porostů. V jednotlivých porostech pak klasifikoval dřeviny dle jejich způsobu šíření.

Vojta et Kopecký (2006) zjistili korelaci mezi typem původního hospodaření a současnou vegetací na lokalitě v Doupovských horách pomocí vegetačních záznamů a map původního land use.

Löfman et Kouki (2001) sledovali vývoj lesa a vliv lesního hospodářství. Rozlišovali kategorie les a bezlesí a posuzovali fragmentaci lesů a dlouhodobou změnu zalesněných ploch.

Zjistili, že rozlišování pouze dvou kategorií není vhodné pro posuzování biodiverzity, nebo vhodnosti stanovišť pro živočichy, ale pro zhodnocení fragmentace je postačující.

Cousins (2000) ve své studii sledovala na lokalitě v jihovýchodním Švédsku změnu krajinného pokryvu od 17. století až do roku 1981. Jako zdroj historických dat použila staré katastrální mapy. Výsledkem její studie je kvantifikace změn jednotlivých typů ploch v průběhu času. Zjistila, že pouze malá část travních porostů zůstala beze změny.

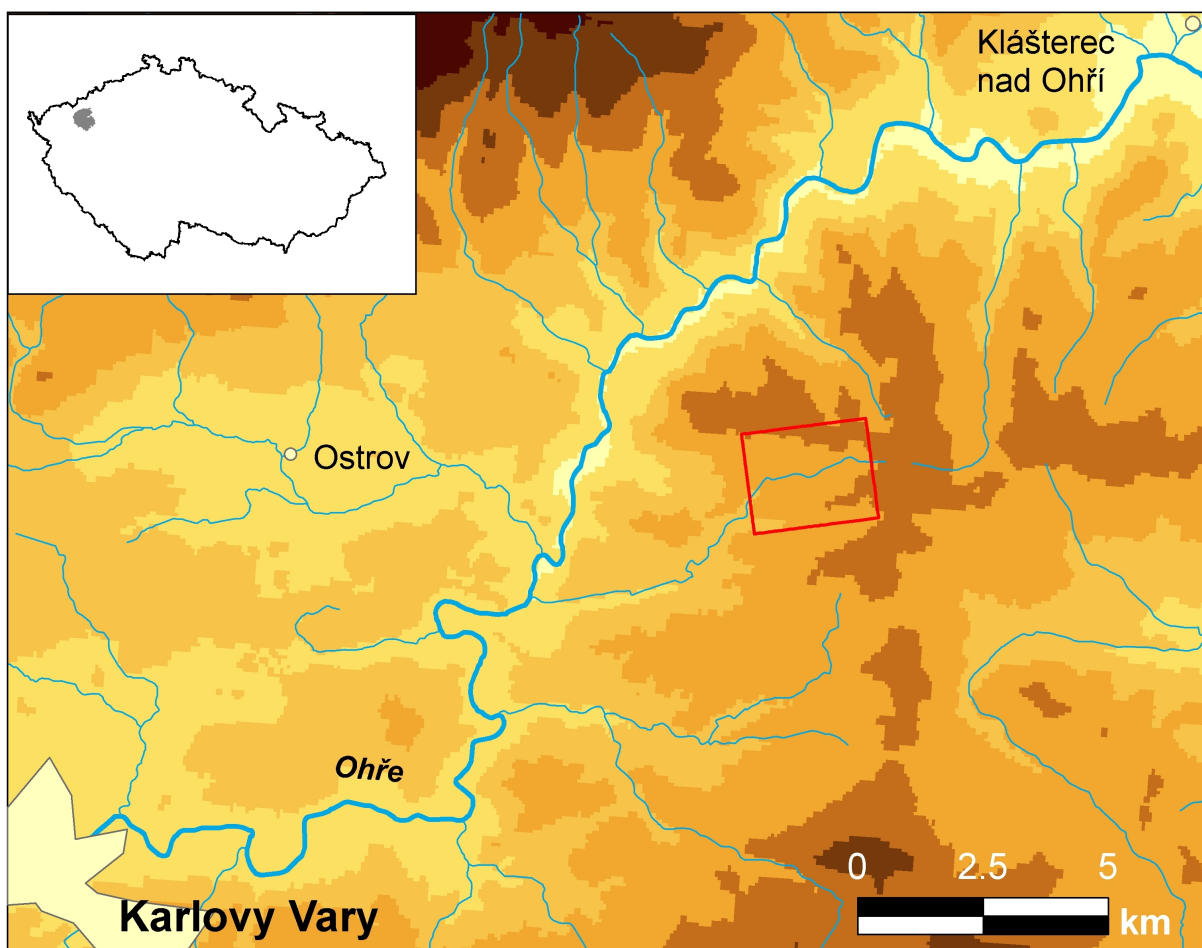
Miller et al. (2000) sledoval změny ve struktuře lesních hospodářských porostů vzhledem k náchylnosti na poškození větrem.

5. Metodika

5.1. Lokalita

Zvolená lokalita se nachází ve vojenském újezdu Hradiště v Doupovských horách (Obr. 1). Vojenský újezd vznikl v roce 1953, jeho území bylo vysídleno. Značná část území je od té doby nepřístupná a probíhá zde sekundární sukcese na rozsáhlých plochách (Vojta et Kopecký, 2006). Pro tuto práci bylo zvoleno území 2 x 2,5 km, kolem bývalé obce Tocov, kde souběžně probíhá další výzkum pod vedením J. Vojty. Kromě vlastních cvičišť vznikly i „nárazníkové zóny“, kde je hospodaření omezeno nebo zcela vyloučeno a k výcviku vojsk nejsou využívány (Vojta et al, in print).

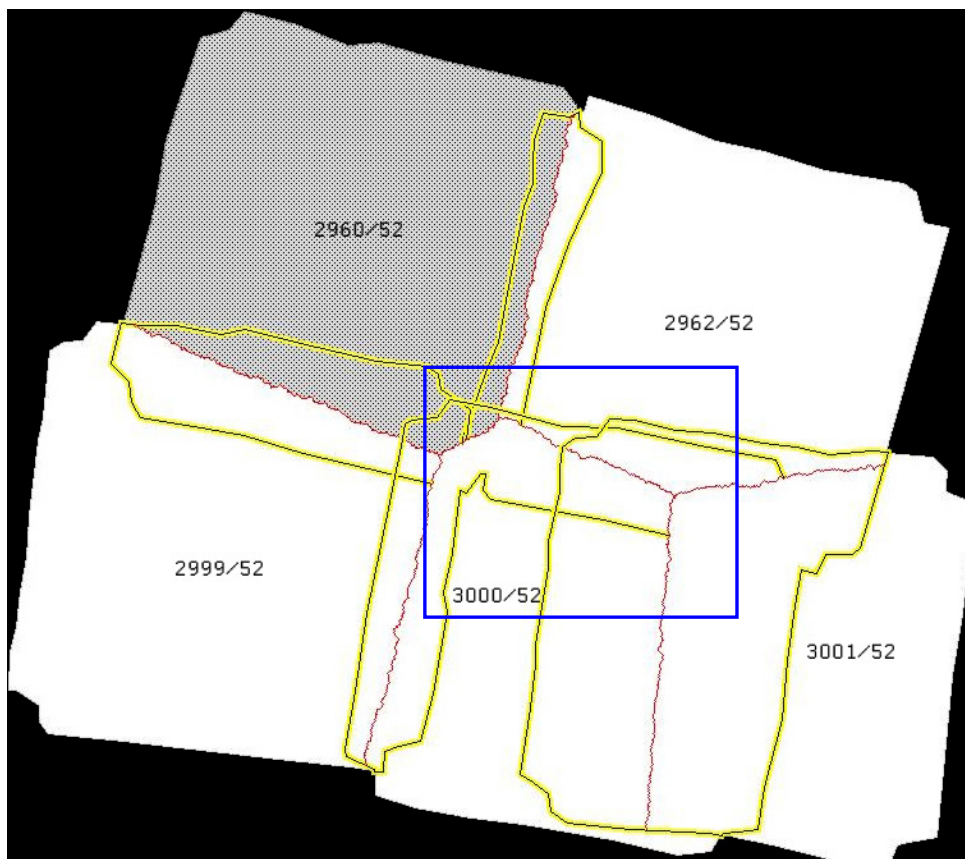
Na lokalitě lze sledovat přechod od antropogenně ovlivněné krajiny s obcí, polnostmi, loukami a lesy k víceméně přírodní krajině. Tento typ změny je v České republice velmi ojedinělý.



Obr. 1 Mapa ČR s vyznačenou lokalitou

5.2. Použitá data

Letecké snímky z roku 1952 z Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu Dobruška byly získány jako rastrové ekvivalenty leteckých měřických snímků v rozlišení 28 μm což odpovídá 907 dpi. Danou lokalitu pokrývá 5 snímků 2960/52, 2962/52, 2999/52, 3001/52 a 3002/52 (Obr. 2). Tyto snímky netvořily souvislou ortofotomapu a bylo potřeba je nejprve ortorektifikovat a následně spojit do jedné ortofotomapy.



Obr. 2 Vzájemná poloha jednotlivých leteckých snímků z roku 1952. Žlutě jsou vyznačeny překryty snímků, červeně dělicí linie a modře sledovaná lokalita

Pro ortorektifikaci byl potřeba digitální model terénu (dále jen DEM). Školitelem byl poskytnut DEM odvozený z vrstevnic ZABAGED (základní báze geografických dat) v měřítku 1:10000 pro vybrané území. Program ERDAS Imagine však vyžaduje DEM pro celou oblast projekce snímku, bylo proto potřeba DEM rozšířit. Doplňující části byly přidány z DEM odvozeného z vrstevnic CENIA (Česká informační agentura životního prostředí) v měřítku 1:25000 pomocí nástroje Mosaic programu ArcGIS. Rozdílné měřítko DEM doplňujícího území neovlivňuje kvalitu výsledné ortofotomapy, protože leží mimo zájmové území.

Pro vyhledání vlíčovacích bodů byla použita státní mapa odvozená z roku 1952 v rastrové podobě v měřítku 1:5000. Z této mapy byla vždy načtena i mapová projekce. Všechna data byla zpracována v souřadném systému S-JTSK - Křovákovo zobrazení.

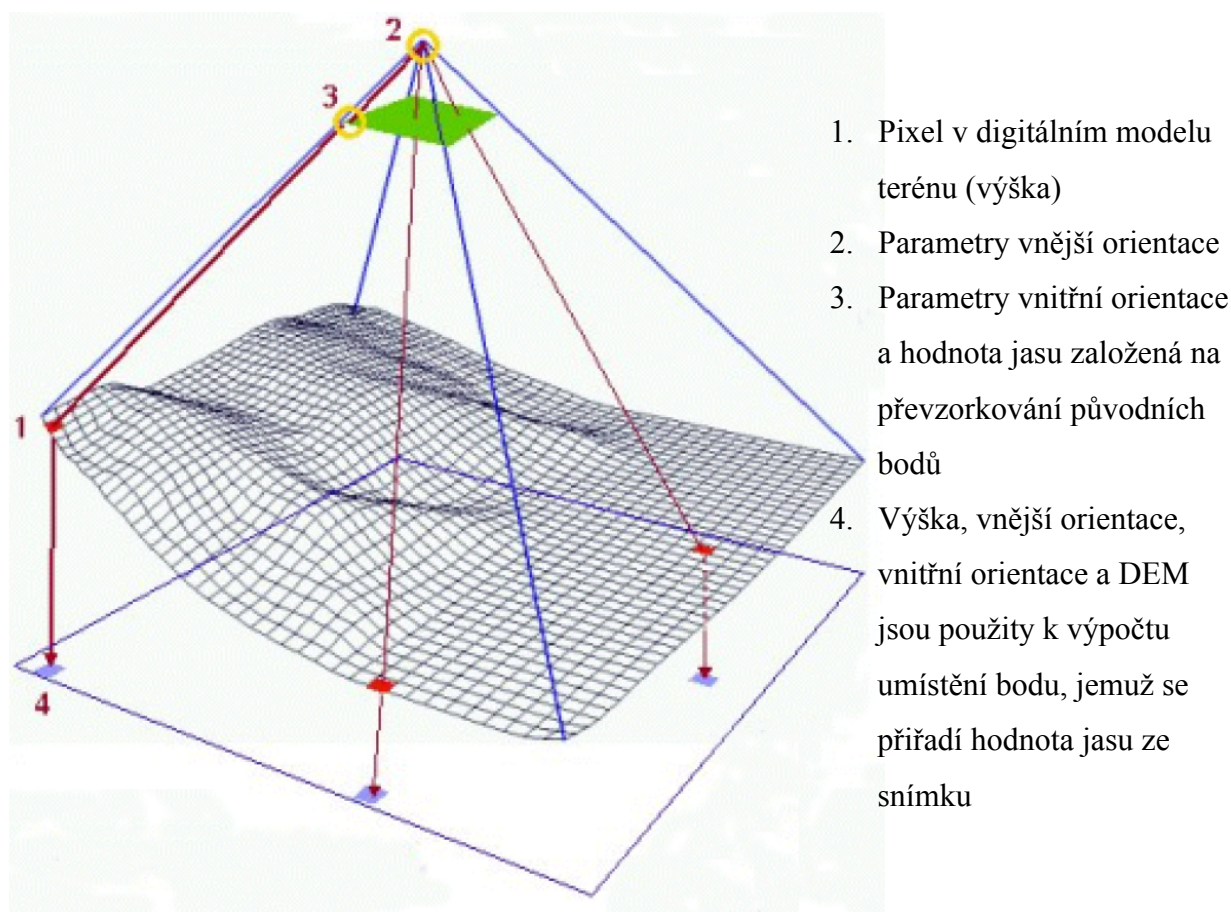
Pro posouzení vlivu hospodaření byla přidána vrstva land use zpracovaná Drhovskou (2007) a Kopeckým (2006) podle státní mapy odvozené z roku 1952.

Pro posouzení současného stavu krajinného pokryvu byla použita barevná ortofotomapa z roku 2005 získaná od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

5.3. Ortorektifikace

Bohužel z roku 1952 je z vybrané lokality archivován pouze každý druhý snímek, což poskytuje pouze minimální překryt. Využití stereoskopických metod tak není možné. Vždy je však alespoň částečný překryt, což poskytuje dostatek dat pro vytvoření ortofotomapy, kterou pak lze interpretovat.

K získání přesných údajů by snímky měly být ortorektifikovány (Leica, 2006a; Rocchini, 2004). Historickou změnu lze totiž sledovat jen s přesnými daty (Cousins, 2000). Snímky tak zbavíme nepřesností způsobených optickou deformací, orientací a výškou snímacího zařízení a reliéfem. Při použití pouhé rektifikace, která neopravuje zkreslení způsobené reliéfem, mohou výsledná data vypovídat jen o kvalitě změn, ne o jejich kvantitě (Rocchini, 2004; Rocchini et Di Rita 2005).



Obr. 3 Znárodnění procesu ortorektifikace (Leica, 2006c)

Při ortorektifikaci se data z dvourozměrného obrazu ze snímací komory převedou pomocí digitálního modelu terénu do trojrozměrného modelu a výsledek se pomocí transformačních funkcí převede zpět do dvourozměrného obrazu (Obr. 3) s větší geometrickou přesností, než výchozí snímek (Leica, 2003b). To je umožněno díky výkonné výpočetní technice.

Pro ortorektifikaci bylo použito programu ERDAS Imagine 8.7, který dovoluje ortorektifikovat snímky s použitím parametrů snímací komory a digitálního modelu terénu. Z daných parametrů sestaví model, který pak aplikuje na ortorektifikovaný obraz. V případě nedostupnosti DEM je vhodné použít transformaci vyššího řádu (ERDAS, 1997), nebo využít grafický program Contex Eclipse, který umožňuje manuální místní deformaci mapy překryté přes referenční mapu (Cousins, 2000). Tato metoda je rychlá a poměrně přesná.

Pro přesnou ortorektifikaci jsou potřeba parametry snímací komory - tzv. kalibrační protokol (Leica, 2006a), který bohužel nebyl dostupný. Yusuke (2002) však uvádí postup, kterým lze ortorektifikovat i snímky bez tohoto protokolu. Nejdůležitější informace jsou přímo na snímku: konstanta komory a rámové značky. Konstanta komory použité pro snímkování lokality v roce 1952 byla 213,78 mm. Dále jsou zde informace o čase pořízení a letové výšce, tyto informace však nejsou pro sestavení modelu potřeba. Další požadovaný parametr: rozměry snímací desky mezi rámovými značkami je možné vypočítat díky znalosti rozlišení skenování a rozměrů rastrového ekvivalentu snímku (Yusuke, 2002). Bylo by sice možné změřit přímo kontaktní kopie snímků, ale vzhledem k změně kvality snímků v průběhu času (Korpela, 2006) a nepřesností manuálních měřidel, se vyplatí měřit přímo rastrový ekvivalent snímku. Rozměry mezi rámovými značkami byly změřeny pomocí programu Adobe Photoshop CS. Výsledky byly získány pomocí rovnice (1)

$$(1) r(\text{mm}) = (rp/\text{dpi}) \cdot 25,4 \text{ (Yusuke, 2002)}$$

kde r je výsledný požadovaný rozměr, rp změřený rozměr v pixelech, dpi je rozlišení skenování v bodech na palec a 25,4 je konstanta pro přepočtení palců na mm. Z těchto rozměrů jsou pak vypočteny souřadnice X a Y rámových značek. Při posloupnosti značek ve směru hodinových ručiček je lze spočítat pomocí tabulky (Tab.1). Souřadný systém má počátek v průsečíku spojnic protilehlých značek.

Tab. 1 Výpočet souřadnic X a Y pro rámové značky. (Yusuke, 2002) h je výška, w je šířka získané pomocí rovnice (1)

Číslo značky	X	Y
# 1	$-h/2$	$w/2$
# 2	$h/2$	$w/2$
# 3	$h/2$	$-w/2$
# 4	$-h/2$	$-w/2$

V případě, že snímek nemá rámové značky, je též možno je stanovit a změřit dodatečně (Luxford et al., 2004).

Dále je možno zadat parametry vnější orientace snímku udávající úhly odklonu snímkovacího zařízení od jednotlivých pravouhlých souřadnic x , y , z . Pokud je neznáme, je možno je považovat za nulové (Leica, 2003a).

Na každém snímku bylo potřeba zadat několik vlíčovacích bodů (GCP), aby bylo možné dobře modelovat snímací komoru (Leica, 2006b). GCP jsou body o známé geografické poloze a nadmořské výšce, které se používají pro georeferenci a ortorektifikaci snímku (Leica, 2006b).

Pro běžnou rektifikaci je potřeba jen několik rovnoměrně rozmístěných bodů. Jejich minimální počet (x) lze určit z rovnice (2).

$$(2) x = \frac{(t+1)(t+2)}{2}$$

kde t je řád transformace (ERDAS, 1997). Řád transformace určuje složitost polynomu použitého pro transformaci.

Jelikož poloha hlavního snímkovacího bodu nebyla známa a byla tedy stanovena jako ideální střed o souřadnicích 0, 0 (Yusuke, 2002), bylo zvoleno více vlíčovacích bodů (Tab 2.), než je obvyklé. To umožňuje programu použít polynom vyššího stupně, který umožní lépe transformovat obraz v případě, že by hlavní snímkovací bod byl jinde (ERDAS, 1997). Dalším důvodem byla přítomnost vybělených míst, kde nebylo možno nalézt rozlišitelné prvky a vyhovět tak požadavku rovnoměrnosti rozložení vlíčovacích bodů.

Tab. 2 Počty vlíčovacích bodů pro jednotlivé snímky

2960/52	21
2962/52	22
2999/52	20
3001/52	17
3002/52	14

Body byly získávány ze státní mapy odvozené z roku 1952. Program každému bodu přiřadí nadmořskou výšku podle DEM. Jako vlíčovací body byly voleny stabilní rozlišitelné prvky: rohy budov, křižovatky cest a mosty (Korpela, 2006; Leica, 2006b). Luxford et al. (2004) používali prvky z vektorové mapy města. Dostatečný počet bodů byl určen pomocí poklesu střední kvadratické chyby (RMS), která se počítá (3) jako odmocnina ze součtu čtverců vzdáleností mezi polohou bodu ve zdrojovém obrazu (x, y) a polohou určenou transformační rovnicí (x_{or}, y_{or}). Podle jejího poklesu lze posoudit aktuální přesnost modelu (ERDAS, 1997).

$$(3) RMS = \sqrt{(x - x_{or})^2 + (y - y_{or})^2} \quad (\text{ERDAS, 1997})$$

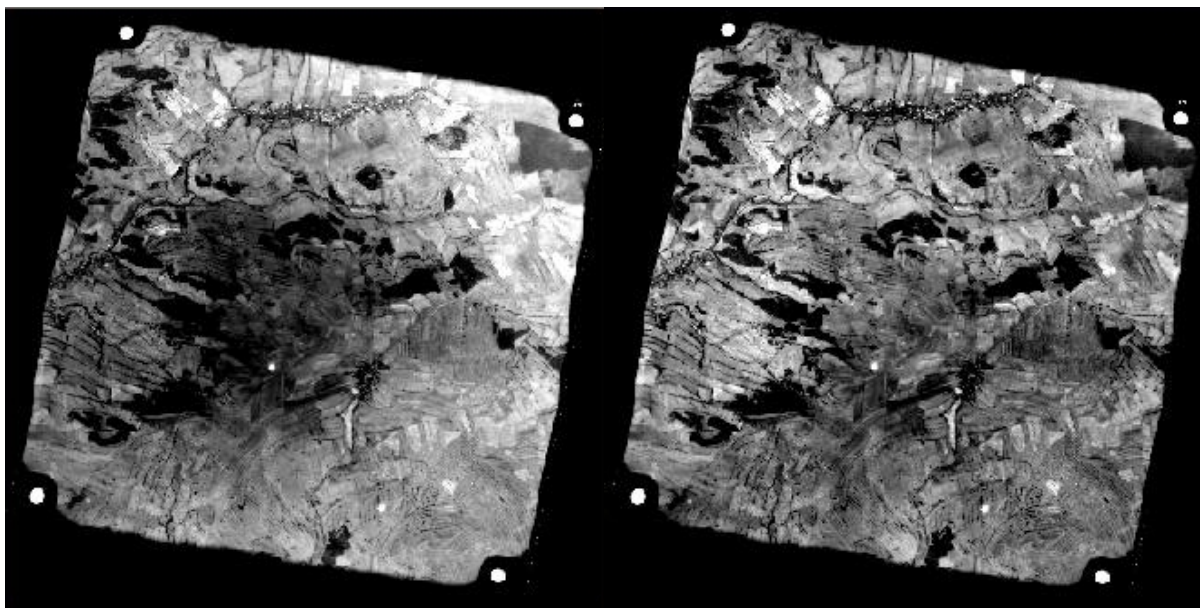
Body s největším podílem na chybě byly odstraněny. Vlíčovací body byly též použity pro georeferenci celé mapy do souřadnicového systému.

V případě většího počtu snímků je vhodné použít modulu ERDAS Orthobase Pro, který umožňuje nastavit údaje pro celý blok snímků (Leica, 2003a; Luxford et al., 2004).

Výsledný snímek byl vyexportován do formátu tiff. K převzorkování byla použita metoda Nearest neighbour, jelikož nemění jas originálních pixelů (Rocchini, 2004). Každý snímek byl pak vizuálně zkontrolován prolnutím se státní mapou odvozenou v programu ArcMap. V případě neuspokojivého výsledky byl proces zopakován s jinými body. V místech překrytu snímků byly voleny stejné vlíčovací body pro překrývající se snímky (Leica, 2006b), aby byla zajištěna dobrá návaznost ortorektifikovaných snímků. Výsledný snímek má rozlišení 0,8732 m x 0,8732 m na 1 pixel.

5.4. Mozaikování

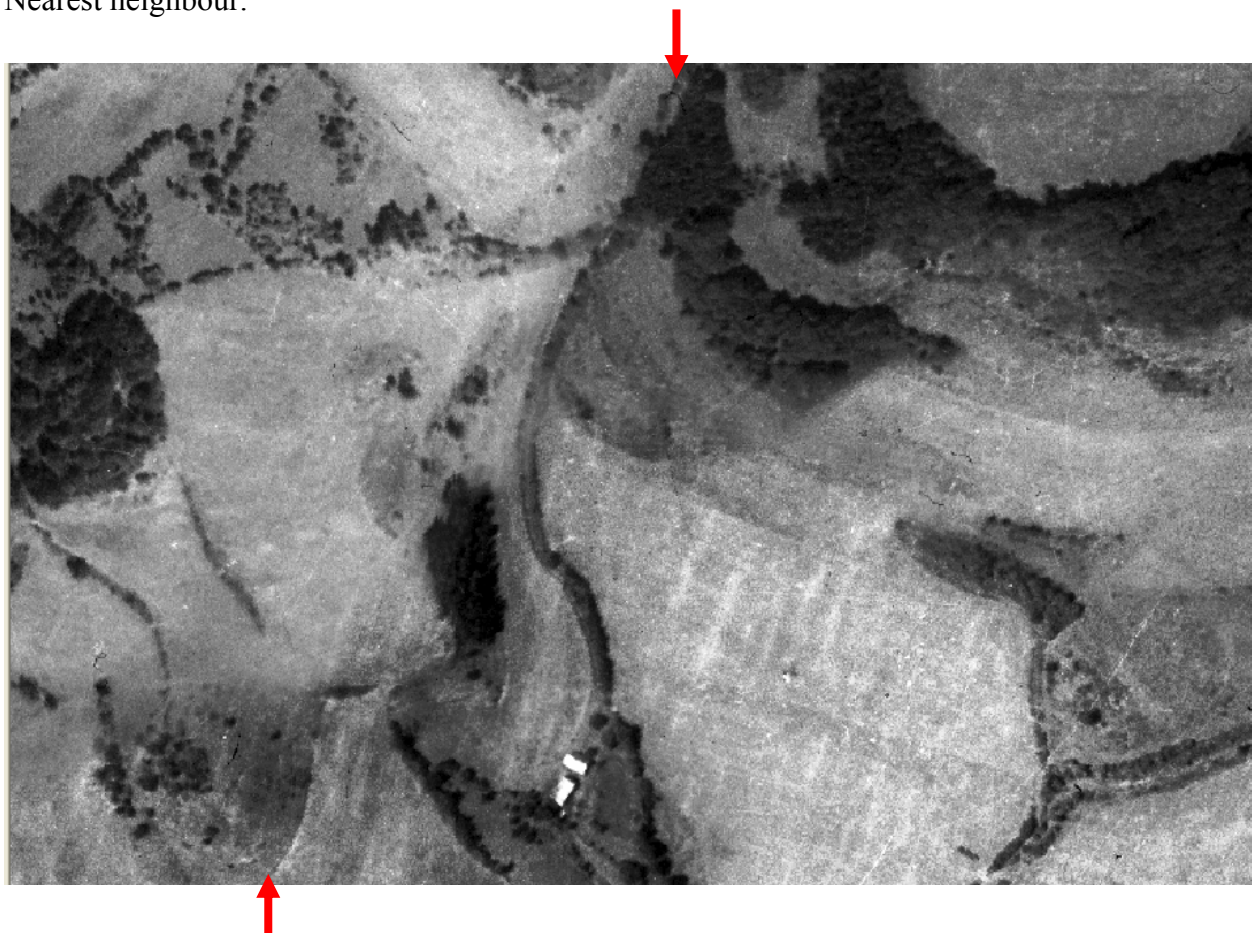
Aby mohly být jednotlivé snímky použity jako jedna ortofotomapa, je potřeba je zbavit okrajů s údaji a spojit je dohromady. Program ERDAS Imagine 8.7 nabízí nástroj Mosaic, který poskytuje všechny potřebné operace. Nejprve je potřeba ohraničit výřez, ve kterém je obraz. Ze snímků je třeba odstranit vybělená a ztmavená místa snímku pomocí funkce Image dodging (Obr. 4). Tato místa vznikla nestejnou expozicí filmu v různé vzdálenosti od středu a různým odrazem světla od zemského povrchu (Holopainen et Wang, 1998). Částečně také díky archivaci (Korpela, 2006). Jelikož byly rozdíly mezi snímky velké, byl zvolen Individual dodging, který mění každý snímek zvlášť.



Obr. 4 Příklad výsledků funkce Image dodging programu ERDAS Imagine - vlevo původní snímek 3001/52, vpravo upravený snímek.

Poté je dobré upravit histogramy v místech překrytu, aby byly přechody mezi snímky méně nápadné. Následně je třeba zvolit dělicí linii. Program umí ze zadaných parametrů nadefinovat automatickou linii, kterou lze manuálně upravit. V případě městské krajiny je vhodné volit dělicí linii manuálně, rovnoběžně se silnicemi (Leica, 2003a; Luxford et al., 2004). V případě lesních porostů, jako na studované lokalitě, je vhodné kopírovat jejich okraje (Leica,

2003a). Pro danou lokalitu byla zvolena automatická dělicí linie. Pro neznatelný přechod i při velkém přiblížení je vhodné použít funkci Feathering, která počítá hodnotu výsledného pixelu pomocí váženého průměru hodnot překrývaných pixelů. Váha je zde nepřímo úměrná vzdálenosti od dělicí linie. Kvůli rozmazávání na některých vzdálenějších místech byl zvolen Feathering do vzdálenosti 10 metrů od dělicí čáry. Výsledná mapa byla exportována do formátu tiff se stejným rozlišením jako vstupující snímky. Opět byla k převzorkování použita metoda Nearest neighbour.



Obr. 5 Rozhraní mezi snímky je díky použití funkce Feathering a vyvážení histogramů, jen těžko rozpoznatelné. Šipky označují probíhající hranici.

5.5. Klasifikace

Klasifikace byla provedena manuálně na základě vizuální interpretace ploch porostů. Přesnost vizuální interpretace z leteckých snímků ověřoval ve své studii (Taylor et al., 2000). V případě interpretace týmem pozorovatelů je lepší interpretace ze snímků, jelikož umožňuje diskusi, která v terénu není běžná (Taylor et al., 2000). Tato metoda je také rychlejší oproti pozemní klasifikaci v terénu a umožňuje přímý výstup do mapy (Bird et al., 2000). Odpadají zde problémy s klasifikací, jelikož ji lze kdykoli upravit a učinit případné změny (Taylor et al., 2000). Navíc lze sledovat plochy v kontextu a získat tak velmi přesné informace (Bird et al., 2000; Comber et al. 2004). Manuální klasifikaci používali Bird et al. (2000), Hietel et al. (2004), Sluiter et de Jong (2007), Taylor et al. (2000).

Některé studie používají automatickou klasifikaci snímku (Löfman et Kouki 2001). Vzhledem k velké změně pokryvnosti na zájmovém území však tato možnost není pro tuto práci vhodná. Pro její kalibraci by bylo zapotřebí upravit snímky tak, aby měly obdobný průběh histogramu na nezměněných místech, což by bylo časově náročné. Pro posuzování velkých oblastí by to však bylo výhodnější. Další používanou automatickou metodou je přímé porovnávání hodnot jasu jednotlivých pixelů (GFW, 2006). Tato metoda je však vhodná pro snímky s hrubším rozlišením - řádově 10-30 m, kdy je jistota že dané pixely odpovídají stejnému místu.

Na vytvořené ortofotomapě z roku 1952 byly manuálně klasifikovány plochy s dřevinami. Ty byly rozděleny do pěti kategorií podle hustoty a výšky vegetace (Tab. 3). Výška byla určována z velikostí korun a stínů. Vektorizace a klasifikace byla prováděna v rámci geodatabáze pomocí programu ArcMap.

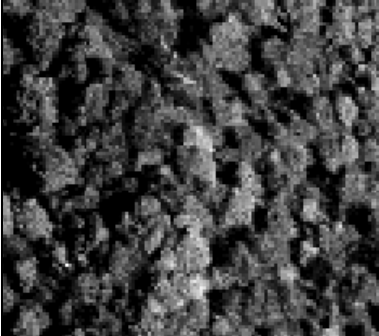
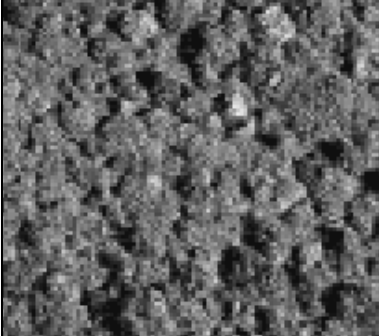
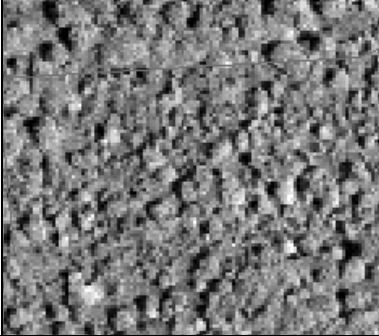
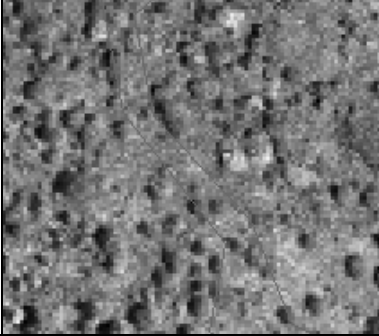
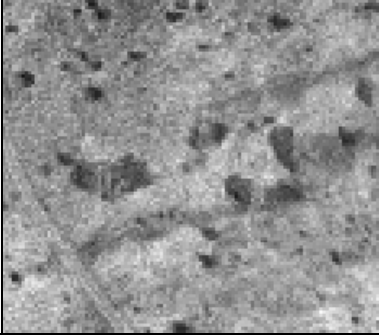
Výhodou použití vlastní klasifikace je srovnatelnost obou výstupů. V případě použití již klasifikovaných mapových podkladů, může být problém se srovnatelností jednotlivých kategorií (Cousins, 2000). Jejich vzájemný nesoulad zapříčiněný různými kritérii může poukazovat na změny i tam, kde se ve skutečnosti nic nezměnilo.

Kategorie **les** obsahuje plochy s vysokou pokryvností vzrostlých dřevin bez ohledu na jejich druh. Plochy s menší pokryvností vzrostlých dřevin, remízky, stromy podél cest a jednotlivé stromy byly zařazeny do kategorie **řídký les**. Do kategorie **husté křoviny** byly zařazeny sady z roku 1952 a keře podél cest a plochy s vyššími keři, které se nacházejí na sledovaném území dnes, jelikož mají víceméně podobné charakteristiky. Do kategorie **řídke křoviny** byly zařazeny plochy s křovinami s menší pokryvností a také liniové křoviny podél cest a na mezích. Kategorie **bezlesí** nebyla klasifikována a vznikla jako doplněk k ostatním plochám.

Ortofotomapa z roku 2005 byla pro účely klasifikace převzorkována na stejné rozlišení jako vytvořená ortofotomapa z roku 1952 a převedena z barevné na černobílou. Tím byly zajištěny shodné podmínky pro subjektivní vizuální klasifikaci.

V případě, že by změny nebyly velké, bylo by možno vytvořit kopii vektorové vrstvy klasifikace z roku 1952 a změnit pouze některé prvky. Tím by se zamezilo vzniku mylných změn na nezměněných hranicích porostů, způsobených nepřesnostmi manuální klasifikace (Taylor et al., 2000). Vzhledem k velikosti změn však byla vytvořena nová vrstva. Byly použity stejné kategorie klasifikace. Aby nevznikaly velké chyby v klasifikaci, byla mapa území z daného roku klasifikována vždy v rámci jednoho dne. Navíc byly klasifikované plochy průběžně kontrolovány a posuzovány, aby se neměnili kritéria klasifikace. Postup byl náhodný, aby se předešlo nerovnoměrnému rozmístění nepřesností. Dokončení klasifikace bylo zkontrolováno překrytím vyplněných polygonů přes ortofotomapu.

Tab. 3 Použité kategorie klasifikace krajinného pokryvu. Procenta pokrývnosti jsou pouze orientační.

Pracovní zkratka	Název kategorie	Pokrývnost	Popis	Příklad ze snímku z roku 2005
L	Les	75 - 100%	zapojený lesní porost	
R	Řídký les	50 - 75%	řidký les, remízky se stromy, stromy podél cest a jednotlivé stromy	
S	Husté křoviny	25 - 50%	husté křoviny a sady (1952)	
K	Řídké křoviny	5 - 25%	řidké křoviny, meze s keři a keře podél cest	
B	Bezlesí	0 - 5%	pole, pastviny a louky s ojedinělými keři	

5.6. Analýzy

Pro posouzení změny bylo použito nástroje Union programu ArcGIS, který umožňuje sloučit jednotlivé vektorové vrstvy do jedné tak, že každé ploše odpovídá jen jedna charakteristika z každé vrstvy. Nejprve jím byla každá klasifikace krajinného pokryvu doplněna o plochy bezlesí, které nebyly manuálně klasifikovány a vznikly jako doplněk do zbytku mapy. Následně byl tento nástroj použit i pro sloučení obou klasifikací. Pro přehlednou manipulaci bylo vytvořeno nové pole, které obsahuje dvouznakový textový řetězec popisující změnu, která na dané ploše proběhla. Řetězec vznikl spojením zkratk klasifikace z let 1952 a 2005.

Pro analýzu byla do databáze přidána i vektorizovaná vrstva land use roku 1952 zpracovaná Drhovskou (2007) a Kopeckým (2006). Tato vrstva byla též sloučena s klasifikací krajinného pokryvu z roku 2005 pomocí nástroje Union. Opět bylo vytvořeno nové pole, které přehledně charakterizuje změnu.

Vzniklá databáze byla analyzována v prostředí Microsoft Access. Výsledkem je graf zastoupení jednotlivých ploch (Obr. 6) a změnové matice (Tab. 4 a 5), vzniklé jako kontingenční tabulky. Ty byly exportovány do aplikace Microsoft Excel, upraveny z absolutních hodnot do relativních a doplněny popisky. Všechny údaje byly zaokrouhleny na jedno desetinné místo. Kategorie land use nic a nep značící pustou půdu byly sloučeny. Změna kategorie land use potok nebyla uvažována, jelikož nebyla při klasifikaci snímku z roku 2005 rozlišována.

Jelikož byl hodnocen jen výchozí a konečný stav, nelze statistiku využít k predikci do budoucnosti. Pro správnou predikci jsou zapotřebí data alespoň ze tří různých období, která umožní posoudit kvalitu predikce na jedné lokalitě (Aaviksoo, 1993). Pomocí modelu vytvořeného ze dvou období lze predikovat stav ve třetím. Tyto výsledky pak porovnáme s reálnými daty a posoudíme přesnost modelu.

6. Výsledky

Pro posouzení změny krajinného pokryvu je nejpoužívanější metoda změnové matice (Aaviksoo, 1993; Cousins, 2000; Taylor et al. 2000). Díky ní lze přehledně a jednoduše vyjádřit podíly změn celkové plochy i v rámci jednotlivých kategorií. Marginální četnosti představují zastoupení jednotlivých sledovaných kategorií v jednotlivých letech, sdružené četnosti pak vypovídají o změně mezi jednotlivými kategoriemi. Při popisu výsledků bylo pro zjednodušení použito názvů kategorií.

Změna krajinného pokryvu mezi lety 1952 a 2005 je vyjádřena v tabulce Tab. 4. V součtových sloupcích je dobře patrná výrazná změna krajinného pokryvu od 81,3 % bezlesí v roce 1952 až k současným 17,4 %. Na bezlesí tak lze nejlépe sledovat zastoupení jednotlivých kategorií krajinného pokryvu, ve které se původní bezlesí přeměnilo. Nejčastěji došlo ke změně na husté křoví. Diagonálně pak lze vyčíst z kolika procent zůstaly plochy beze změny. Celkově zůstalo nezměněno 23,2 % území. Z toho celých 16,0 % připadá na bezlesí. Nejvíce nezměněn zůstal les a to ze 70,5 %. Druhým nejstabilnějším prvkem je řídký les 37,5 %. Nejvíce se rozšířily husté křoviny z 2,1 % na současných 28,9 %, převážně na úkor bezlesí. Jsou dnes nejčastějším typem krajinného pokryvu na lokalitě. Druhým nejčastějším je les (28,2 %), který se též rozšířil převážně na původním bezlesí.

Změnu mezi land use z roku 1952 a krajinným pokryvem z roku 2005 ukazuje tabulka Tab. 5. Zde je možno vysledovat možné závislosti mezi původním využíváním půdy a současným krajinným pokryvem. Původně nejčastější kategorie pole se z 34,8 % přeměnila na husté křoviny a z 26,3 % na les, pouze z 15,4 % zde zůstalo bezlesí. Stejný trend lze sledovat i u pastvin. Ty se z 32,9 % změnily na les a z 31,8 % na husté křoviny, z 11,5 % zde zůstalo bezlesí. Louky naopak nejčastěji zůstaly bezlesím (40,1 %), z 26,6 % se změnily na les a z 22,2 % na řídký les. Ostatní plochy už jsou méně časté.

Další možností jak vyjádřit změnu je pomocí grafu (Obr. 6). Tato možnost je vhodná převážně pro vizualizaci změny mezi stejnými kategoriemi, jelikož nezobrazuje podíly jednotlivých změn, ale jen podíly jednotlivých kategorií v jednotlivých letech. Proto byla použita jen pro vizualizaci změny krajinného pokryvu mezi lety 1952 a 2005.

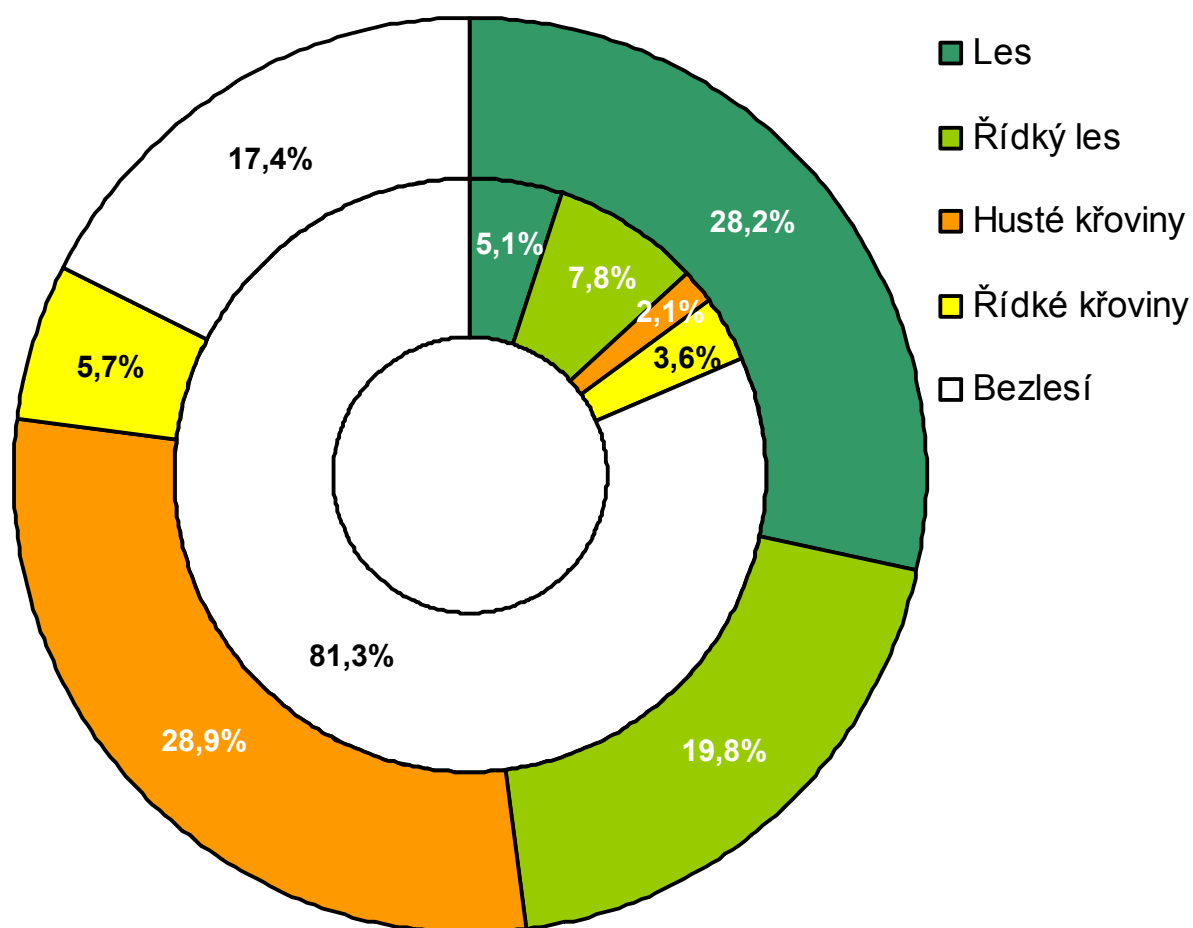
Tab. 4 Změnová matice kategorií krajinného pokryvu mezi lety 1952 a 2005. Kurzívou jsou odlišeny relativní podíly uvnitř jednotlivých kategorií, tučně jsou celkové podíly a nezměněné plochy (diagonálně).

			Kategorie krajinného pokryvu 1952										Celkem 2005
			L		R		S		K		B		
			<i>Les</i>		<i>Řídký les</i>		<i>Husté křoviny</i>		<i>Řídké křoviny</i>		<i>Bezlesí</i>		
			absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	
Kategorie krajinného pokryvu 2005	L	<i>Les</i>	3,6%	70,5%	3,5%	45,2%	0,4%	17,7%	1,1%	30,3%	19,6%	24,1%	28,2%
	R	<i>Řídký les</i>	0,4%	7,4%	3,0%	38,5%	1,0%	46,5%	0,8%	21,5%	14,6%	18,0%	19,8%
	S	<i>Husté křoviny</i>	0,2%	4,1%	0,9%	10,9%	0,6%	25,9%	1,5%	42,7%	25,7%	31,6%	28,9%
	K	<i>Řídké křoviny</i>	0,2%	4,7%	0,0%	0,6%	0,0%	0,2%	0,0%	0,8%	5,4%	6,6%	5,7%
	B	<i>Bezlesí</i>	0,7%	13,3%	0,4%	4,8%	0,2%	9,6%	0,2%	4,7%	16,0%	19,6%	17,4%
Celkem 1952			5,1%	100,0%	7,8%	100,0%	2,1%	100,0%	3,6%	100,0%	81,3%	100,0%	100,0%

Tab. 5 Změnová matice land use 1952 a kategorií krajinného pokryvu 2005

			Land use 1952								Celkem 2005
			pol		pas		lou		ves		
			<i>Pole</i>		<i>Pastvina</i>		<i>Louka</i>		<i>Vesnice</i>		
			absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	
Kategorie krajinného pokryvu 2005	L	<i>Les</i>	17,5%	26,3%	3,4%	32,9%	2,7%	26,6%	0,2%	3,7%	28,2%
	R	<i>Řídký les</i>	10,6%	15,9%	2,3%	21,7%	2,2%	22,2%	3,3%	75,4%	19,8%
	S	<i>Husté křoviny</i>	23,2%	34,8%	3,3%	31,8%	1,0%	9,9%	0,4%	8,4%	28,9%
	K	<i>Řídké křoviny</i>	5,0%	7,6%	0,2%	2,1%	0,1%	1,2%	0,0%	0,2%	5,7%
	B	<i>Bezlesí</i>	10,3%	15,4%	1,2%	11,5%	4,1%	40,1%	0,5%	12,4%	17,4%
Celkem 1952			66,6%	100,0%	10,4%	100,0%	10,1%	100,0%	4,4%	100,0%	100,0%

			Land use 1952								Celkem 2005
			les		ces		zah		nic+nep		
			<i>Les</i>		<i>Cesta</i>		<i>Zahrada</i>		<i>Pustá půda</i>		
			absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	absolutní	relativní	
Kategorie krajinného pokryvu 2005	L	<i>Les</i>	3,2%	75,8%	0,9%	28,3%	0,0%	15,8%	0,3%	29,7%	28,2%
	R	<i>Řídký les</i>	0,2%	4,7%	0,8%	26,3%	0,2%	63,9%	0,2%	27,1%	19,8%
	S	<i>Husté křoviny</i>	0,1%	3,5%	0,7%	22,1%	0,0%	1,0%	0,2%	22,6%	28,9%
	K	<i>Řídké křoviny</i>	0,1%	2,0%	0,1%	4,4%	0,0%	0,0%	0,1%	9,5%	5,7%
	B	<i>Bezlesí</i>	0,6%	14,0%	0,6%	18,9%	0,1%	19,3%	0,1%	11,0%	17,4%
Celkem 1952			4,2%	100,0%	3,0%	100,0%	0,3%	100,0%	0,9%	100,0%	100,0%



Obr. 6 Graf zastoupení ploch jednotlivých kategorií krajinného pokryvu v roce 1952 (uvnitř) a v roce 2005 (vně)

7. Diskuse

7.1. Metodika

Ortorektifikace pomocí programu ERDAS Imagine se ukázala jako velmi efektivní. Podkladové snímky byly zbaveny optických deformací i přes nedostatek údajů o snímacím zařízení (Luxford et al., 2004; Yusuke, 2002). Při tvorbě ortofotomapy byly snímky navíc zbaveny tmavých a světlých míst. Výsledná ortofotomapa je použitelná pro vizuální interpretaci.

Chyby v ortorektifikované mapě mohly vzniknout nerovnoměrným rozložením vřícovacích bodů způsobeným horší kvalitou snímků na některých místech, i nedostatkem rozlišitelných bodů v částech snímků s lesy. Také díky použití státní mapy odvozené, která nemusí ve všech prvcích přesně odpovídat skutečnosti, jak se ukázalo v případě některých staveb.

Při vizuální interpretaci snímků byly prokázány její výhody, především možnost klasifikace v kontextu s okolím (Bird et al., 2000; Comber et al. 2004) a možnost rozlišení vegetace podle hustoty.

Chyba mohla vzniknout na základě jiné denní doby snímkování, jelikož v některých stínech nebylo možné přesně rozlišit hranice ploch a stíny na snímcích z roku 1952 byly v jiném směru než v roce 2005. Důležitá je též vegetační doba v době snímkování. Pro sledování změny vegetace je dobré, aby sezónní rozdíly mezi snímkováním byly co nejmenší (Carreiras et al., 2006), maximálně 100 dní (GFW, 2006).

Přesnost interpretace leteckých snímků z roku 1952 nelze posoudit, jelikož žádné terénní údaje z dané doby nejsou dostupné. Částečně může pomoci land use ze státní mapy odvozené. Údaje v ní uvedené jsou však v případě vegetace mnohdy nepřesné a neodpovídají stavu z roku 1952. S podobným problémem se setkal i Taylor et al. (2000), který následně provedl terénní průzkum, jehož výsledky bude možno použít v budoucích studiích pro posouzení přesnosti interpretace.

Při interpretaci snímků z roku 2005 mohlo docházet ke generalizaci na plochách s velkou rozmanitostí porostů.

V případě posouzení závislosti změny na původním land use záleží přesnost také na správné klasifikaci land use získané ze státní mapy odvozené. Vizuální kontrolou lze zjistit podstatné odlišnosti způsobené tím, že datové podklady pro státní mapu odvozenou jsou starší než rok jejího vydání.

7.2. Výsledky

Srovnatelným procesem změny krajinného pokryvu je opouštění zemědělské půdy ke kterému dochází v rozvinutých zemích. Tyto změny sledovali Hietel et al. (2004) a Sluiter et de Jong (2007). Hietel et al. (2004) zjišťovali i možný vliv různých ekologických faktorů, ale zjistili, že hlavní příčinou změny krajinného pokryvu jsou socioekonomické faktory. Sluiter et de Jong (2007) označili jako nejvíc vysvětlující proměnnou půdní typ. Tyto studie popisují krajiny, které jsou pod stálým vlivem člověka a změny krajinného pokryvu jsou způsobeny hlavně změnou hospodaření.

Porovnáním s výsledky studie, kterou ve vojenském prostoru v Doupovských horách provedli Vojta et Kopecký (2006), je vidět oprávněnost použití vizuální interpretace leteckých snímků pro posouzení změny krajinného pokryvu. Vliv původního hospodaření zjišťovali pomocí vegetačních záznamů. Podle vegetačních záznamů jsou nejrozšířenější podobou porostu křoviny, přičemž nejvíce jimi zarostla bývalá pole a pastviny. Plochy vesnic obsadily porosty ve stromovém patře tvořené především jasanem či klenem (Vojta et Kopecký, 2006), což odpovídá kategorii řídký les. Složení vegetace se lišilo podle původního hospodaření, což odpovídá i zjištěným odlišnostem krajinného pokryvu na různých land use.

8. Závěr

Vytvořená ortorektifikovaná mapa území z roku 1952 bude dále využita v dalších výzkumných pracích na lokalitě. Zkušenosti získané během tvorby této práce budou využity pro ortorektifikaci a mozaikování dalších snímků z Doupovských hor. Přínosy GIS pro posouzení změny krajinného pokryvu jsou především následující:

- možnost interpretace a analýzy informací z archivovaných leteckých snímků
- přesnost výsledné ortorektifikované mapy umožňující posouzení změn jednotlivých ploch
- možnost rychlé a poměrně přesné klasifikace
- výstup ve formě databáze prostorově určených dat vhodných ke statistickému zpracování nebo tvorbě predikčního modelu
- databáze umožňuje rychlou a přesnou vizualizaci i kvantifikaci změn

Statistické zhodnocení získaných dat ukázalo možné souvislosti mezi původním a současným krajinným pokryvem. Byla zjištěna výrazná změna krajinného pokryvu od 81,3 % bezlesí v roce 1952 až k současným 17,4 %. Pouze 23,2 % území zůstalo beze změny. Většina přitom připadá právě na bezlesí. Nejvíce neměnný (70,5 %) zůstal les, druhým nejstabilnějším prvkem je řídký les (37,5 %). Nejvíce se rozšířily husté křoviny z 2,1 % na současných 28,9 %, převážně na úkor bezlesí. Jsou dnes nejčastějším typem krajinného pokryvu na lokalitě. Druhým nejčastějším je les 28,2 %, který se též rozšířil převážně na původním bezlesí.

Je možno vysledovat možné závislosti mezi původním využíváním půdy a současným krajinným pokryvem. Původně nejčastější kategorie pole se z 34,8 % přeměnila na husté křoviny a z 26,3 % na les, pouze z 15,4 % zde zůstalo bezlesí. Stejný trend lze sledovat i u pastvin. Ty se z 32,9% změnily na les a z 31,8 % na husté křoviny, z 11,5 % zde zůstalo bezlesí. Louky naopak nejčastěji zůstaly bezlesím (40,1 %), z 26,6 % se změnily na les a z 22,2 % na řídký les.

9. Možnosti další práce

Další práce by se mohla věnovat ortorektifikaci a vektorizaci snímků z dalších dostupných ročníků snímkování lokality případně i historických map. Pomocí série snímků stejného místa by pak mohl být vytvořen model zarůstání, jehož funkčnost by se dala posoudit mezi jednotlivými snímkováními, nebo i na dalších obdobných územích. Pro účely modelování se často používá změnová matice, která umožňuje vyjádřit pravděpodobnost změny mezi jednotlivými typy pokryvu v průběhu času. Dále by bylo možné posoudit vliv původního využití půdy na rychlost zarůstání.

Zajímavé výsledky by mohlo přinést i statistické ověření možných závislostí mezi krajinným pokryvem a bývalým land use.

Přesnost ortorektifikované mapy by bylo možné zvýšit pomocí sběru vlícovacích bodů přímo v terénu pomocí GPS.

Bylo by též možno vyzkoušet některou metodu automatické klasifikace. Nebo se pokusit získat satelitní nebo letecké snímky v infračervené oblasti spektra.

Pro zpřesnění klasifikace by mohlo být využito terénního průzkumu.

10. Seznam použité literatury

- Aaviksoo, K. (1993) *Changes of plant cover and land-use types (1950s to 1980s) in 3 mire reserves and their neighborhood in Estonia*. *Landscape Ecology* 8 (4): 287-301.
- Bellemare, J., Motzkin, G., Foster D. R. (2002) *Legacies of the agricultural past in the forested present: an assessment of historical land-use effects on rich mesic forests*. *Journal of Biogeography* 29 (10-11): 1401–1420.
- Bird, A. C., Taylor, J. C., Brewer, T. R. (2000) *Mapping National Park landscape from ground, air and space*. *International Journal of Remote Sensing* 21 (13-14): 2719–2736.
- Brůna, V., Křováková, K. (2006) *Využití starých map středního a velkého měřítká pro sledování vývoje lesů*. In: Neuhöferová P (ed.): *Historie a vývoj lesů v českých zemích, sborník referátů*. 111-118. Katedra pěstování lesů FLE ČZU v Praze, Srní.
- Carreiras, J. M. B., Pereira, J. M.C., Pereira, J. S. (2006) *Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing*. *Forest Ecology Management* 223 (1-3): 45-53.
- Cousins, S. A. O. (2001) *Analysis of land-cover transitions based on 17th and 18th century cadastral maps and aerial photographs*. *Landscape Ecology* 16 (1): 41–54.
- Comber, A.J., Law, A.N.R., Lishman, J.R.(2004) *Application of knowledge for automated land cover change monitoring*. *International Journal of Remote Sensing* 25 (16): 3177-3192.
- Drhovská, L. (2007) *Význam historické struktury krajiny pro současnou vegetaci křovin*. Diplomová práce Depon. in Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha.
- ERDAS (1997) *ERDAS Field Guide*. ERDAS, Inc. Atlanta, Georgia. 4. vydání.
- Fujita, T., Itaya, A., Miura, M., Manabe, T. & Yamamoto, S. (2003) *Long-term canopy dynamics analysed by aerial photographs in a temperate oldgrowth evergreen broad-leaved forest*. *Journal of Ecology* 91 (4): 686–693.
- GWF: Global Forest Watch Canada (2006) *Forest landscape change analysis: boreal foothills ecoprovince*. url: http://www.globalforestwatch.ca/WBWL/ab-foothills/Alberta_Methodology_and_Definitions.pdf (18.5.2007).
- Henbo, Y., Itala, A., Nishimura, N., Yamamoto, S. (2004) *Long-term canopy dynamics in a large area of temperate old-growth beech (Fagus crenata) forest: analysis by aerial photographs and digital elevation models*. *Journal of Ecology* 92 (6): 945-953.
- Hietel, E., Waldhardt, R., Otte, A. (2004) *Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany*. *Landscape Ecology* 19 (5): 473–489.
- Holopainen, M., Wang, G. (1998) *The calibration of digitized aerial photographs for forest stratification*. *International Journal of Remote Sensing* 19 (4): 677-696.

- Internet 1 *QuickBird High-Resolution Satellite Imagery*. LAND INFO Worldwide Mapping, LLC. url: <http://www.landinfo.com/qb.htm> (24.5.2007).
- Kopecký, M. (2006) *Historický pohled na vegetaci sekundárních lesů v Doupovských horách*. Diplomová práce Depon. in Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha.
- Korpela, I. (2006) *Geometrically accurate time series of archived aerial images and airborne lidar data in a forest environment*. *Silva Fennica* 40 (1): 109–126.
- Leica (2006a) *Defining camera and sensor model information for orthorectification*. Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC. url: http://gi.leica-geosystems.com/documents/pdf/Define_Sensor.pdf (24.5.2007).
- Leica (2006b) *What are GCPs and How Many Do I Need?* Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC url: http://gi.leica-geosystems.com/documents/pdf/GCP_Distribution_Requirements.pdf (24.5.2007).
- Leica (2006c) *What is single-frame orthorectification?* Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC. url: http://gi.leica-geosystems.com/documents/pdf/single_frame_ortho.pdf (24.5.2007).
- Leica (2003a) *ERDAS IMAGINE Tour Guides*. Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia.
- Leica (2003b) *ERDAS Field Guide*. Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia. 7. vydání.
- Löfman, S., Kouki, J. (2001) *Fifty Years of Landscape Transformation in Managed Forests of Southern Finland*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16 (1): 44-53.
- Luxford, D., Chandra, S., Peterson, J., Paudyal, D. (2004) *Harvesting the air-photo archive despite lack of essential documentation: exemplification for land parcel history in the City of Maribyrnong, Victoria, Australia*. 12th ARSPC conference, Fremantle, Perth, url: <http://arts.monash.edu.au/ges/research/Gis/public/pdf/arspc.pdf> (1.6.2007).
- Massada, A. B., Carmel, Y., Tzur, G. E., Grünzweig, J. M., Yakir, D. (2006) *Assessment of temporal changes in aboveground forest tree biomass using aerial photographs and allometric equations*. *Canadian Journal of Forest Research* 36 (10): 2585-2594.
- Miller, D., Quine, C., Hadley, W. (2000) *An investigation of the potential of digital photogrammetry to provide measurements of forest characteristics and abiotic damage*. *Forest Ecology and Management* 135 (1-3): 279–288.
- Quine, C.P., Bell, P.D.B. (1998) *Monitoring of windthrow occurrence and progression in spruce forests in Britain*. *Forestry* 71 (2): 87-97.
- Rocchini, D. (2004) *Misleading information from direct interpretation of Geometrically Incorrect aerial photographs*. *Photogrammetric Record* 19 (106): 138-148.
- Rocchini, D., Di Rita, A. (2005) *Relief effects on aerial photos geometric correction*. *Applied Geography* 25 (2): 159-168.

- Sluiter, R., de Jong, S. M. (2007) *Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions*. *Landscape Ecology* 22 (4): 559-576.
- Tanaka, H., Nakashizuka, T. (1997) *Fifteen Years of Canopy Dynamics Analyzed by Aerial Photographs in a Temperate Deciduous Forest, Japan*. *Ecology* 78 (2): 612-620.
- Taylor, J.C., Brewer, T.R., Bird, A.C. (2000) *Monitoring landscape change in the national parks of England and Wales using aerial photo interpretation and GIS*. *International Journal of Remote Sensing* 21 (13-14): 2737–2752.
- Vojta, J., Kopecký, M. (2006) *Vegetace sekundárních lesů a křovin Doupovských hor*. *Zprávy ČBS* 41 (21): 209-225.
- Vojta J, Kopecký M, Drhovská L (in print) *Diverzita rostlin v křovinaté krajině vojenského újezdu Hradiště*. In: Jelínková A. et Petříček V.(eds.): *Ochrana přírody a krajiny ve vojenských újezdech*, sborník z konference, Libavá, 2006.
- Yusuke, N. (2002) *Creating Orthorectified Aerial Photography Without A Camera Calibration Report*. ESRI Japan. url: http://gi.leica-geosystems.com/documents/pdf/Aerial_photo.pdf (24.5.2007).

11. Použitý software

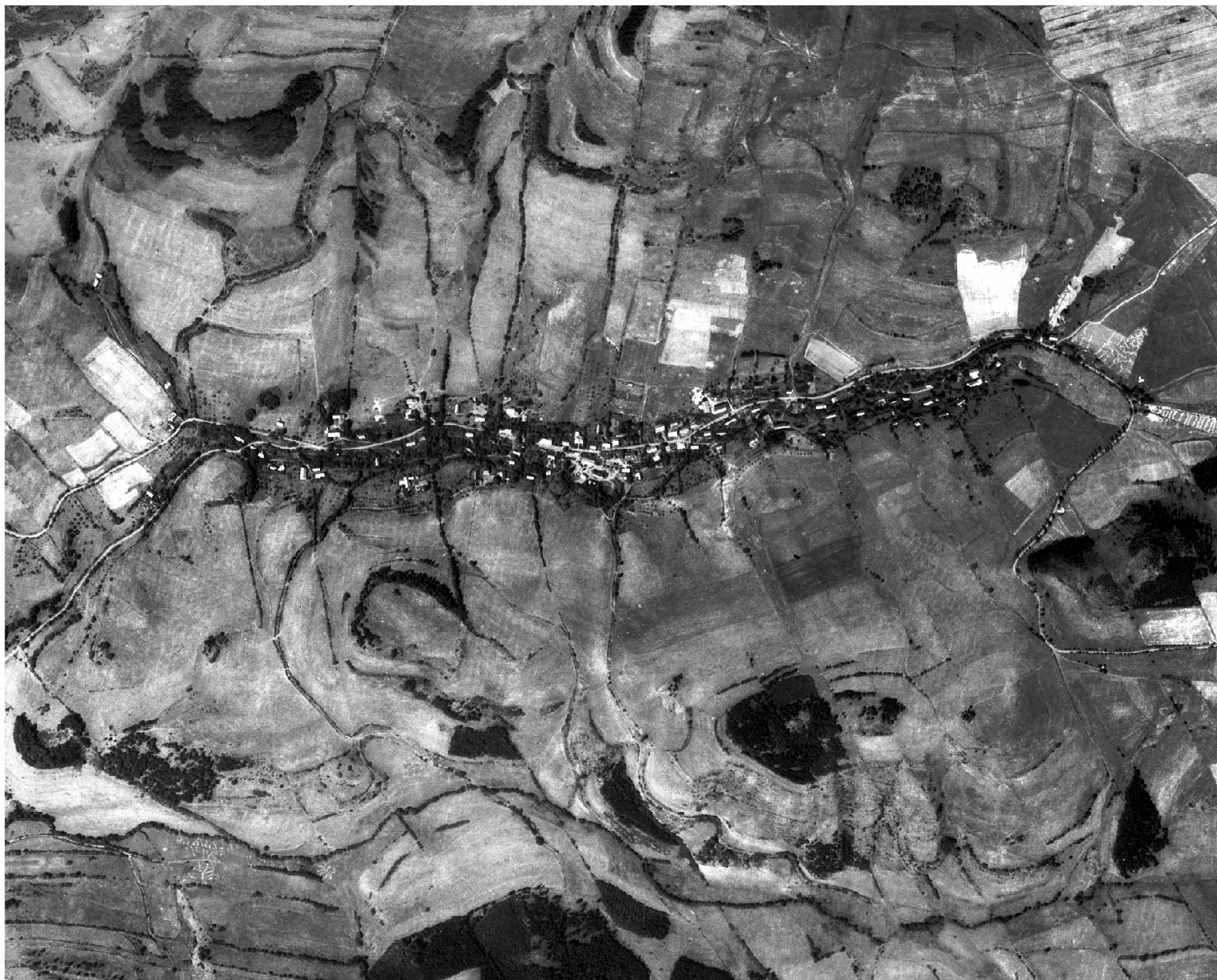
ArcGIS 9.1 - ArcMap, ArcScene, ESRI Inc.

Adobe Photoshop CS, Adobe Systems Incorporated

ERDAS Imagine 8.7, Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC

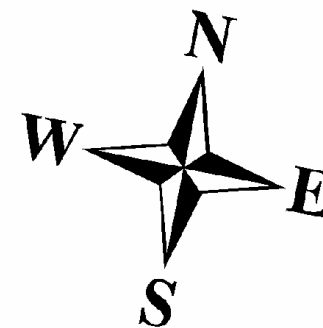
Microsoft Office 2003 - MS Access, MS Excel, Microsoft Corporation

Ortofotomapa dle snímků z roku 1952



0 125 250 500 750 1 000 m

Letecké snímky poskytl VGHMÚř Dobruška, (c) MO ČR / HÚVG 1:12 000



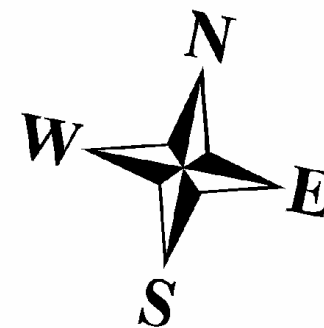
Ortofotomapa z roku 2005



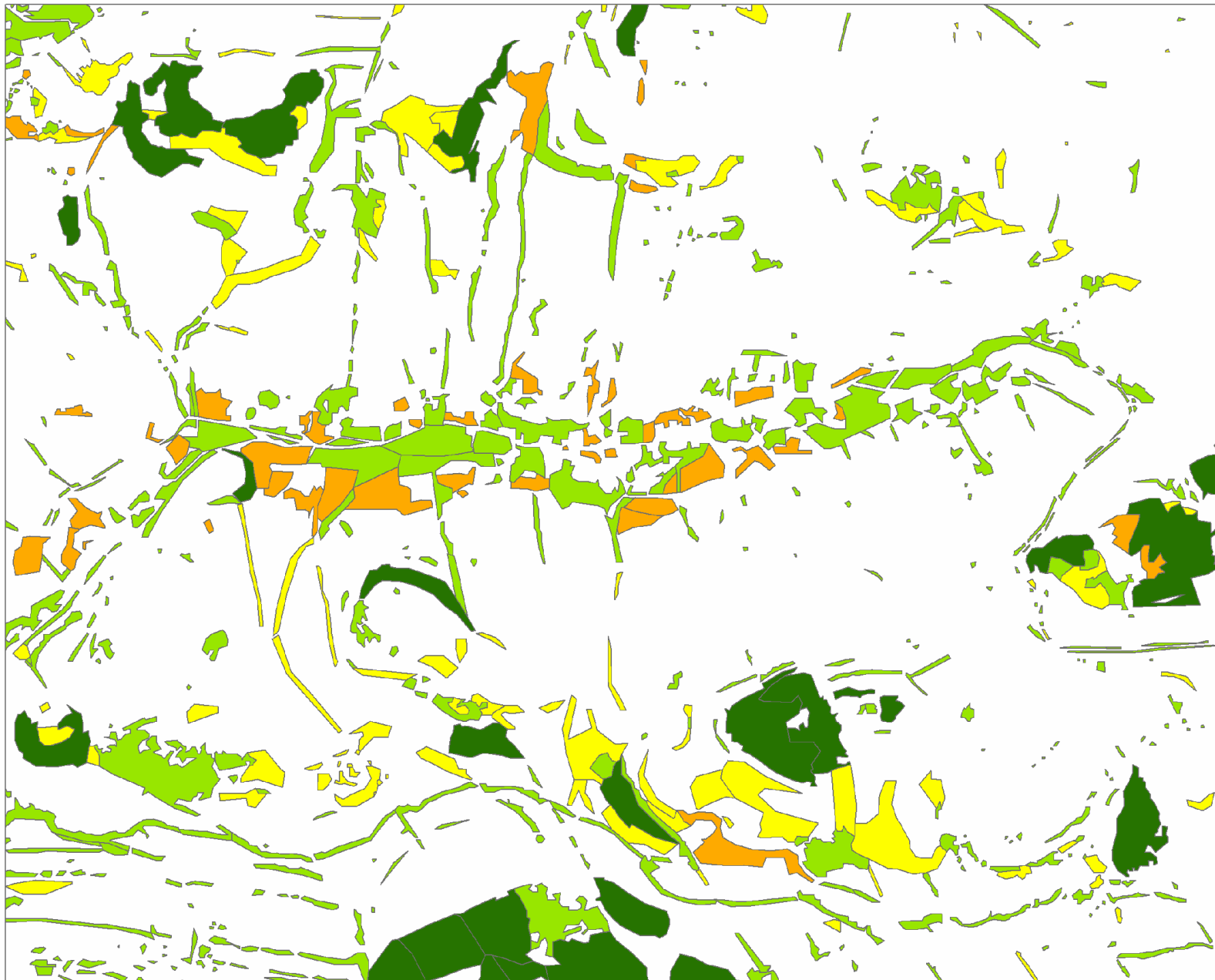
0 125 250 500 750 1 000 m

Ortofotomapu poskytl ČÚZK (c) 2005

1:12 000

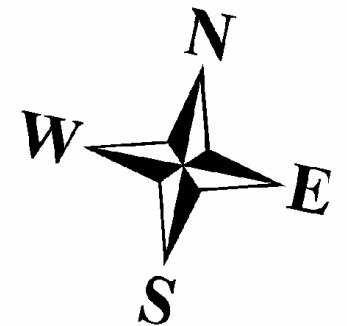


Krajinný pokryv v roce 1952



Legenda

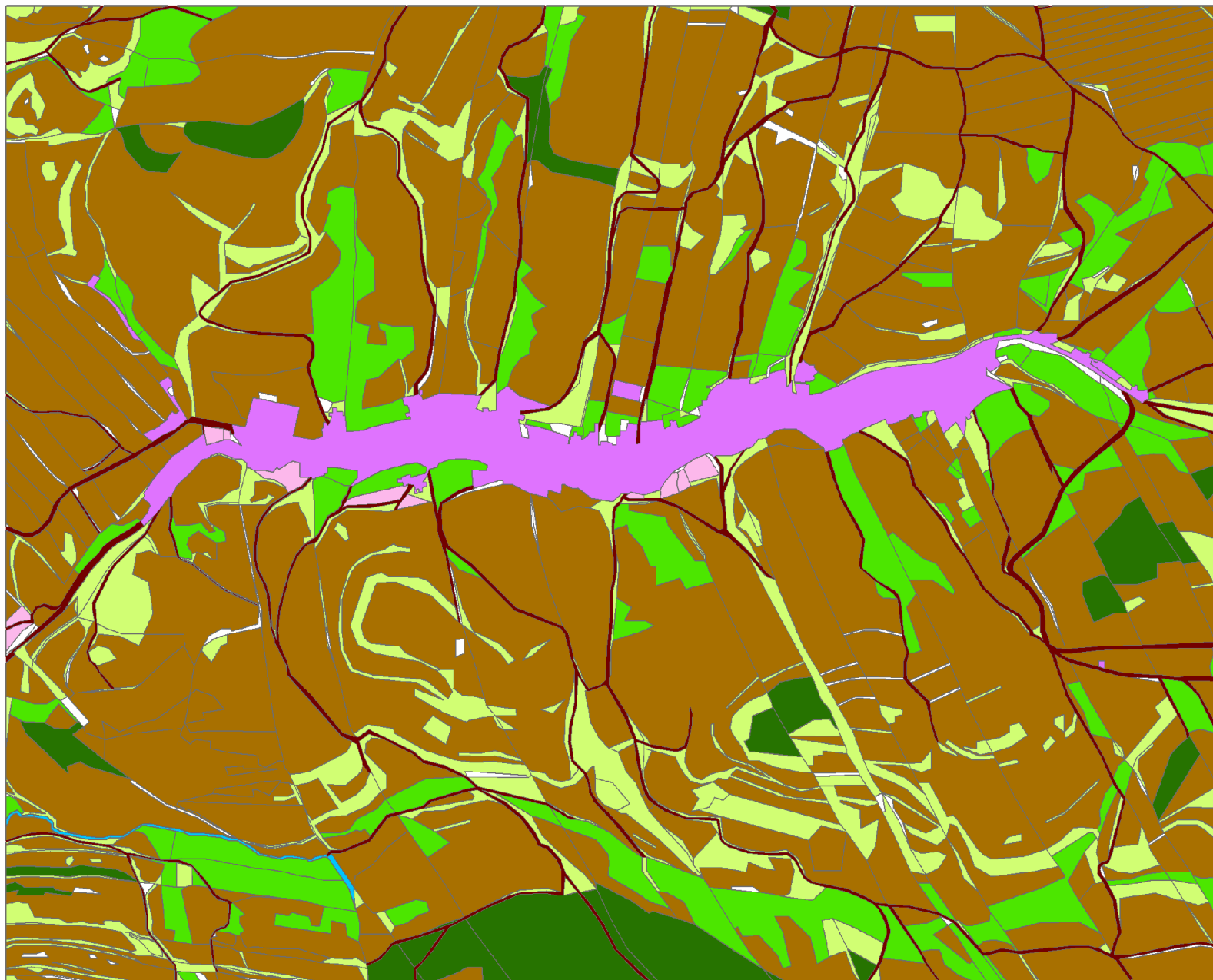
- Les
- Řídký les
- Husté křoviny
- Řídké křoviny
- Bezlesí



0 125 250 500 750 1 000 m

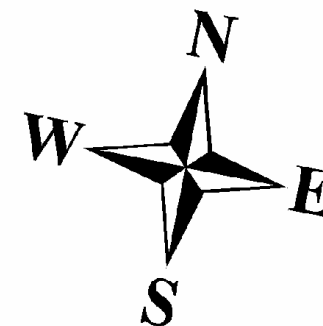
1:12 000

Land use v roce 1952



Legenda

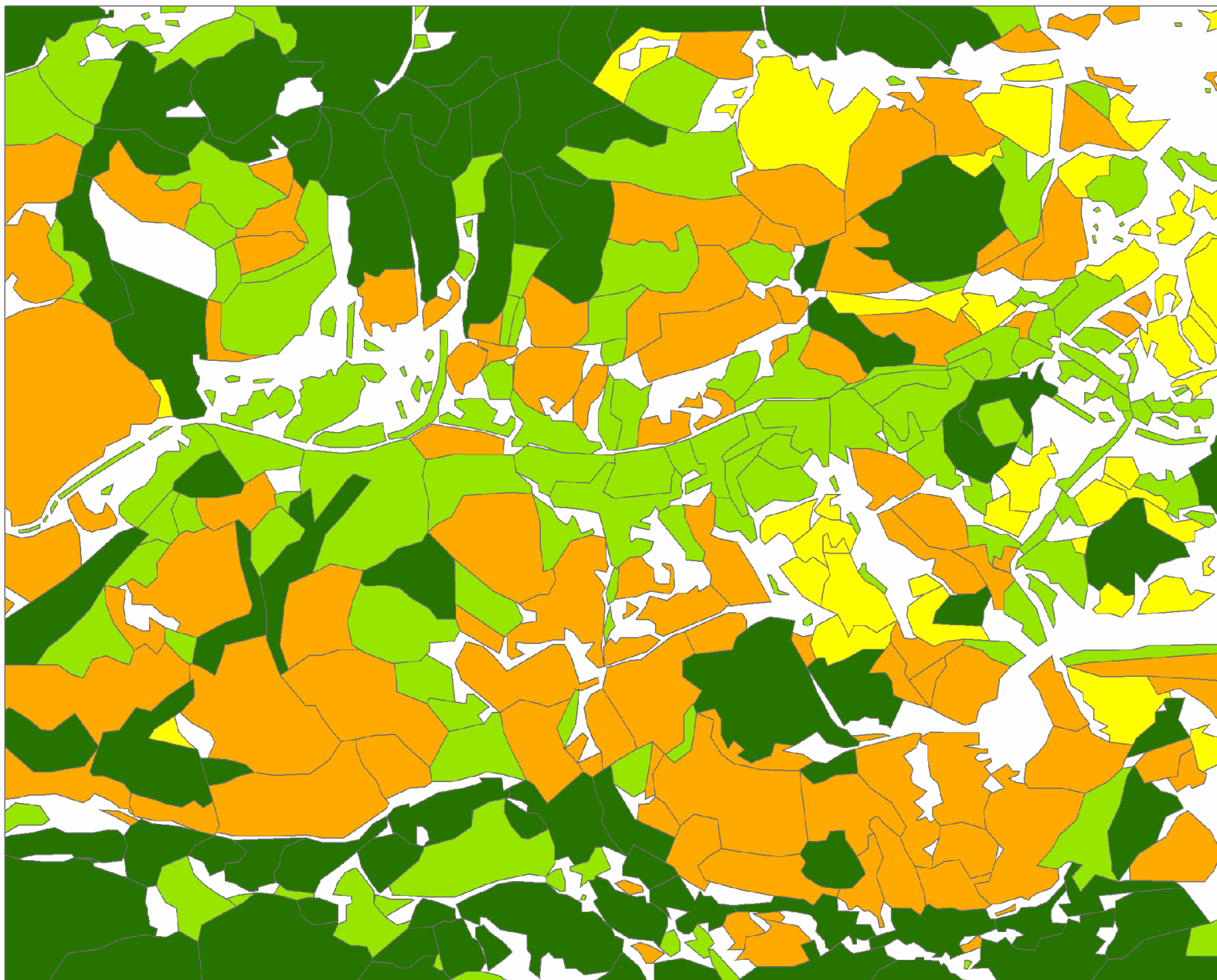
- Les
- Louka
- Pastvina
- Pole
- Ves
- Zahrada
- Cesta
- Pustá půda
- Potok



0 125 250 500 750 1 000 m

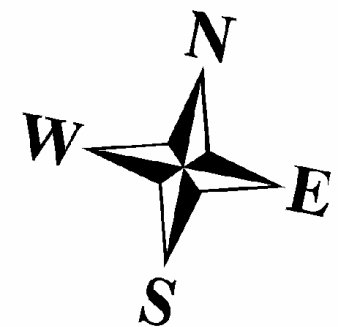
Vektorizaci provedla Drhovská (2007) a Kopecký (2006) 1:12 000

Krajinný pokryv v roce 2005



Legenda

- Les
- Řídký les
- Husté křoviny
- Řídké křoviny
- Bezlesí



0 125 250 500 750 1 000 m

1:12 000

12.2. CD

Struktura obsahu:

BP.pdf	vlastní text práce
Mapy	adresář obsahující mapy z příloh 1, 2, 3, 4, 5 ve formátu mxd (ArcMap 9.1) a tiff
Orto52	ortofotomapa ve formátu tiff vytvořená z leteckých snímků z roku 1952 získaných od VGHMÚř Dobruška © MO ČR/ HÚVG
Orto05	ortofotomapa ve formátu tiff kterou poskytl ČÚZK © 2005
Prehledka.mxd	přehledová mapa obsahující jednotlivé vrstvy
Tocov.mdb	geodatabáze s vektorizovanými vrstvami krajinného pokryvu v letech 1952 a 2005, land use z roku 1952 a vrstvami změn

