



Hungary-Slovakia
Cross-border Co-operation
Programme 2007-2013

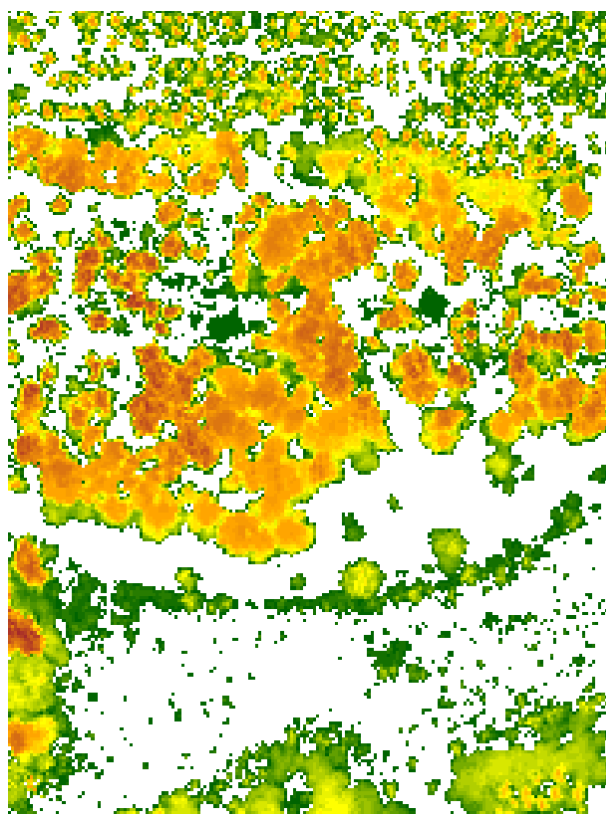
European Union
European Regional Development Fund



Building Partnership



Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen



ZHODNOTENIE ZDRAVOTNÉHO STAVU LESOV VYBRATÉHO ÚZEMIA OVPLYVNENÉHO PREVÁDZKOU VODNÉHO DIELA GABČÍKOVO V ROKU 2013

Technická správa

Zodpovedný riešiteľ: Dr. Ing. Tomáš Bucha
Spoluriešitelia: Ing. Ivan Sačkov, PhD.

Zvolen, marec 2015

1. PREDMET RIEŠENIA

Predmetom riešenia je vyhodnotenie zdravotného stavu lesov v oblasti vplyvu Vodného diela Gabčíkovo na podklade multispektrálnych leteckých snímok a lidarových záznamov z roku 2013 a 2014.

Úloha je riešená v rámci zmluvy o dielo uzatvorenej 22. septembra 2014 medzi Konzultačnou skupinou PODZEMNÁ VODA spol. s r. o. a NLC Zvolen a v rámci projektu slovensko-maďarskej cezhraničnej spolupráce HUSK/1101/1.2.1/0141 (INMEIN).

Riešenie úlohy vyplýva z dohody medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Maďarskej republiky o niektorých dočasných technických opatreniach a o prietokoch do Dunaja a Mošonského ramena Dunaja, podpísanej 19. apríla 1995 v Budapešti (AGREEMENT, 1995).

2. ŠPECIFIKÁCIA ÚLOHY

- Plošné vyhodnotenie zdravotného stavu lesných porastov na základe leteckého snímkovania v oblasti od Dobrohošte po Sap, vrátane terénnych pochôdzok za účelom kalibrácie.
- Pre vyhodnotenie lesov využiť v roku 2013 realizované a v roku 2014 plánované snímkovanie v rámci projektu slovensko-maďarskej cezhraničnej spolupráce HUSK/1101/1.2.1/0141 (INMEIN). Letecké snímkovanie (multispektrálne snímky a lidarové záznamy) a jeho vyhodnotenie koordinovať s maďarskou stranou v rámci projektu INMEIN
- Na základe vyhodnotenia snímok a lidarových záznamov vyhotoviť mapové výstupy v systéme S-JTSK a tabuľkové prehľady:
 - Ortofotomapa zalietnutého územia (multispektrálne snímky)
 - Mapa zdravotného stavu lesov k roku 2013
 - Mapa zmien zdravotného stavu lesov medzi rokmi 2011 a 2013
 - mapa výškovej a štruktúrálnej výstavby lesných porastov (lidar) k roku 2014
 - prehľady stanovištných a porastových charakteristík (číslo porastu, zastúpenie drevín, vek porastu, poškodenie porastu, skupina lesných typov)

3. METODIKA A MATERIÁL

3.1 Základná charakteristika hodnoteného územia

Hodnotenú územie ľavostrannej inundácie Dunaja sa nachádza medzi pôvodným korytom Dunaja a prírodným a odpadovým kanálom VD Gabčíkovo. Ide o úsek medzi obcami

Dobrohošť a Sap. Územie je charakteristické vyvinutým ramenným systémom, rozsiahlymi komplexmi lužných lesov a aluviálnych lúk. Výmera lesa je približne 3000 ha. V oblasti ramennej sústavy Dunaja prevládajú v súčasnosti stanovišťa zodpovedajúce prechodným luhom.

Drevinové zloženie lužného lesa záujmového územia podľa LHP z roku 2005 je nasledovné: šľachtené topole (*Populus* sp.) 62 %, topole domáce (*Populus nigra* L. a *P. alba* L.) 10 %, vrbí (*Salix alba*, *S. fragilis* L.) 17 %, jasene (najmä *Fraxinus angustifolia* VAHL.) 6 % a ostatné listnáče 5 %, najmä dub letný (*Quercus robur* L.), agát biely (*Robinia pseudoacacia* L.), javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) a jelše (*Alnus* sp.). Organizačne patrí územie do lesných hospodárskych celkov (LHC) Šamorín a Gabčíkovo.

3.3 Letecké snímkovanie a podkladové materiály

Letecké snímkovanie realizovala spoločnosť Photomap Košice s.r.o. dňa 1. októbra 2013 digitálnou kamerou Vexcel Ultracam X v 4 pásmach, a to modrom, zelenom, červenom a infračervenom. Priestorové rozlíšenie obrazového prvku je 20 x 20 cm. Záujmové územie je snímované v troch pásoch s pozdĺžnym prekrytom 60 % (Príloha 1c).

Firma Photomap s.r.o. zabezpečila kontrolu leteckých snímok z hľadiska utajovaných skutočností pracovníkmi Vojenského topografického ústavu v Banskej Bystrici. Po kontrole dodané letecké snímky už neobsahujú žiadne utajované skutočnosti a preto je možné ich ďalšie použitie bez obmedzení. Dodané boli zdrojové snímky (neortorektifikované), v „tif“ formáte v 8 bitovom rozlíšení pre každý kanál. Záujmové územie stanovené v predmete zmluvy (od zdrže Hrušov po Sáp) je zobrazené na 52 leteckých snímkach, pričom celková nasnímaná plocha je približne 14000 ha. Zdravotný stav lesných porastov sme vyhodnotili na území medzi pôvodným korytom Dunaja a prívodným resp. odpadovým kanálom.

Ortorektifikáciu snímok vykonal NLC Zvolen na pracovnej stanici Image Station. Pri transformácii jednotlivých snímok do systému JTSK nepresiahla stredná chyba hodnotu ± 1 m. Dodaná bola kompozície snímok pozostávajúca z troch kanálov, uložených v poradí infračervený, červený a zelený kanál, ktorá bola dodaná je v „tif“ formáte, s veľkosťou obrazového prvku 25 x 25 cm.

Lidarové skenovanie realizovalo Národné lesnícke centrum (NLC) v kooperácii so spoločnosť Photomap Košice v rámci projektu HUSK/1101/1.2.1/0141 vlastnou technológiou, letecká meračská kamera Leica RCD30 a letecký laserový skener Leica ALS 70-CM dňa 9-10. decembra 2014 (Príloha 1c). NLC zabezpečila kontrolu záznamov z hľadiska utajovaných skutočností pracovníkmi Vojenského topografického ústavu v Banskej Bystrici. Po kontrole

dodané letecké snímky a lidarové záznamy už neobsahujú žiadne utajované skutočnosti a preto je možné ich ďalšie použitie bez obmedzení. Pre potreby predmetu zmluvy boli využité lidarové záznamy. Tieto boli dodané v „las“ formáte.

3.3 Podkladové materiály

Využité boli lesnícke porastové mapy záujmového územia mierky 1 : 10 000 z Národného lesníckeho centra – Ústavu lesných zdrojov a informatiky Zvolen (NLC–ULZI Zvolen). Uvedené mapy zobrazujú stav k roku 2005. V roku 2014 začala obnova Programu starostlivosti o les (PSoL) pre obdobie 2015–2024. Aktualizované údaje však zatiaľ nie sú k dispozícii.

Údaje o porastových charakteristikách jednotlivých jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) boli získané z lesného hospodárskeho plánu z opisu porastov pre Lesné hospodárske celky (LHC) Gabčíkovo a Šamorín. (Poznámka: v roku 2010 došlo k zmene terminológie z LHP na PSL – Program starostlivosti o les).

Z hľadiska priestorového rozdelenia lesa, sme pracovali na úrovni dielca a čiastkovej plochy. Rozdelenie lesa podľa porastových skupín sme nebrali v úvahu. Porastové mapy a údaje z LHP slúžili ako podklad pre tvorbu požadovaných mapových výstupov a ako podporné údaje pre spracovanie a vyhodnotenie leteckých snímok.

3.4 Terénne práce a klasifikácia poškodenia lesa

Terénne práce boli zamerané na získanie potrebných podkladov pre ortorektifikáciu snímok (geodetické práce – zameranie vlicovacích bodov) a na celkové oboznámenie sa so zdravotným stavom lesných porastov.

Komunikácia s partnermi s Lesníckym výskumným ústavom (ERTI) Šarvár a Západomaďarskou Univerzitou Šopron bola realizovaná prostredníctvom spoločných pracovných stretnutí v rámci projektu “Inovatívne metódy inventarizácie a monitoringu lužných lesov Dunaja s využitím 3-D technológií diaľkového prieskumu Zeme“ riešeného v rámci programu maďarsko-slovenskej cezhraničnej spolupráce (HUSK/1101/1.2.1/0141). Pracovné stretnutia sa uskutočnili v Hédervári (10. októbra 2013) a Šoproni (29. január 2014). Predbežné výsledky boli prezentované na spoločnom vedeckom seminári organizovanom v Novom Smokovci (24-25. apríl 2014).

Vyhodnotenie zdravotného stavu lesov sme vykonali metódou dvojfázového regresného výberu. Použitý postup vychádza z teoretických a praktických prác autorov ŠMELKO (1990 str. 30) a SCHEER (1995). V prvej fáze sme so zdrojových kanálov (R, G a IR) ortogonálnou

transformáciou odvodili komponenty NSC1 a NSC2. Komponent NSC2 je optimalizovaný pre zvýraznenie poškodenia (BUCHA, SLÁVIK, 2013b). Pre vykonanie transformácie bolo potrebné získať spektrálne charakteristiky zdravých vrbových stromov (bright object), zdravých topoľových stromov (dark object) a suchárov. Uvedené tri skupiny objektov sme na snímkach určili vizuálnou interpretáciou na obrazovke monitora. Na každej snímke sme vizuálne na ohodnotili 15 až 25 stromov hlavnej úrovne. Z hodnotených stromov približne 1/3 predstavovali nepoškodené topole s defoliáciou od 0 do 10 %, 1/3 nepoškodené vrby s defoliáciou od 0 do 10 % a 1/3 sucháre a veľmi silne poškodené stromy s defoliáciou nad 90 %. Metodický postup hodnotenia defoliácie na snímkach vychádzal z manuálu EÚ (GROSS, 2000). Koruna každého stromu sme ohraničili a obvod koruny sme zvektorizovali. V rámci vytvoreného polygónu reprezentujúceho korunu hodnoteného stromu sme vypočítali priemernú hodnotu spektrálnej odraznosti. Pre väčšinu snímok sme použili transformáciu:

$$NSC = -0,9970 * IR + 0,0774 * R - 0,0040 * G \quad [1]$$

kde *IR* – infračervený kanál, *R* - červený kanál a *G* - zelený kanál

Úplný prehľad použitých transformácií podľa jednotlivých snímok je uvedený v tab. 1. Dôvodom využitia viacerých vzťahov bola rozdielna kvalita snímok, ktorá pravdepodobne súvisí s procesom ich predspracovania.

V druhej fáze sme využili už vylíšené zdravé a poškodené stromy v rámci prvej fázy. Odhadli sme k nim defoliáciu. Odhadnutú defoliáciu sme prepojili so spektrálnymi charakteristikami, čím sme získali súbor párových hodnôt pre ďalšiu analýzu. Pomocou jednoduchšej lineárnej regresnej analýzy medzi údajmi prvej (letecká snímka) a druhej fázy (defoliácia ohodnotená zo snímok) sme odvodili regresný model, pomocou ktorého sme odhadli poškodenie pre každý obrazový prvok (pixel) prvej fázy podľa vzťahu:

$$Defoliácia = 222,02 - 1,337 * NSC \quad [2]$$

Úplný prehľad použitých regresíí pre výpočet defoliácie podľa jednotlivých snímok je uvedený v tab. 1.

Správnosť a presnosť klasifikácie je možné posúdiť na základe dosiahnutých parametrov regresnej analýzy (korelačný koeficient, stredná chyba regresnej priamky). Pri využití NSC komponentu bola pri vzťahu [2] hodnota korelačného koeficientu $r = 0,94$ a stredná chyba regresnej priamky $s_{yx} = \pm 11,4 \%$.

Príklad interpretácie strednej chyby regresnej priamky: ak je odvodená defoliácia v obrazovom prvku napr. 30 %, tak sa v skutočnosti môže od nej odchyľovať v rámci $\pm 11,4 \%$ t.j. od 18,6 % po 41,4 % pri 68 % spoľahlivosti.

Tab. 1 Koeficienty NSC transformácie a výpočtu straty asimilačných orgánov podľa snímok

Snímka	NSC Transformácia: NSC =	Výpočet: SAO =
37-26; 37-28; 37-30; 37-64; 37-66; 37-68; 37-70; 37-72	$-0,9970 * IR + 0,0774 * R - 0,0040 * G$	$222,02 + 1,337 * NSC$
37-32; 37-34; 37-36; 37-54; 37-56;	$-0,9931 * IR + 0,1105 * R - 0,0040 * G$	$298,45 + 1,785 * NSC$
37-38	$-0,9882 * IR + 0,1502 * R - 0,0282 * G$	$471,37 + 2,822 * NSC$
37-40; 37-41; 37-58; 37-60; 37-62;	$-0,9902 * IR + 0,1307 * R - 0,0485 * G$	$265,22 + 1,569 * NSC$
37-52	$-0,9056 * IR + 0,3571 * R - 0,2287 * G$	$200,65 + 1,951 * NSC$

IR - Infračervený kanál; R - červený kanál, G - zelený kanál

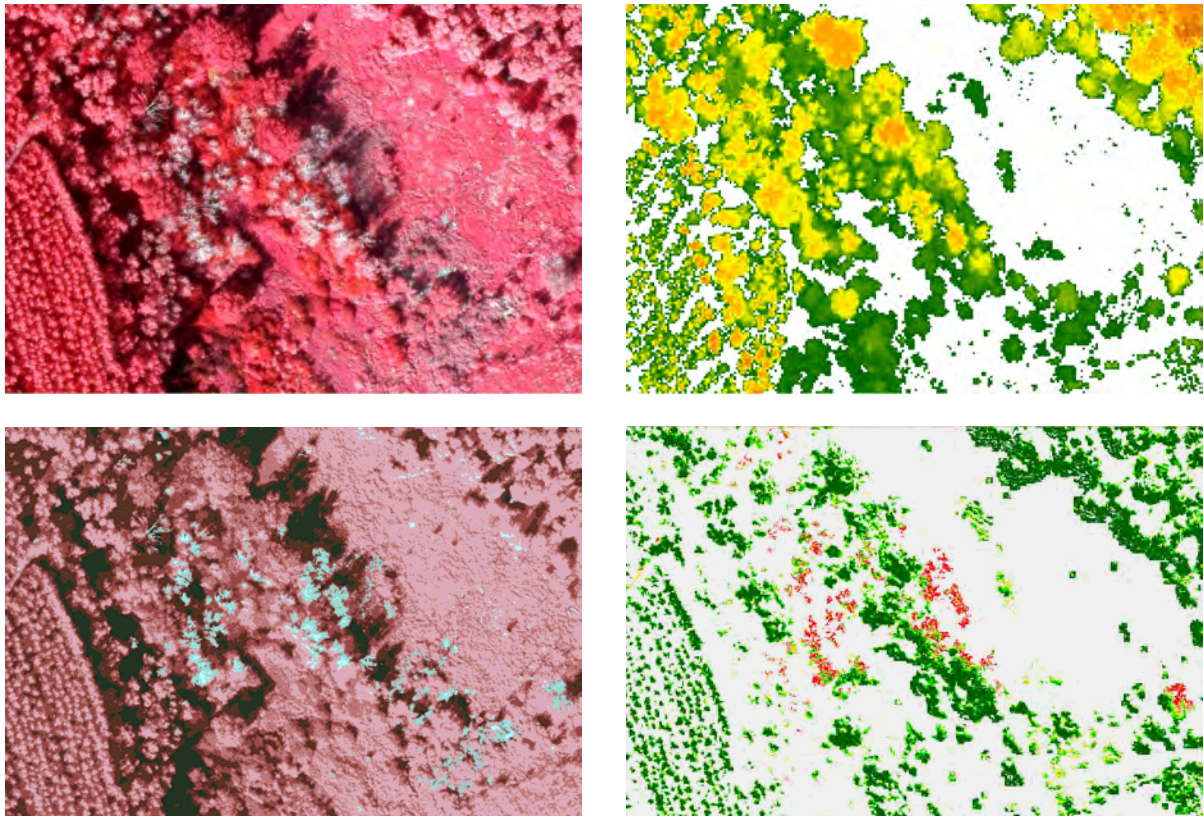
3.5 Tvorba masky lesa

Proces odlíšenia lesa od ostatných kategórií nazývame procesom tvorby masky lesa, pričom vo výslednom produkte rozlišujeme les a ostatné kategórie, ktoré súhrnné nazývame bezlesie. Ide o dôležitú operáciu, pretože všetky charakteristiky zdravotného stavu lesov sú odvodené len z pixelov klasifikovaných ako les.

Masku lesa sme vytvorili osobitne pre každú snímku. Kombinovali sme dva základné postupy. Prvý, **lidarovo orientovaný prístup**, bol založený na odvodení digitálneho modelu reliéfu (DMR) a digitálneho modelu terénu (DMT) z údajov leteckého lidarového skenovania. Z rozdielu DMT – DMR sme vypočítali výšku stromov resp. iných objektov (nDMT). Do klasifikáciu zdravotného stavu lesných porastov boli zahrnuté len pixely s výškou $nDMT \geq 6$ m.

Druhý, **spektrálne orientovaný prístup**, sme použili pre precíznejšie odlíšenie hodnotených korún stromov od zatienených častí korún a ďalších objektov akými sú napríklad domy, stožiare elektrického vedenia a.p. Klasifikáciu snímky na sme realizovali na úrovni obrazových prvkov. Použili sme metódu Isodata, ktorá patrí do kategórie neriadených klasifikácií. Počet výstupných kategórií sme definovali 9. Následne sme každej z 9. kategórii pridelili typ krajinej pokrývky. Výsledok sme preklasifikovali na hodnoty **1 – hodnotená časť koruny** a **0 – ostatné kategórie**.

Vzájomnou kombináciou výstupov z lidarovo a spektrálne orientovaného prístupu klasifikácie snímky sme získali výslednú masku lesa. Jej kvalitu sme vyhodnotili vizuálne a to prekrytom s mozaikou snímok. Na obr. 1 sú zobrazené ukážky vstupných a transformovaných údajov: multispektrálna snímka, NSC komponent, a výstupy z nich odvodené: klasifikácia krajinej pokrývky metódou Isodata a výsledná klasifikácia defoliácie realizovaná na maske lesa.



Obr. 1 Vľavo hore: letecká multispektrálna snímka, kombinácia kanálov: IR/R/G. Červene sa zobrazujú šľachtené topole v dobrom zdravotnom stave. Červeno-sivá farba s variabilnou textúrou indikuje stredne až silne defoliované koruny stromov. Sivou až tyrkysovou farbou sa zobrazujú sucháre. Svetlopurpurovo sa zobrazujú osvetlené koruny vrb.

Vpravo hore: Výška stromov odvodená z lidar. Bielou sú odfiltrované plochy s výškou do ~1 m.

Vľavo dole: Klasifikácia leteckej snímky do 9 kategórií metódou Isodata.

Vpravo dole: Defoliácia korún stromov. Zelená: zdravé porasty. Červená: poškodené porasty. Bielou sú odfiltrované plochy s výškou < 6 m.

4. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

4.1 Defoliácia porastov v roku 2013 a porovnanie s rokom 2011

Prehľadné informácie o poškodení lesov na vybranom území ovplyvnenom VD Gabčíkovo sú uvedené v tabuľkách 2 a 3. Zvolená stupnica v tabuľke 2 vychádza z klasifikácie používanej v rámci programu ICP Forests (UN/ECE ICP Forests, 2006) pre určenie defoliácie na úrovni korún jednotlivých stromov. Defoliáciu sme vypočítali pre každý obrazový prvok (pixel), ktorý spĺňal nasledovné kritériá: (i) pixel sa nachádza v JPRL, (ii) pixel bol klasifikovaný v kategórii hodnotená koruna, (iii) pixel nebol v roku 2013 ovplyvnený oblačnosťou. Pre odlíšenie hodnotenej koruny od ostatných kategórií sme vychádzali z výsledkov neriadenej klasifikácie (klasifikačná metóda Isodata) a minimálnej výšky stromu 6 m (odvodené z lidarových dát).

Tab. 2 Sumárne výsledky klasifikácie na úrovni **obrazových prvkov** podľa metodiky UN-ECE ICP Forests pre celé záujmové územie (stav k 1.októbru 2013)

Trieda defoliácie	Strata asimilačných orgánov	% pixelov zaradených do triedy	Opis poškodenia koruny stromov v pixeli
0	0 - 10 %	36,9	Bez defoliácie
1	11 – 30 %	32,5	Slabo defoliované
2	31 – 60 %	29,5	Stredne defoliované
3	61 – 90 %	1,0	Silne defoliované
4	91 – 100 %	0,1	Odumierajúce a mŕtve
SPOLU		100	

Zvolený prístup klasifikácie na úrovni obrazových prvkov umožňuje identifikovať rôznu mieru poškodenia jednak v rámci porastu (JPRL), ako aj na úrovni JPRL. V rámci JPRL je teda možné identifikovať defoliáciu koruny každého stromu viditeľného na snímke. V obnovovaných porastoch je možné posúdiť mieru úspešnosti obnovy prípadne lokalizovať problémové miesta.

Defoliácia vypočítaná pre každý obrazový prvok je základom pre výpočet poškodenia porastov. Mieru poškodenia na úrovni JPRL sme vypočítali ako aritmetický priemer z obrazových prvkov v JPRL, ktoré boli predtým klasifikované ako les. Vo výslednom mapovom výstupe sme porasty zaradili do 6 stupňov defoliácie s krokom po 10 %. Sumárny výsledok je uvedený v tabuľke 3.

Tab. 3 Sumárne výsledky klasifikácie na **úrovni porastov (JPRL)**: početnosti zastúpenia JPRL v defoliačných stupňoch v roku 2011 a 2013 (podľa priemernej SAO v poraste)

Defoliácia porastu (%)	Slovná charakteristika poškodenia	Počet JPRL 2011	Rozdelenie početností 2011 (%)	Počet JPRL 2013	Rozdelenie početností 2013 (%)
0 – 10	Porasty zdravé	38	5,3	3	0,4
11 – 20	Porasty zdravé s prvými príznakmi poškodenia	482	67,1	335	47,8
21 – 30	Porasty slabo poškodené	181	25,2	333	47,5
31 – 40	Porasty stredne poškodené	16	2,2	27	3,9
41 – 50		1	0,1	3	0,4
51 a viac	Porasty silne poškodené	-	-	-	-
	Spolu	718	100,0	701	100,0
	Nehodnotené porasty	77	-	94	-

Klasifikácia z roku 2011 je prebratá z práce (Bucha a kol., 2013a)

Z porovnania zdravotného stavu porastov medzi rokmi 2011 a 2013 je zrejмый nárast počtu porastov zaradených do kategórie slabo poškodených porastov z 25,2 na 47, 5 %. Zároveň klesol podiel porastov zdravých a porastov s prvými príznakmi poškodenia. Podiel uvedených dvoch kategórií sa znížil z 72,4 % v roku 2011 na 48,2 % v roku 2013. Mierne sa zvýšil aj

podiel stredne poškodených porastov z 2,3 % na 4,3 %. V záujmovom území sa nevyskytujú poškodené porasty s defoliáciou nad 50 %.

Presuny v rámci prvých troch tried defoliácie nepovažujeme za rozhodujúce z pohľadu hodnotenia vývoja zdravotného stavu a súvisia s prirodzenou variabilitou defoliácie v jednotlivých rokoch v závislosti od priebehu počasia. MATEJOVIČ et al (2013) vyhodnotili leto 2013 ako teplotne mimoriadne nadnormálne. Príčinou rozdielov medzi porovnávanými rokmi môže byť aj kvalita odvodu parametrov regresnej krivky medzi prvou a druhou fázou výberu. Iným možným dôvodom zhoršeného stavu je obdobie snímokovania na konci vegetačného obdobia (1. októbra 2013), kedy už môže byť časť listov opadnutá a celková vitalita vegetácie je nižšia ako v období vrcholu vegetačnej sezóny.

Na základe vizuálneho posúdenia priestorového výskytu poškodených porastov v roku 2013 (príloha 3), možno konštatovať, že väčšina poškodených porastov sa nachádza v hornej časti záujmového územia nad nápusným objektom pri Dobrohošti a pod ním až k Vojke nad Dunajom.



Obr. 2 Digitálny model reliéfu odvodený z lidarových dát z 9-10. decembra 2014.
V čiernom ovále je dobre viditeľný vybudovaný prívod vody do ramenného systému Dunajských krivín z prírodného kanálu ramennej sústavy (MŽP SR, BROZ, 2013).

VARGA, NEŠTICKÝ (2001 in LISICKÝ, MUCHA, 2003) charakterizujú túto časť inundácie ako územie kde hladina podzemných vôd je pre zdravý vývoj a očakávanú produkciu drevnej hmoty nevyhovujúca. Prejavuje sa tu silný drenážny efekt starého koryta Dunaja.

Lesohospodárska optimalizácia je možná len zvýšením hladiny v starom koryte Dunaja resp. dodatočným prívodom vody z ramennej sústavy alebo prestavbou drevinového zloženia existujúcich porastov. V tejto lokalite boli roku 2013 realizované revitalizačné práce (MŽP SR, BROZ, 2013 - dostupné na internete), v rámci ktorých sa vybudoval prívod vody do ramenného systému Dunajských krivín (Obr. 2).

Okrem Dunajských krivín sme v roku 2013 neidentifikovali väčšie zoskupenia porastov so stredným a silným poškodením. Porasty s takýmto poškodením sa vyskytujú rovnomerne rozmiestnené po celom záujmovom území, a to buď jednotlivo alebo v menších zoskupeniach 2-4 porastov. V porovnaní s rokom 2011 sa nepotvrdil ani zhoršený zdravotný stav porastov medzi materiálovou jamou B a obcou Bodíky.

4.2 Zmeny v defoliácii porastov medzi rokmi 2011 a 2013

Tabuľka 4 dokumentuje presun porastov medzi jednotlivými defoliačnými triedami medzi rokmi 2011 a 2013.

Tab. 4 Presun porastov v rámci defoliačných tried medzi rokmi 2011 – 2013

Stav2011 / Stav2013	0 – 10%	11 – 20%	21 – 30%	31 – 40%	41% +	Spolu
0 – 10%	1	20	15	-	-	36
11 – 20%	-	252	194	5	-	451
21 – 30%	-	41	106	19	1	167
31 – 40%	-	1	8	2	2	13
41% +	-	-	1	-	-	1
Spolu	1	314	324	26	3	668

- porovnanie podľa priemernej SAO v JPRL

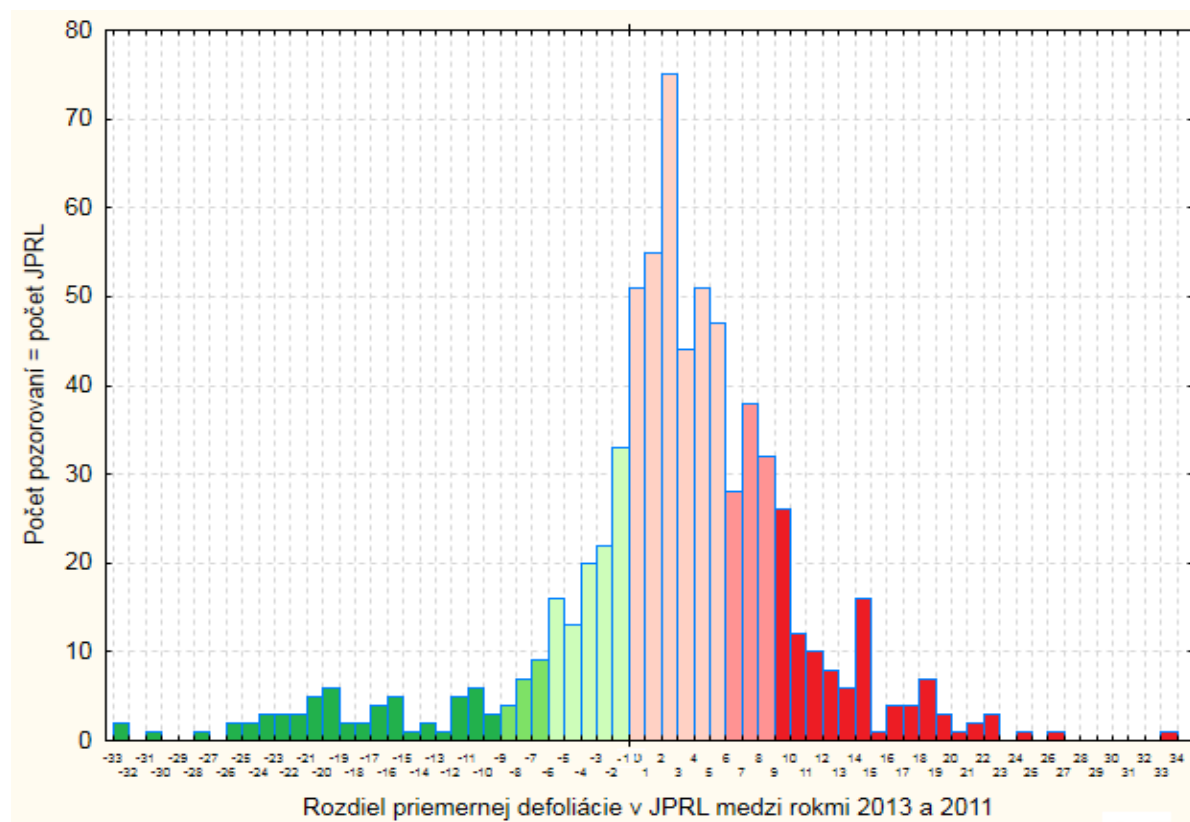
Zo 668 vzájomne hodnotených porastoch 361 (54 %) porastov nezmenilo svoj zdravotný stav a ostalo v tej istej defoliačnej triede (číselne sú vyjadrené na uhlopriečke tabuľky). O 1 defoliačnú triedu zhoršilo svoj zdravotný stav 221 (35 %) porastov, zlepšilo 49 (7 %) porastov. O viac ako 1 triedu zhoršilo svoj zdravotný stav 21 porastov (3 %) a zlepšili 2 porasty (0 %).

Vzhľadom na chybu s akou sú porasty klasifikované do jednotlivých tried, môžeme zmenu o viac ako jednu triedu interpretovať ako štatisticky preukaznú na hladine významnosti $\alpha = 1\%$ ¹.

¹ Zo štatistického testovania vyplýva, že rozdiel priemerov defoliácie v JPRL medzi rokmi 2011 a 2013 je významný na hladine významnosti $\alpha = 5\%$ ak je väčší ako 6.5 % a na hladine významnosti $\alpha = 1\%$ ak je väčší ako 8.5 %.

Histogram rozdielov priemernej defoliácie 2013–2011 v jednotlivých porastoch a ich štatistická významnosť je dokumentovaná na obrázku 3.

Za celé záujmové územie sú zmeny zdravotného stavu na úrovni JPRL spracované vo forme mapového výstupu v prílohe 4. V legende je použitá stupnica zodpovedajúca štatistickej významnosti zmeny (zlepšenia alebo zhoršenia stavu) na štatistickej významnosti 5 % a 1 %.



Obr. 3 Histogram rozdielov priemernej defoliácie 2013–2011. Os x: rozdiel priemernej defoliácie v JPRL. Os y: početnosť JPRL.

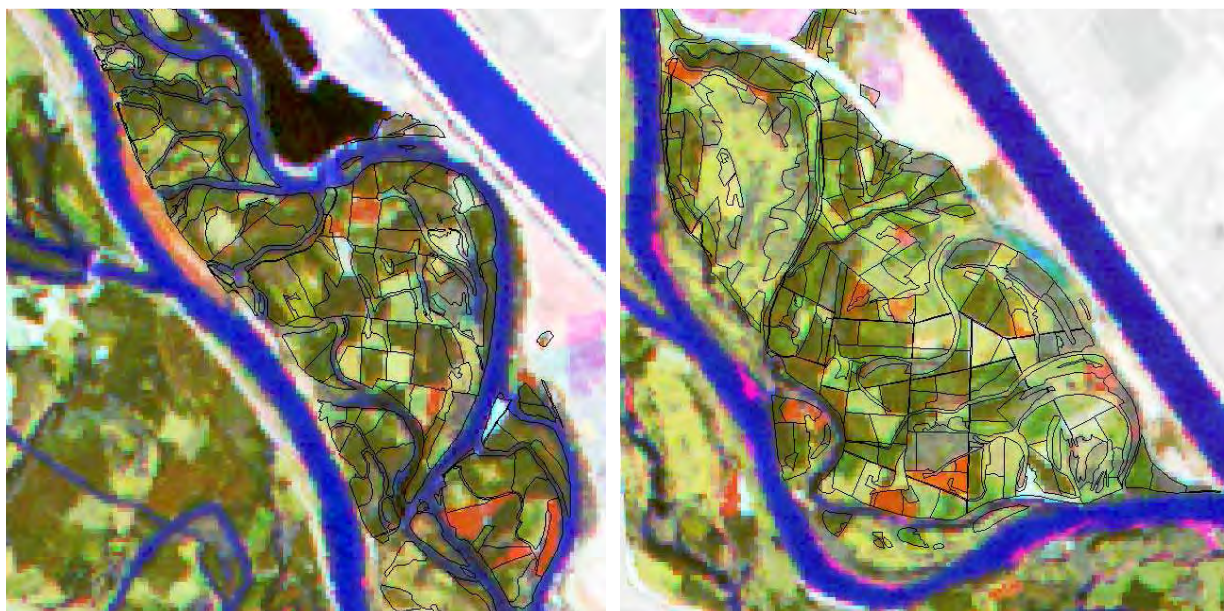
Zelená: zlepšenie zdravotného stavu: zlepšenie je nevýznamné (svetlozelená), významné na hladine významnosti $\alpha = 5\%$ (zelená) resp. veľmi významné na hladine významnosti $\alpha = 1\%$ (tmavozelená)
Červená: zhoršenie zdravotného stavu: zhoršenie je nevýznamné (svetločervená), významný na hladine významnosti $\alpha = 5\%$ (červená) resp. veľmi významný $\alpha = 1\%$ (tmavočervená)

4.3 Ťažba v období 2011–2013

Pre získanie informácie o zmenách stavu lesa medzi dvomi obdobiami je praktické použiť metódu vizuálnej interpretácie snímok. Pre tento účel sme využili satelitné snímky Landsat s 22. júna 2011 a 29. júla 2013 s veľkosťou obradového prvku 30 x 30 m. Pre uľahčenie interpretácie zmien sme vytvorili kompozíciu satelitných snímok z uvedených dvoch období v takej kombinácii kanálov, aby došlo k zvýrazneniu lokalít, kde došlo k výrazným zmenám, ktoré sú spôsobené najčastejšie ťažbou alebo silným poškodením porastov. Pre uvedené potreby sa ako optimálna v RGB zobrazení javí kombinácia stredného infračerveného kanála

z roku t2 (po ťažbe alebo disturbančnej udalosti), stredného infračerveného kanála z roku t1 a zeleného resp. červeného kanála z roku t1 (pred ťažbou alebo disturbanciou).

V uvedenej kombinácii kanálov sú v rôznych odtieňoch červenej farby indikované zmeny medzi uvedenými rokmi (obr. 4). Ťažba na celé území je prehľadne spracovaná v mapovej prílohe 5.



Obr. 4 Ťažba dreva v období 2011-2013 v oblasti Materiálovej jamy B (vľavo) a v oblasti sútoku Dunaja s derivačným kanálom (vpravo).

Kompozícia kanálov satelitných snímok Landsat z obdobia 2011–2013. Poradie kanálov v RGB zobrazení: Stredný IČ2013 – Stredný IČ2011 – Červený2011.

Červenou sa zobrazujú plochy, kde sa realizovala ťažba resp. došlo k odstráneniu vegetačného krytu napr. v koryte Dunaja. Listnatý les, v ktorom nedošlo k zmenám stavu, sa zobrazuje v odtieňoch špinavozelenej farby.

Credit: Landsat satellite data courtesy of the U.S. Geological Survey (USGS).

4.4 Dlhodobý vývoj defoliácia porastov

Pre posúdenie vývoja zdravotného stavu na úrovni porastov uvádzame v tabuľke 6 zaradenie porastov do defoliačných stupňov v rokoch 1996, 1999, 2002, 2005, 2008, 2011 a 2013, t.j. v rokoch keď sme vykonali plošné vyhodnotenie zdravotného stavu lesov záujmového územia z leteckých infračervených snímok.

Z tabuľky 6 vyplýva, že v roku 2013 bolo do kategórii porastov zdravých resp. v kategórii porastov zdravých s prvými príznakmi poškodenia zaradených 48,2 % porastov. V predchádzajúcom monitorovacom období od 1996 do 2011 sa tento podiel pohybuje v rozpätí od 61,2 % do 82,6 %.

V roku 2013 sme zároveň zaznamenali najnižší podiel porastov zaradených do kategórie zdravé porasty s defoliáciou do 10 %, a to len 0,4 %. Možné dôvody sme uviedli na str. 10

(kvalita odvodeného regresného modelu, snímkovanie na konci vegetačného obdobia, prirodzená variabilita defoliácie daná priebehom počasia - teplotne nadnormálne leto 2013).

Tab.5 Relatívne (%) a absolútne početnosti (n_i) zastúpenia JPRL v defoliačných stupňoch v monitorovacom období 1996 až 2013.

	Defoliácia porastu v %						JPRL spolu (Nehodnotené)
	Relatívne početnosti v % (Absolútne početnosti počet JPRL)						
Rok	0 – 10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 +	
1996	19,5 (143)	41,7 (306)	33,5 (246)	5,3 (39)	0 (0)	0 (0)	734 (102)
1999	36,0 (252)	37,5 (263)	22,0 (154)	4,1 (29)	0,4 (3)	0 (0)	701 (135)
2002	33,6 (258)	49,0 (377)	14,3 (110)	2,8 (22)	0,3 (2)	0 (0)	769 (66)
2005	27,3 (242)	46,6 (414)	19,7 (175)	6,0 (53)	0,4 (4)	0 (0)	888 (187)
2008	20,3 (131)	44,6 (287)	27,3 (176)	7,3 (47)	0,5 (3)	0 (0)	644 (151)
2011	5,3 (38)	67,1 (482)	25,2 (181)	2,2 (16)	0,1 (1)	0 (0)	718 (77)
2013	0,4 (3)	47,8 (335)	47,5 (337)	3,9 (27)	0,4 (3)	0 (0)	795 (94)

* tučne sú vyznačené početnosti porastov rozhodujúce pre určenie vývoja zdravotného stavu porastov záujmového územia.

Za kľúčový ukazovateľ zhoršenia zdravotného stavu považujeme podiel stredne a silne poškodených porastov s priemernou defoliáciou porastu > 30 %. Podľa vyhodnotenia bol v roku 2013 podiel stredne silne poškodených porastov 4,3 % čo nevybočuje od doterajšieho podielu, ktorý sa pohyboval v rozpätí od 2,3 do 7,8%.

Porasty silne poškodené s priemernou defoliáciou nad 50 % sa vôbec v záujmovom území nevyskytli počas celého sledovaného obdobia.

Na základe dlhodobého vývoja priemernej defoliácie a zastúpenia porastov v jednotlivých stupňoch defoliácie, najmä však v stredne silnom a silnom stupni poškodenia môžeme považovať zdravotný stav lesných porastov záujmového územia naďalej za veľmi dobrý a za stabilizovaný.

4.5 Priemerná defoliácia za celé záujmové územie

Priemerná defoliácia porastov celého záujmového územia v roku 2013 sme vypočítali ako aritmetický priemer zo všetkých hodnotených korún stromov územia. Z porovnania medzi jednotlivými sledovanými obdobiami (Tab. 6) vyplýva, že zdravotný stav porastov varíruje od 12,3 % v roku 2020 po 19,5 % v roku 2013. Okrem reálnej zmeny a určitej prirodzenej variability, danej podmienkami v danom roku, je potrebné uvažovať s rozdielnou kvalitou leteckých snímok a použitými metodickými postupmi klasifikácie najmä veľkosťou hodnotenej koruny. Zahrnutie okrajov korún do klasifikácie spravidla vedie k zvýšeniu

veľkosti defoliácie koruny. Celkový výsledok je preto zaťažený okrem chyby z výberu aj chybou z merania (určenia defoliácie).

Stredná chyba určenia priemernej defoliácie v roku 2013 bola $\pm 2,6$ %. Z vypočítanej strednej chyby vyplýva, že skutočná defoliácia sa v tomto roku môže pohybovať v rozpätí od 16,5 % do 21,7 % pri 68 % spoľahlivosti.

Tab. 6 Priemerná defoliácia v % a presnosť jej určenia pre lužné lesy ovplyvnené prevádzkou VD Gabčíkovo a pre celé územie Slovenska podľa monitoring zdravotného stavu lesov (ČMS Lesy)

	1996	1999	2002	2005	2008	2011	2013
Gabčíkovo - lužné lesy	17,5	13,2	12,3	15,4 $\pm 0,7$	17,9 $\pm 2,3$	17,9 $\pm 2,1$	19,1 $\pm 2,6$
SR - listnaté porasty	23,8 $\pm 0,9$	20,4 $\pm 0,8$	19,0 $\pm 0,8$	19,2 $\pm 0,6$	21,2 $\pm 0,7$	22,7 $\pm 0,6$	26,3 $\pm 0,8$

Priemerná defoliácia listnatých porastov na celom území Slovenska v roku 2013 bola podľa monitoringu zdravotného stavu lesov 26,3 $\pm 0,8$ % (ČMS Lesy, 2013 - PAVLENDÁ a kol., 2014), čo je o 7,2 % viac ako hodnota priemernej defoliácie hodnotených lužných lesov. Priemerné hodnoty defoliácie vo všetkých sledovaných rokoch 1996, 1999, 2002, 2005, 2008, 2011 a 2013 boli v porovnaní s celoslovenským priemerom defoliácie listnatých drevín nižšie, čo poukazuje vyššiu vitalitu lesných porastov a na vhodné prírodné a stanovištné pomery záujmového územia.

Leto 2012 a leto 2013 (jún-august) boli na Slovensku teplotne mimoriadne nadnormálne. Vo viacerých regiónoch boli zaznamenané mimoriadne podnormálne až extrémne nízke mesačné úhrny zrážok (LAPIN et al., 2013; MATEJOVIČ et al., 2013). Zhoršený zdravotný stav lesných porastov v roku 2013 na celom Slovensku vrátane záujmového územia inundácie Dunaja je preto možné dať do súvisu s extrémnymi prejavmi počasia, ktoré postihli Slovensko v uvedených rokoch.

5. ZÁVER

Klasifikácia zdravotného stavu lesov v inundácii Dunaja bola v roku 2013 vykonaná z digitálnych multispektrálnych snímok s rozlíšením 25 x 25 cm.

Zo zhodnotenia vyplýva, že zdravotný stav vyjadrený parametrom priemernej defoliácie za celé územie v roku 2013 sa oproti roku 2011 zvýšili o 1,2 % na 19,1 % $\pm 2,6$ %.

V porovnaní s výsledkami celoslovenského monitoringu zdravotného stavu lesov SR bola defoliácia lužných lesov záujmového územia nižšia ako priemerná defoliácia listnáčov, ktorá mala hodnotu 26,3 % v roku 2011.

Z dlhodobých pozorovaní vyplýva že podiel porastov s priemernou defoliáciou do 20 % t.j. zdravých porastov, v období roku 1996 až 2011 presahoval 60 %. V roku 2013 klesol na 48 %. Podiel porastov s defoliáciou do 30 %, ostáva dlhodobo na 90 %. To poukazuje na vitalitu porastov a vhodné prírodné a stanovištné pomery záujmového územia. V záujmovom území sa nevyskytujú silne poškodené porasty s defoliáciou nad 50 %.

Celkove môžeme konštatovať, že sa nepotvrďuje hypotéza o nepriaznivom veľkoplošnom vplyve prevádzky vodného diela na zdravotný stav lesov záujmového územia medzi pôvodným korytom Dunaja a prírodným, resp. odpadovým kanálom. Z lesohospodárskeho pohľadu konštatujeme, že realizovaním hydrotechnických úprav s prehrádzkovaním ramennej sústavy sa zabezpečili na väčšine územia vhodné podmienky existenciu lužných lesných spoločenstiev, ich rast a aj plnohodnotnú produkciu.

V hornej časti územia (Dunajské kriviny) však stále nachádzame zoskupenie poškodených porastov z dôvodu nedostatku vody. Dlhodobo sa tu navrhuje realizovať prestavbu drevinového zloženia existujúcich porastov smerom k spoločenstvám tvrdého luhu. V roku 2013 v rámci revitalizačných prác bola do tejto lokality privedená voda z kanála zásobujúceho ramennú sústavu. To môže priaznivo ovplyvniť ďalší vývoj porastov smerom k spoločenstvám prechodného luhu. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi sme nezaznamenali ďalšie zoskupenia porastov so stredným a silným poškodením.

Do ďalšieho obdobia navrhujeme pokračovať v monitorovaní lesov inundácie Dunaja. Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať najmä lokalitám, kde dochádza k zmenám stanovištných podmienok. Výsledky monitoringu využiť pri návrhu lesníckych, ochranárskych a hydrotechnických opatrení ako aj pri poskytnutí spätnej väzby o úspešnosti ich realizácie.

6. LITERATÚRA

AGREEMENT, 1995: Agreement between the Government of the Slovak Republic and the Government of Hungary about Certain Temporary Measures and Discharges to the Danube and Mosoni branch of the Danube, signed on April 19, 1995 (Dohoda medzi vládou Slovenskej republiky a vládou Maďarskej republiky o niektorých dočasných technických opatreniach a o prietokoch do Dunaja a Mošonského ramena Dunaja, podpísaná 19. apríla 1995 v Budapešti).

BUCHA, T., SLÁVIK, M., HATALA, N., BARTKO, M., 2013a: Zhodnotenie zdravotného stavu lesov v inundačnej oblasti Dunaja v úseku Dobrohošť – Sap z leteckých multispektrálnych snímok z roku 2011. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 59 (2): 95–107.

BUCHA, T., SLÁVIK, M., 2013b: Improved methods of classification of multispectral aerial photographs: evaluation of floodplain forests in the inundation area of the Danube. *Folia Forestali Polonica*, series A, 55 (2): 58–71.

GROSS, C.P. 2000 : Remote sensing application for forest health status assessment. Second edition, Commission of the European Communities, ISBN 92-828-8144-X, 216 p.

PAVLENDA, P., PAJTÍK, J., PRIWITZER, T., CAPULIAK, J., KONÔPKA, M., KRUPOVÁ, D., PAVLENDOVÁ, H., SITKOVÁ, Z., ŠEBEŇ, V., TÓTHOVÁ, S., 2014: Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. NLC-LVÚ Zvolen, 143 s.

SCHEER, L., 1995: Zisťovanie zásob dvojfázovým regresným výberom pomocou družicových scén a terestrického merania. *Lesnictví-Forestry*, 41, 1995 (5): 224–229.

ŠMELKO, Š., 1990: Zisťovanie stavu lesa kombináciou odhadu a merania dendrometrických veličín. VPA, VŠLD Zvolen, 1990/6, 88 s.

NEŠTICKÝ, Š., VARGA, L., 2001: Optimalizácia vodného režimu ramennej sústavy z hľadiska lesného hospodárstva. Expertízne vyjadrenie k optimalizácii vodného režimu v inundácii. In. Lisický, Mucha (ed.): Optimalizácia vodného režimu ramennej sústavy v úseku Dunaja Dobrohošť – Sap z hľadiska prírodného prostredia. Bratislava, september 2003, s. 42–43.

UN/ECE ICP Forests, 2006: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests: Part II Visual Assessment of Crown Condition. UNECE, Geneva. (www.icp-forests.org).

Webové stránky:

LAPIN, M., MATEJOVIČ, P., PECHO, J., 2013: Rok 2012 skončil na Slovensku ako 4. až 5. najteplejší za posledných 140 rokov. Internteový odkaz <http://www.nun.sk/rok2012/>

MATEJOVIČ, P., SIMAN, C., KUČERA, M., PECHO, J., 2013: Klimatologické zhodnotenie leta 2013. Internteový odkaz http://www.nun.sk/leto2013_analyza.htm

MŽP SR, BROZ, 2013: <http://www.minzp.sk/tlacovy-servis/tlacove-spravy/tlacove-spravy-2013/tlacove-spravy-jul-2013/dvadsatrocne-obdobie-sucha-ramennom-systeme-dunajske-kriviny-coskoro-skonci.html>

7. POZNÁMKY K ŠTATISTICKÉMU VYHODNOTENIA ÚDAJOV

Výpočet priemernej defoliácie a chyby jej určenia

Priemerná defoliácia: Priemernú defoliáciu pre celé územie sme vypočítali ako aritmetický priemer zo všetkých klasifikovaných pixelov územia.

Stredná chyba určenia priemernej defoliácie: Strednú chybu sme vypočítali podľa vzorcov platných pre dvojfázový regresný výber.

$$S_{ykor} = S_{xm} * \sqrt{\frac{r_{xy}^2}{n_1} + \frac{1-r_{xy}^2}{n_2}}$$

S_{ykor} stredná chyba určenia priemernej defoliácie

S_{xm} smerodajná odchýlka meraných údajov (2. fáza výberu - defoliácia určená v teréne alebo z 3D snímok)

r_{xy} korelačný koeficient medzi údajmi 1. a 2. fázy t.j. medzi odhadom z NSC komponentu a meranými údajmi

n_1 rozsah výberu 1. fázy (počet klasifikovaných pixelov)

n_2 rozsah výberu 2. fázy (počet korún hodnotených v teréne alebo na obrazovke monitora z 3D snímok)

Komentár: prvý výraz pod odmocninou sme nezahrnuli do výpočtu. Ide o veľmi malú, zanedbateľnú hodnotu. Rozsah výberu na úrovni celého súboru je niekoľko miliónov pixelov a na úrovni JPRL v priemere 26 tis. pixelov na JPRL. Neuvažovanie s prvou zložkou môžeme odôvodniť aj štatisticky, a to tak, že odhad defoliácie v prvej fáze je realizovaný v podstate na všetkých jednotkách základného súboru (na všetkých pixeloch)..

Posúdenie významnosti rozdielov priemernej defoliácie medzi rokmi 2011 a 2013

Úlohu sme riešili testom hypotézy o rovnosti aritmetických priemerov dvoch základných súborov. **Nulová hypotéza H_0 :** priemerné defoliácie základných súborov v rokoch 2011 a 2013 sa rovnajú, rozdiel výberových priemerov je iba náhodný. Rovnaký postup sme zvolili pre porovnanie významnosti rozdielov pre celé územie ako aj pre jednotlivé JPRL.

Testovacím kritériom je všeobecná štatistika:
$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}$$

Výpočet smerodajnej odchýlky $S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ všetkých možných rozdielov $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$:

$$S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2}$$

Poznámka:

$S_{\bar{x}_1}$ predstavuje strednú chybu určenia priemernej defoliácie v roku 2011 = 2.1 %;

$S_{\bar{x}_2}$ predstavuje strednú chybu určenia priemernej defoliácie v roku 2013 = 2.6 %.

To jest $S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = 3.3 \%$

V prípade, že:

$t \leq t_{\alpha/2, f}$ **H_0** sa prijíma (ide o dvojstranný test), naopak ak

$t > t_{\alpha/2, f}$ **H_0** sa zamietá na α % hladine významnosti

Kritické hodnoty t charakteristiky pre 5 % a 1 % hladinu významnosti a stupeň voľnosti $f \rightarrow \infty$

$$t_{0.025, \infty} = 1,960$$

$$t_{0.005, \infty} = 2,576$$

Z uvedeného vyplýva, že rozdiel priemerov defoliácie medzi rokmi 2011 a 2013 je významný na hladine významnosti $\alpha = 5 \%$ ak je väčší ako 6.5 % a na hladine významnosti $\alpha = 1 \%$ ak je väčší ako 8.5 %.

8. PRÍLOHY

Príloha 1 Parametre leteckého snímkovania 2013 a 2014

Príloha 2 Vysvetlivky k lesníckym terminologickým pojmom

Príloha 3 Mapa defoliácie porastov z roku 2013

Príloha 4 Mapa zmien defoliácie porastov medzi rokmi 2011 a 2013

Príloha 5 Mapa zmien stavu lesa medzi rokmi 2011 a 2013 zo satelitných snímok Landsat

Príloha 6 Mapa veku porastov k roku 2014

Príloha 7 Mapa skupín lesných typov

Príloha 8 Digitálny model reliéfu:

h: horná časť; s: stredná časť; d: dolná časť

Príloha 9 Normalizovaný digitálny model terénu – mapa výšok stromov

h: horná časť; s: stredná časť; d: dolná časť

Príloha 1a Navigačné a technické údaje leteckého snímkovania 2013 (snímky)

Meno lokality	ZDRŽ HRUŠOV - SAP
Zhotoviteľ	Photomap Košice s.r.o.
Letecká meračská kamera	UltraCam X (UCXp – SN40118218)
Dohľadnosť / Oblačnosť	25 km / 1-3/8Cu
Prekryt pozdĺžny p	60 %
Prekryt priečny q	20 %
Priestorové rozlíšenie	25 x 25 cm
Rádiometrické rozlíšenie	modrý – zelený – červený – blízky infračervený kanál
Dátum snímkovania	1. október 2013
Hodina snímkovania	10:26 – 12:46
Plocha zobrazeného územia (ha)	cca. 14 000

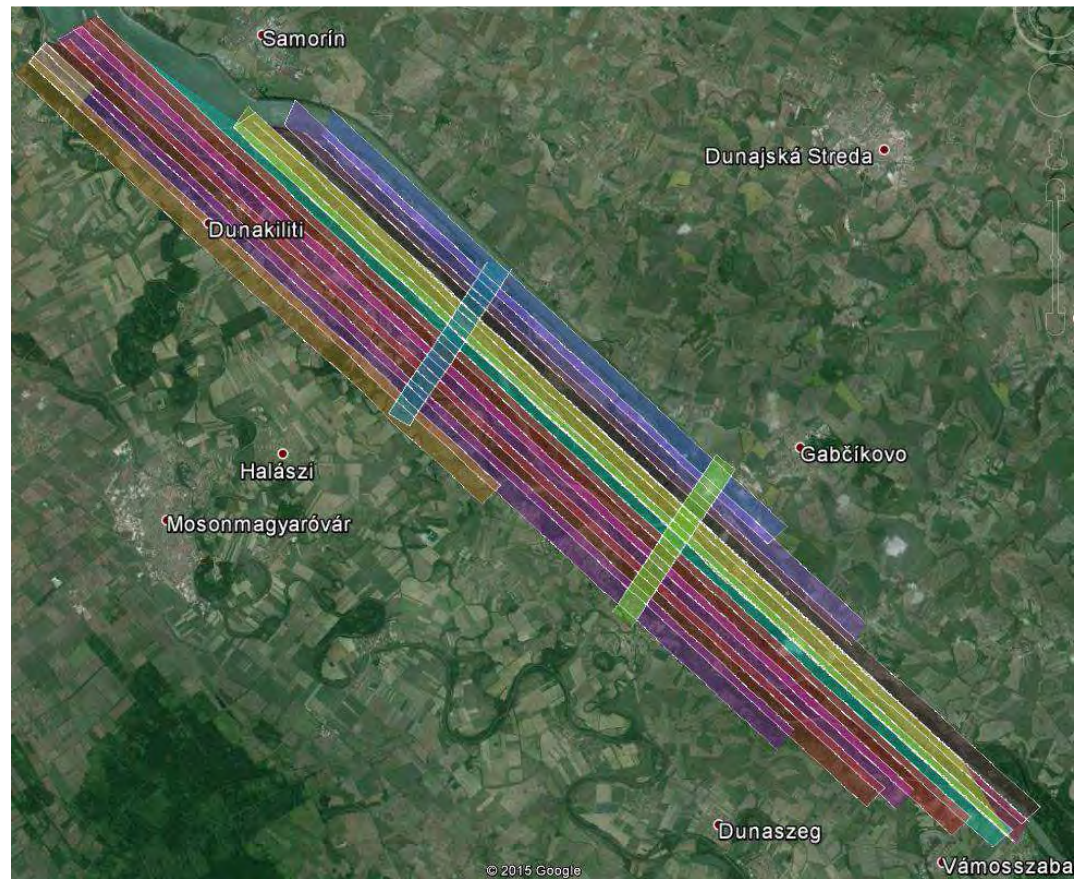
Príloha 1b Navigačné a technické údaje leteckého snímkovania 2014 (lidar)

Meno lokality	ZDRŽ HRUŠOV - SAP
Zhotoviteľ	Národné lesnícke centrum Zvolen
Letecký laserový skener	Leica ALS 70
Počet bodov na m ²	~ 16
Prekryt línií - priečny	~ 30 %
Počet línií	10
Dátum snímkovania	9-10. december 2014
Hodina snímkovania	9.XII. 2014: 13:48 - 14:56 (UTM) 10.XII. 2014: 10:57 - 11:32 (UTM)
Plocha zobrazeného územia (ha)	cca. 25 000

Príloha 1c Grafické podklady pre projekt leteckého snímkovania



Letové línie a klad snímkov z 1. októbra 2013



Letové línie lidarového skenovania z 9. a 10. decembra 2014.
Podklad: Google Earth

Príloha 2 Vysvetlivky k lesníckym terminologickým pojmom

LHP (PSL) – lesný hospodársky plán (od roku 2010 Program starostlivosti o les).

JPRL – jednotka priestorového rozdelenia lesa. Súhrnný všeobecný názov pre všetky jednotky rozdelenia lesa.

LHC – lesný hospodársky celok.

Územná priestorová jednotka rozdelenia lesov Slovenska, na ktorú sa vzťahuje obnova LHP.

Dielec – základná najnižšia trvalá hospodársko-úpravnícka JPRL.

Čiastková plocha – JPRL vytvorená v rámci dielca, z dôvodu výrazne rozdielneho vekového a drevinového zloženia časti dielca s výmerou nad 0.30 ha.

Porastová skupina – prechodná JPRL vytvorená v obnovovaných porastoch (porasty v ťažbe), keď sa dielec alebo čiastková plocha skladá z porastov s pohyblivými hranicami a je predpoklad ich postupného vekového zhodnotenia a jednotného hospodárenia.

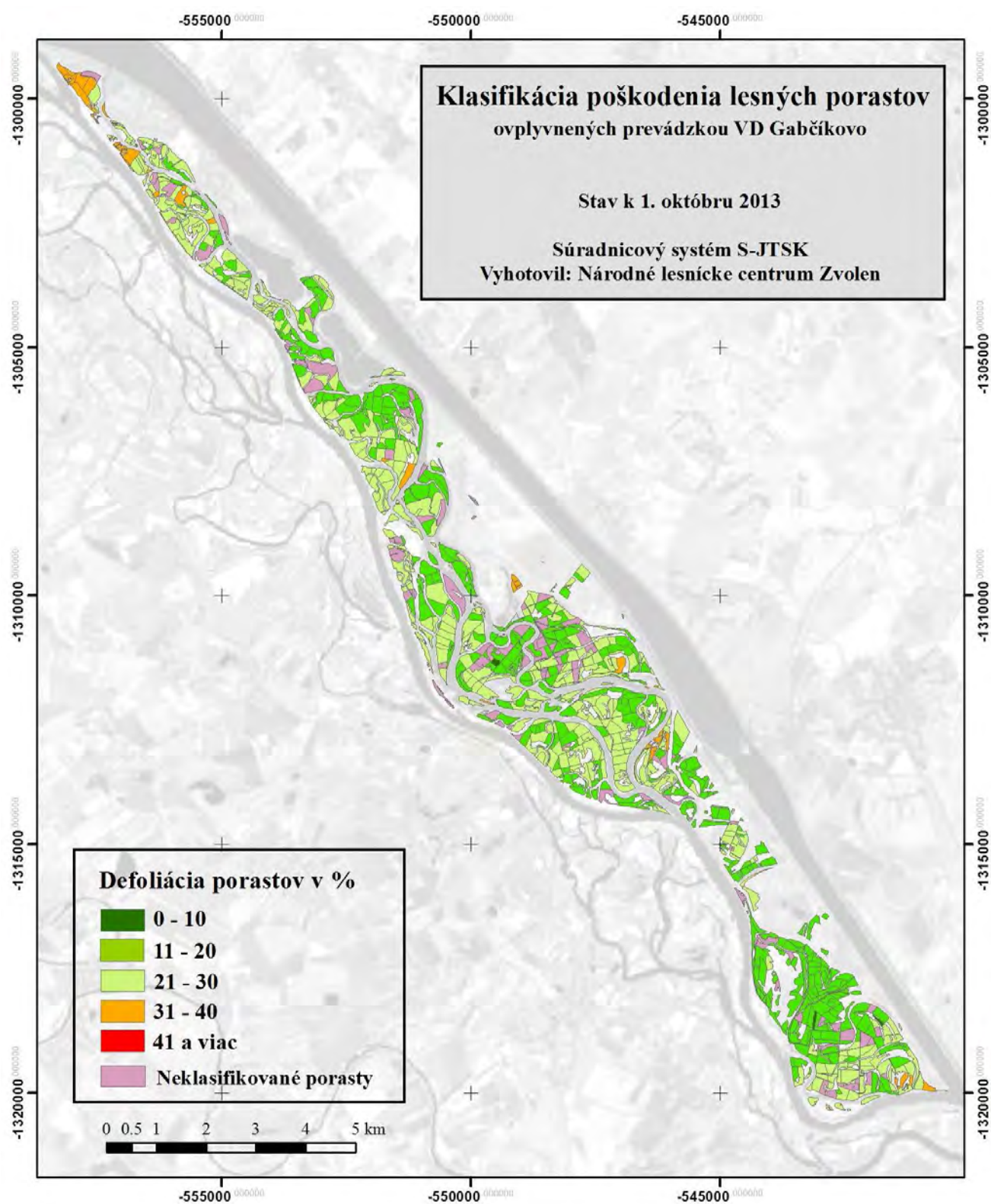
Defoliácia drevín – základný okulárny symptóm a hlavný indikátor zdravotného stavu drevín, vyjadrujúci stratu asimilačného aparátu (listov, ihličia) drevín.

Zakmenenie porastu – stupeň obsadenia porastovej plochy stromami. Vyjadruje sa hodnotami od 0.1 do 1.0.

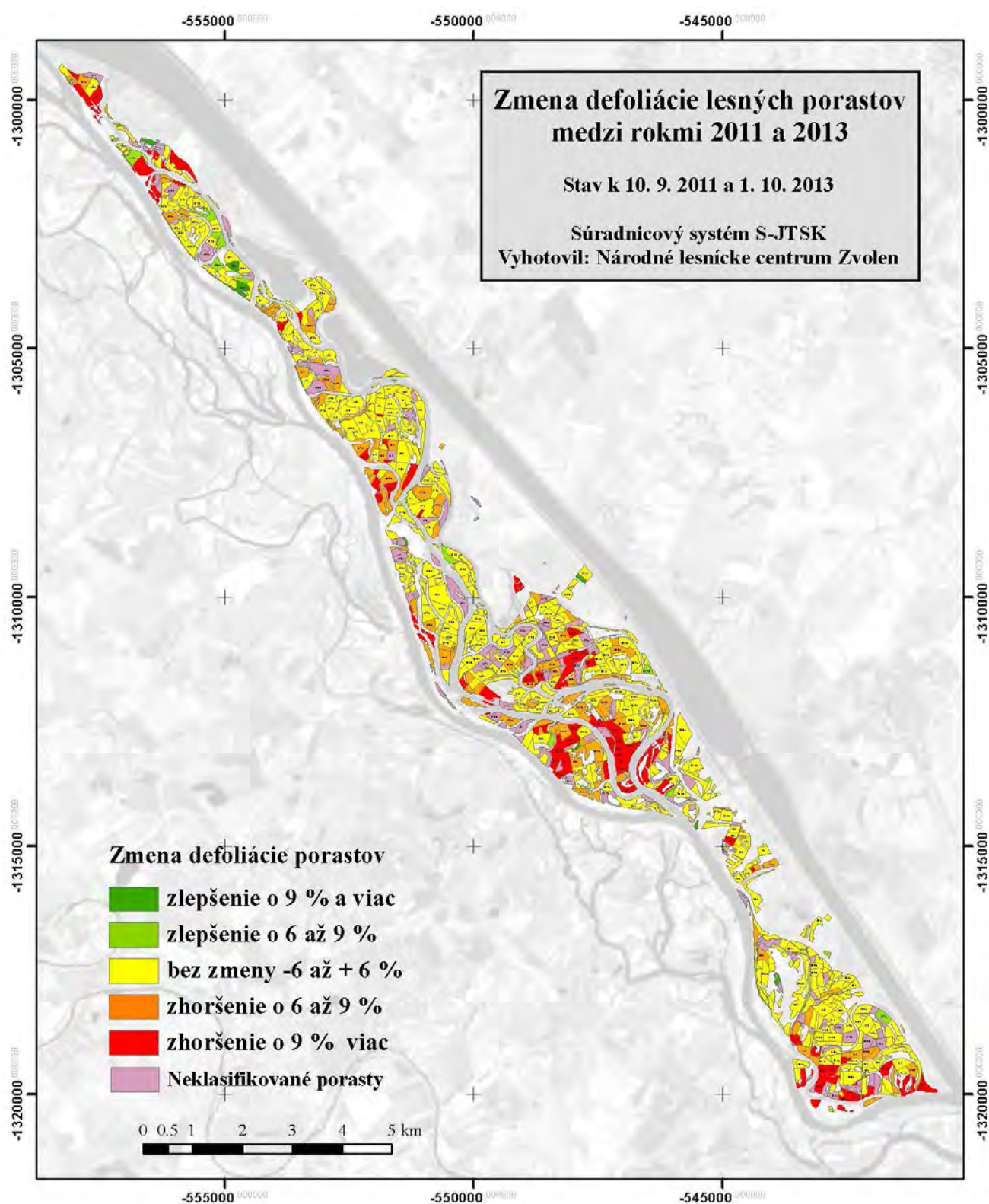
Zastúpenie drevín – pomer plochy pokrytej korunami stromov k celkovej ploche porastu. Vyjadruje sa slovne (zápoj prehustlý, uvoľnený, medzernatý a riedina).

Skupina lesných typov (SLT) – je súbornou geobiocenologickou jednotkou združujúcou ekologicky podobné typy geobiocénov (lesné typy) ako ich bezprostredne nadradená jednotka. Táto podobnosť sa vzťahuje najmä na drevinovú zložku. SLT predstavuje určitý model, ktorý na základe kompetičných schopností drevín na danom stanovišti predpokladá, aké bude záverečné štádium vývoja biocenózy.

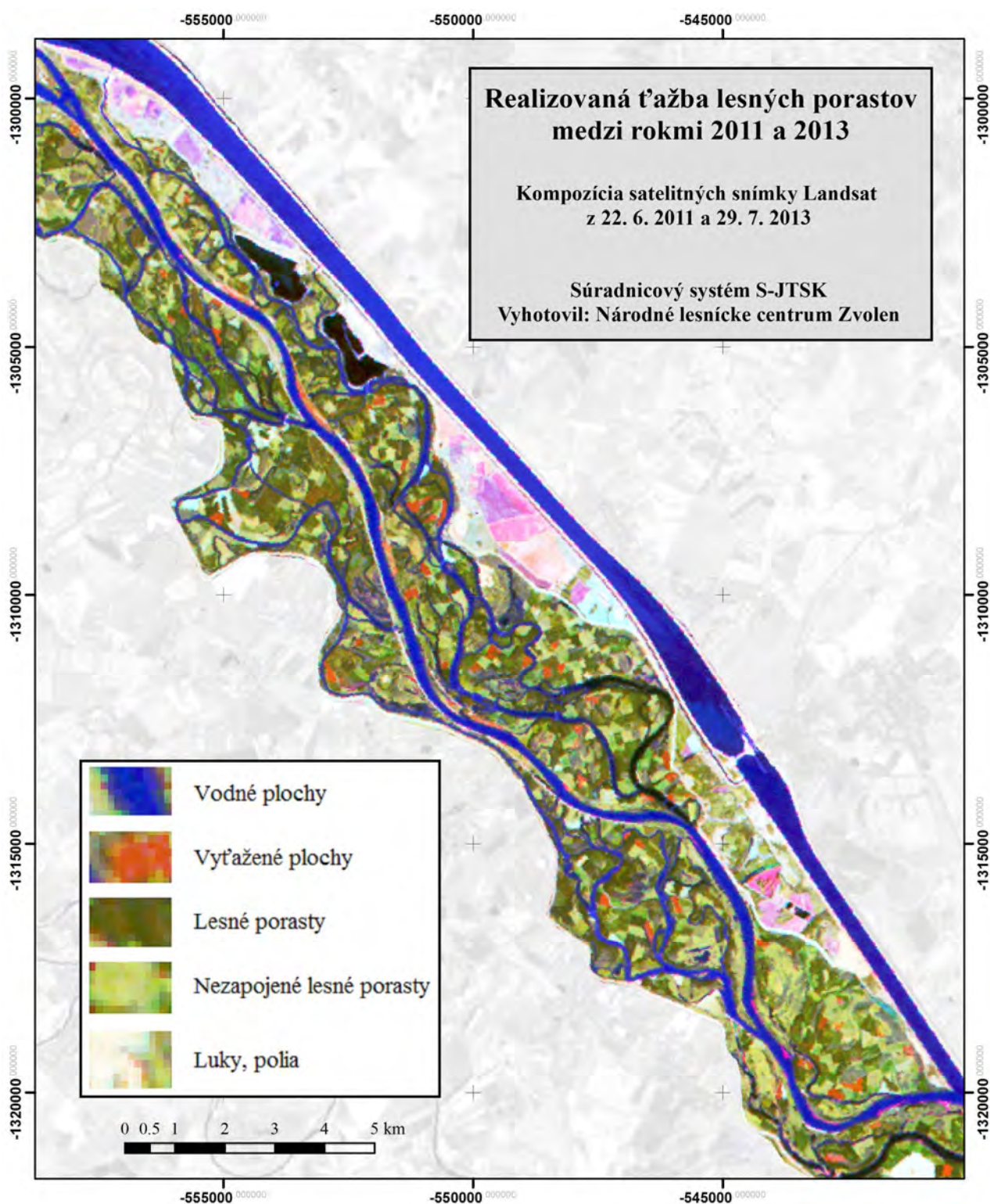
Príloha 3 Mapa defoliácie porastov k roku 2013



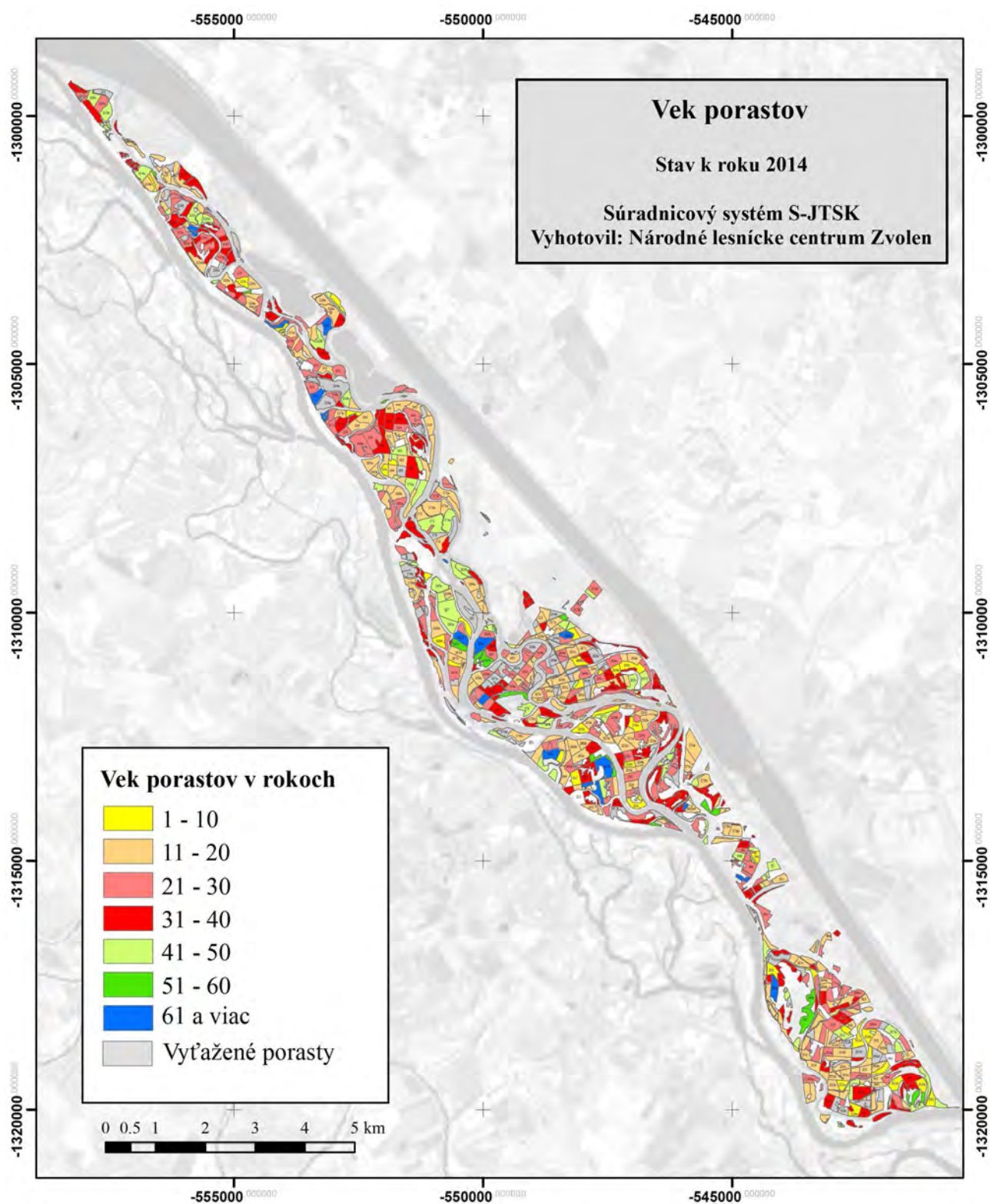
Príloha 4 Mapa zmien defoliácie porastov medzi rokmi 2011 a 2013



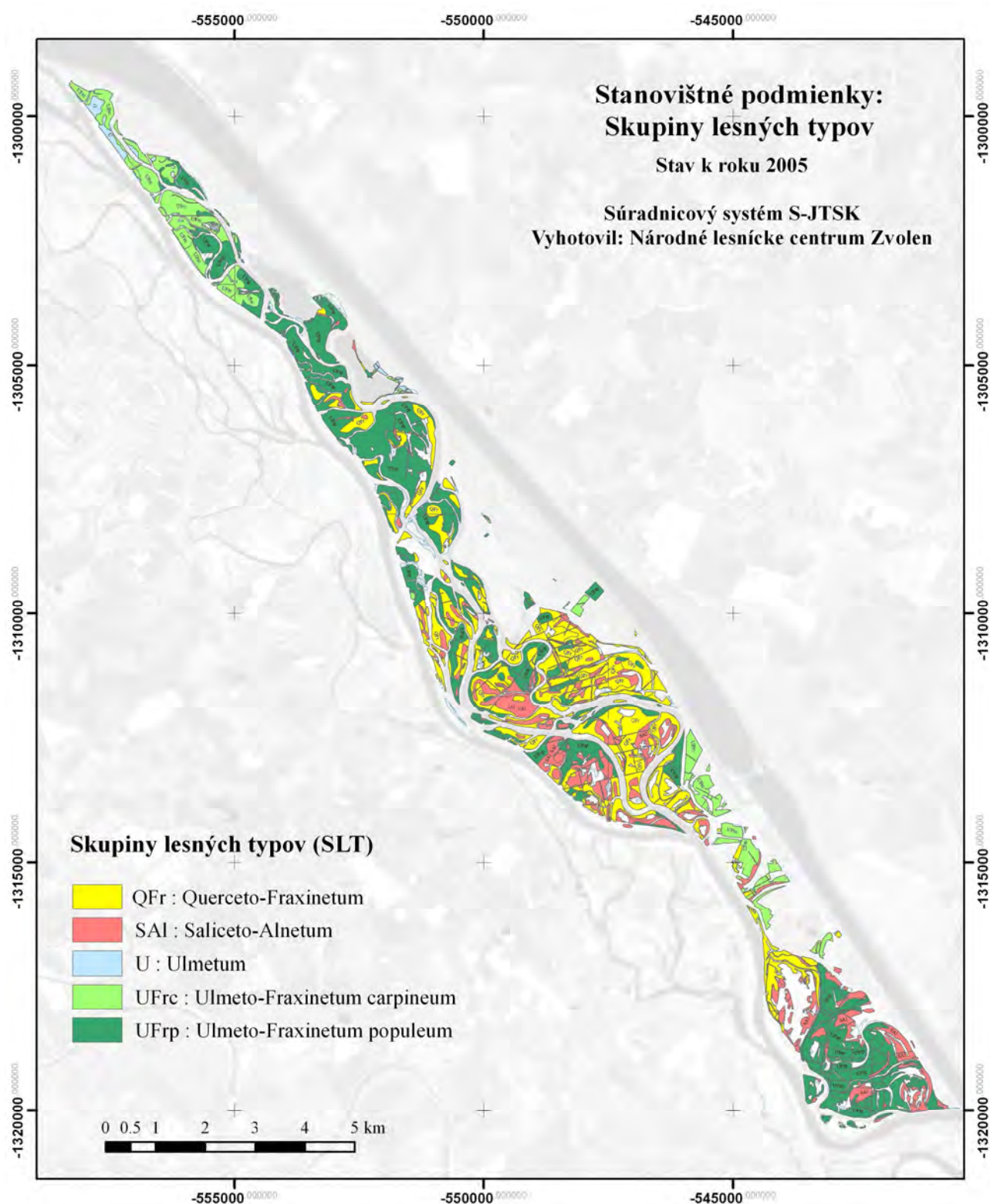
Príloha 5 Mapa zmien stavu lesa medzi rokmi 2011 a 2013 zo satelitných snímok Landsat



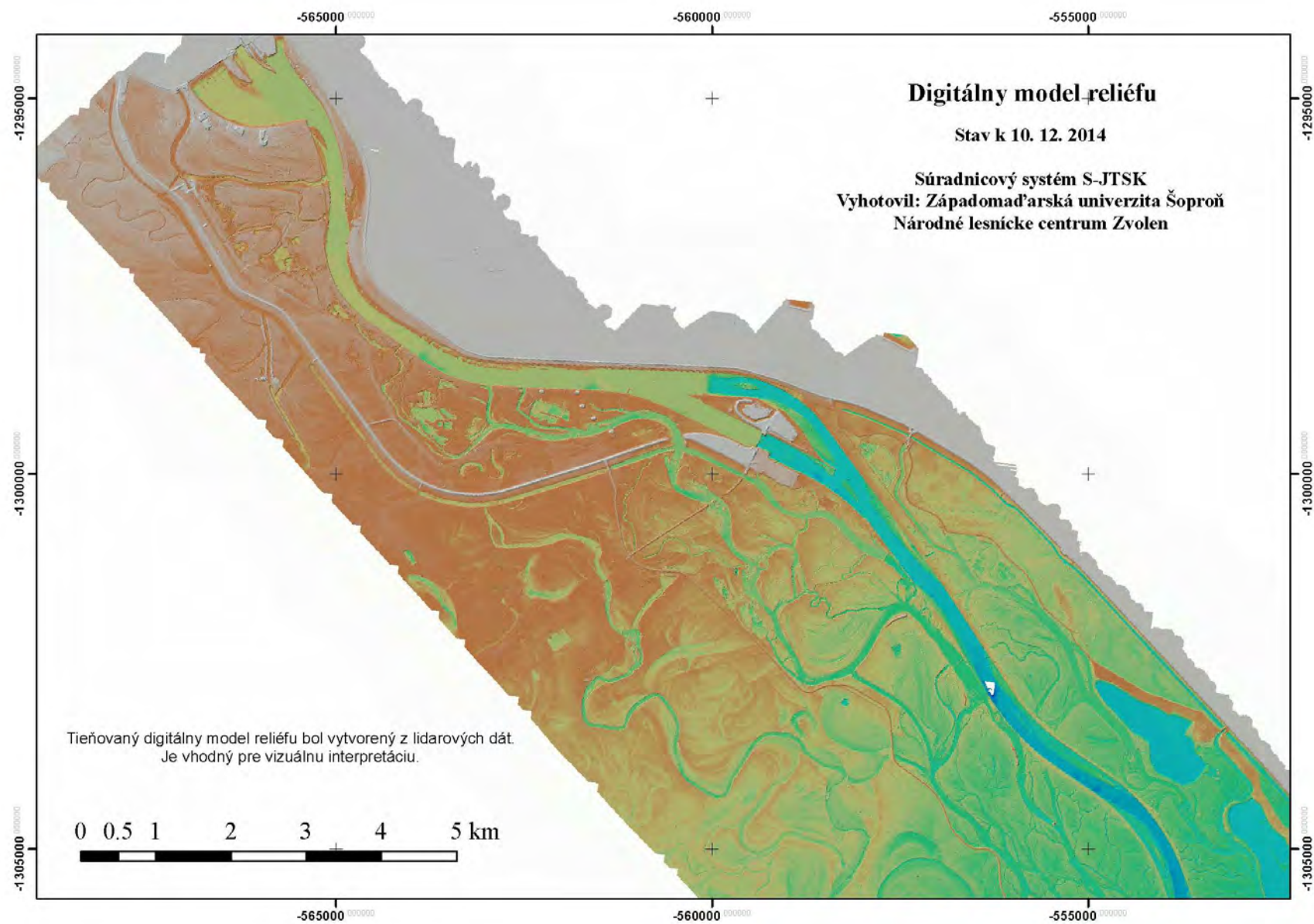
Príloha 6 Mapa veku porastov

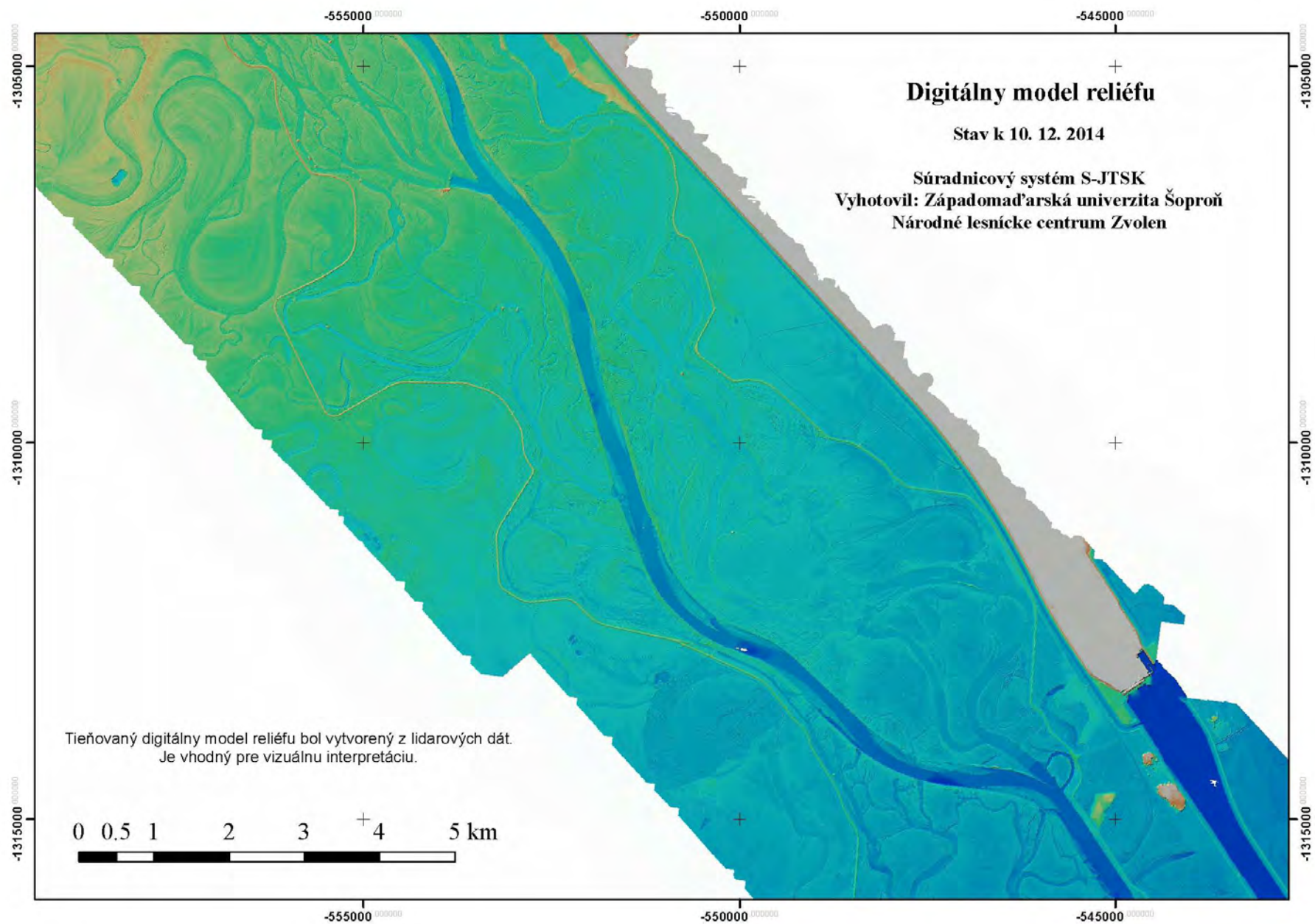


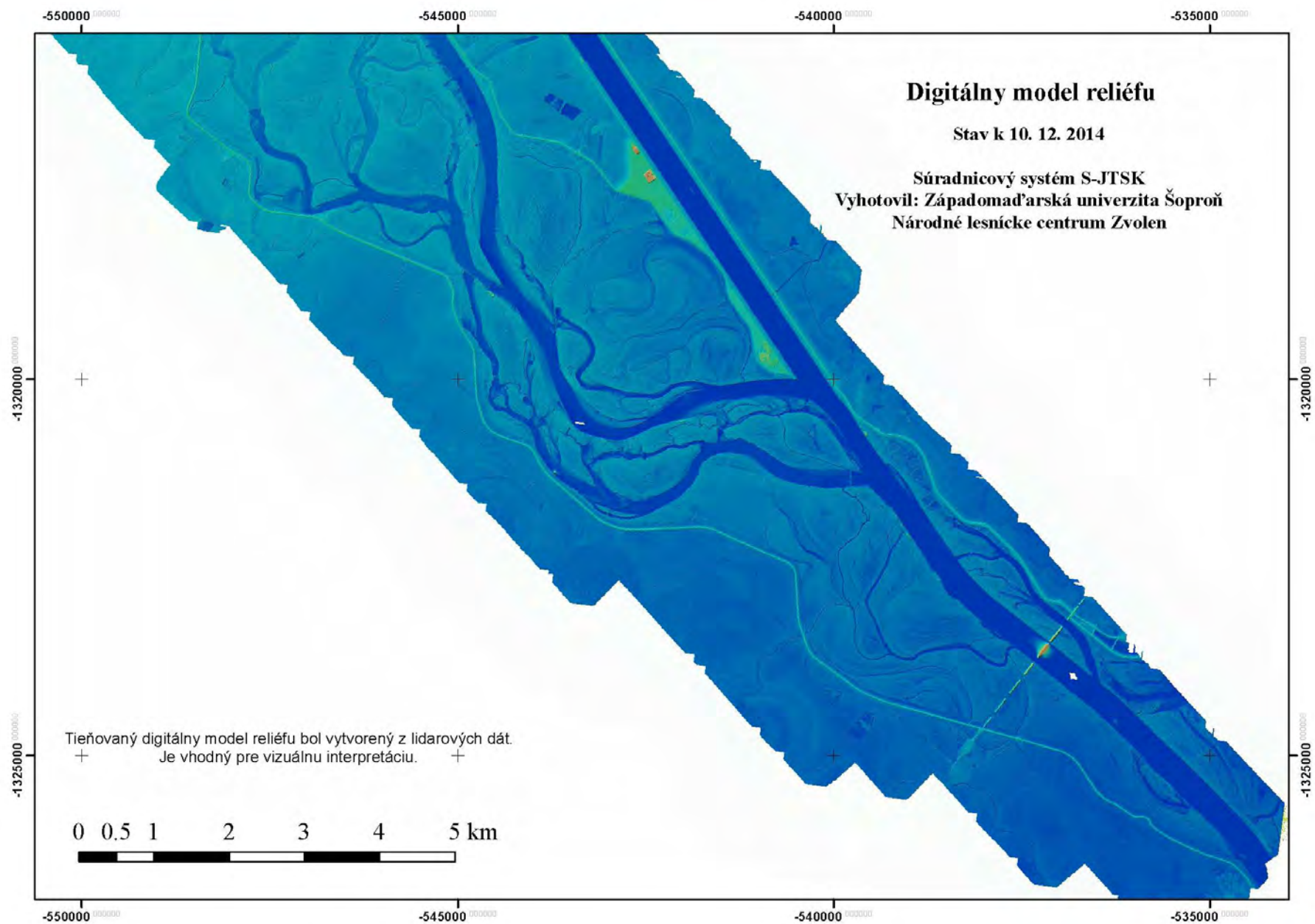
Príloha 7 Mapa skupín lesných typov



Príloha 8 Digitálny model reliéfu: h: horná časť; s: stredná časť; d: dolná časť







Príloha 9 Normalizovaný digitálny model terénu – mapa výšok stromov: h: horná časť; s: stredná časť; d: dolná časť

